

# **Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente**

Reconocimiento de validez oficial de estudios de nivel superior según acuerdo secretarial 15018, publicado en el Diario Oficial de la Federación del 29 de noviembre de 1976.

Departamento del Hábitat y Desarrollo Urbano

## **Maestría en Proyectos y Edificación Sustentables**



**Automatización y sustentabilidad en los hoteles  
cubanos: un enfoque desde la simulación energética.**

---

**PROYECTO PROFESIONALIZANTE DE DESARROLLO E  
INNOVACIÓN para obtener el GRADO de  
MAESTRA EN PROYECTOS Y EDIFICACIÓN SUSTENTABLES**

Presenta: **ING. ARLET HERRERA SÁNCHEZ**

Tutor: **MTRO. FRANCISCO ÁLVAREZ PARTIDA**

Tlaquepaque, Jalisco. 9 de diciembre de 2025.

## *Agradecimientos*

A la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por el apoyo económico otorgado para la realización de este Trabajo de Obtención de Grado.

Al Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente (ITESO), al Departamento del Hábitat y Desarrollo Urbano (DHDU) y al claustro de profesores de la Maestría en Proyectos y Edificación Sustentables, por brindarme tanto el apoyo económico como las herramientas necesarias para el desarrollo de este posgrado, así como por permitirme integrarme a sus actividades académicas.

A la Asociación Universitaria Iberoamericana de Postgrado (AUIP), por fomentar la cooperación entre las universidades iberoamericanas, en especial, a través del programa:  
Becas para cursar programas de Postgrado en ITESO.

A mi tutor, Mtro. Francisco Álvarez Partida, por su constante apoyo, conocimiento, liderazgo y amistad. Sin su acompañamiento no habría sido posible.

A la Sra. Luz Minerva Murguía Ríos, por motivarme constantemente a superarme.

A mis familiares, en especial a mis padres Irán Herrera e Idalmis Sánchez, y a mi hermano Alberto Herrera, por acompañarme en esta aventura, creer en mí en todo momento y desde la distancia apoyar mi crecimiento profesional.

A mi esposo José Hassan García Jardines, cuyo amor, paciencia y dedicación han sido esenciales para la realización de esta tesis. Gracias por caminar a mi lado con tanta generosidad.

A mis amigos, en especial a Adrian Amed García Jardines, por su permanente apoyo durante toda la investigación, y a Sergio Bursal Batiste, por los valiosos insumos aportados para su desarrollo. Ambos contribuyeron a la construcción de este estudio a través de sus experiencias y conocimientos.

Finalmente, a todas las personas e instituciones que de una forma u otra hicieron posible el desarrollo de este trabajo; gracias por su aporte de información y atención cuando la necesité.

¡Muchas Gracias!

## **Resumen**

En un momento en que se valora cada vez más la importancia de contar con energías no solo "limpias", sino también disponibles, accesibles y suficientes para la supervivencia de la sociedad, resulta preocupante el alto consumo energético de los edificios a nivel mundial.

En los países con economías emergentes y en desarrollo, como Cuba, donde el sector inmobiliario tiene un elevado potencial de crecimiento, es tanto viable como necesario disponer de diseños más eficientes para las edificaciones. Los sistemas de automatización y control de edificios (BACS, por sus siglas en inglés) desempeñan un papel crucial en la consecución de este objetivo. Los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC), iluminación eléctrica y equipos electrodomésticos, típicamente los de mayor demanda de energía en edificaciones, son los principales objetivos para mejorar la eficiencia a través de la automatización.

Este documento se enfoca en una comprensión integral de los BACS y en el análisis de su potencial para reducir el consumo de energía en hoteles de clima tropical, utilizando herramientas especializadas de simulación energética (HSE).

La investigación se abordó desde un enfoque mixto. Por un lado, se desarrolló una investigación cualitativa para generar la conceptualización y contextualización del estudio, mediante una revisión bibliográfica de la documentación pertinente. Por otro, a través de métodos cuantitativos, se realizó el modelado y simulación del desempeño energético previsto para un reciente proyecto arquitectónico de referencia. De esta manera se pudo estimar cómo inciden, sobre el patrón de consumo de energía eléctrica y las condiciones de confort interior de los locales, las soluciones de automatización aplicadas a los sistemas de aire acondicionado/ventilación e iluminación artificial.

Con el objetivo de respaldar su aplicación en edificaciones homólogas del sector, se evaluó la factibilidad económica y ambiental de las soluciones de automatización con mayor impacto potencial. Como resultado, el diseño propuesto se plantea como un conjunto de lineamientos técnicos destinados a orientar el desarrollo de sistemas de automatización en villas habitacionales de alto estándar del país. Asimismo, se identificaron y analizaron las

áreas de oportunidad que ofrece la legislación cubana vigente, particularmente en la etapa de proyecto.

La investigación pretende, no solo mostrar una solución técnica para diseñar edificaciones más eficientes, sino atraer atención hacia el campo de la automatización energética como herramienta para la sustentabilidad de edificaciones, así como servir de referencia para el desarrollo de investigaciones similares.

*Palabras clave:* Sustentabilidad de edificaciones, Eficiencia energética, Automatización energética, Hoteles.

## **Abstract**

At a time when the importance of having energy that is not only ‘clean’ but also available, accessible and sufficient for the survival of society is increasingly valued, the high energy consumption of buildings worldwide is a cause for concern.

In emerging and developing economies, such as Cuba, where the real estate sector has high growth potential, it is both feasible and necessary to have more efficient building designs. Building automation and control systems (BACS) play a crucial role in achieving this goal. Heating, ventilation and air conditioning (HVAC) systems, electric lighting and electrical appliances, typically the most energy-intensive in buildings, are the main targets for improving efficiency through automation.

This paper focuses on a comprehensive understanding of BACS and an analysis of their potential to reduce energy consumption in tropical climate hotels, using specialized energy simulation tools (HSE).

The study used a mixed methodology, combining a qualitative literature review to provide context with quantitative modeling and simulation of a recent architectural project’s energy performance. This approach made it possible to estimate how automation solutions for HVAC, ventilation, and lighting systems influence electricity consumption and indoor comfort conditions.

With the aim of supporting its application in similar buildings in the sector, the economic and environmental feasibility of the automation solutions with the greatest potential impact was evaluated. As a result, the proposed design is presented as a set of technical guidelines intended to guide the development of automation systems in high-standard residential developments in the country. Likewise, areas of opportunity offered by current Cuban legislation were identified and analyzed, particularly in the project stage.

The research aims not only to present a technical solution for designing more efficient buildings, but also to draw attention to the field of energy automation as a tool for building sustainability, as well as to serve as a reference for the development of similar research.

*Keywords:* Building sustainability, Energy efficiency, Energy automation, Hotels.



## Índice

Automatización y sustentabilidad en los hoteles cubanos: un enfoque desde la simulación energética de edificaciones .....	1
Marco Teórico-Conceptual y Normativo.....	6
Marco Teórico-Conceptual .....	6
Eficiencia Energética en Edificaciones .....	6
Estrategias para Mejorar la Eficiencia Energética en Edificaciones .....	6
Sistemas de Automatización en Edificaciones de Uso Terciario.....	9
Marco Normativo Cubano .....	11
Marco Contextual .....	14
Generalidades del Sector Turístico Cubano .....	14
Panorama Energético del Subsector Hotelero .....	18
Automatización Energética en el Subsector Hotelero .....	23
Simulación Energética del Proyecto, Utilizando Cove.Tool .....	26
Proyecto Referencial.....	26
Modelado y Simulación Energética del Edificio-Prototipo.....	28
Insumos del Proyecto .....	34
Geometría del Edificio.....	34
Código de Energía .....	37
Ubicación.....	38
Tipo de Edificio .....	39
Parámetros de Simulación en el Modelo .....	40
Valores de Simulación Asociados a la Envolvente.....	40
Valores de simulación asociados al sistema HVAC.....	41
Valores de Simulación Asociados a los Usos Y Horarios.....	42

Valores de Simulación Respeto a las Entradas Generales .....	44
Balance Energético de Línea Base .....	45
Propuesta y Evaluación de Medidas de Automatización Energética Aplicables al Proyecto .....	51
Propuesta de Medidas de Automatización Energética.....	51
Control de Temperatura .....	51
Control de Iluminación.....	58
Control y Gestión Energética .....	63
Discusión de resultados .....	64
Conclusiones.....	73
Referencias .....	76
Apéndices .....	85

## Índice de Ilustraciones

Figura 1 <i>Estrategias para lograr una alta eficiencia energética en edificaciones.</i> .....	7
Figura 2 <i>Automatización de la energía en edificaciones.</i> .....	8
Figura 3 <i>Establecimientos hoteleros en Cuba, por tipología.</i> .....	14
Figura 4 <i>Hoteles y unidades habitacionales en Cuba, por categoría.</i> .....	15
Figura 5 <i>Establecimientos especializados del sistema de turismo cubano, por polo turístico.</i> .....	15
Figura 6 <i>Unidades habitacionales del sistema de turismo cubano, en 2024.</i> .....	16
Figura 7 <i>Hoteles de ciudad cubanos.</i> .....	17
Figura 8 <i>Hoteles de “sol y playa” cubanos.</i> .....	17
Figura 9 <i>Balance energético de los hoteles cubanos.</i> .....	19
Figura 10 <i>Hotel Gran Aston en medio de un “apagón”, La Habana, 2022.</i> .....	21
Figura 11 <i>Emisiones de GEI por sectores y del sector energético en Cuba.</i> .....	22
Figura 12 <i>Proyecto referencial.</i> .....	27
Figura 13 <i>Distribución de espacios en las habitaciones del proyecto.</i> .....	27
Figura 14 <i>Planeación con eficiencia energética.</i> .....	30
Figura 15 <i>Zonificación térmica en cove.tool (Zona única).</i> .....	31
Figura 16 <i>Insumos clave para el modelado energético con cove.tool.</i> .....	32
Figura 17 <i>Distribución de espacios en el edificio.</i> .....	35
Figura 18 <i>Envolverte térmica del edificio referencial.</i> .....	35
Figura 19 <i>Cerramientos definidos en el modelo.</i> .....	36
Figura 20 <i>Localización del proyecto.</i> .....	38
Figura 21 <i>Estación meteorológica de Puerto Padre.</i> .....	39
Figura 22 <i>Tipos básicos de edificios en cove.tool.</i> .....	39
Figura 23 <i>Horarios de ocupación detallados.</i> .....	43
Figura 24 <i>Horarios de uso de iluminación artificial detallados</i> .....	43
Figura 25 <i>Horarios de uso de electrodomésticos detallados.</i> .....	44
Figura 26 <i>Balance energético de línea base.</i> .....	45
Figura 27 <i>Comparativa del EUI previsto en el proyecto, respecto a la incidencia de BACS.</i> .....	47
Figura 28 <i>Balance energético previsto para el proyecto.</i> .....	48

Figura 29 <i>Diagrama de flujo del sistema de control de temperatura en habitaciones.</i> .....	56
Figura 30 <i>Análisis de autonomía espacial de la luz diurna.</i> .....	59
Figura 31 <i>Diagrama de flujo del sistema de control de iluminación en vestíbulos y escaleras.</i> .....	62
Figura 32 <i>Comparativa del EUI previsto en el proyecto, respecto a la propuesta.</i> .....	65
Figura 33 <i>Proyección del ahorro de asociado a la propuesta.</i> .....	66
Figura 34 <i>Proyecciones de mitigación de emisión de gases contaminantes e impacto ambiental correspondiente al 2030.</i> .....	68
Figura 35 <i>Sistema ROBOTBAS en habitaciones de hotel.</i> .....	69

## Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Área superficial de las componentes de la envolvente.</i> .....	37
Tabla 2 <i>Valores de simulación asociados a la envolvente térmica en el proyecto.</i> .....	40
Tabla 3 <i>Valores de simulación asociados al sistema HVAC en el proyecto.</i> .....	41
Tabla 4 <i>Valores de simulación asociados a los usos y horarios.</i> .....	42
Tabla 5 <i>Valores de simulación respecto a entradas generales.</i> .....	44
Tabla 6 <i>Ahorro de energía asociado al aumento del punto de ajuste de enfriamiento.</i> .....	52
Tabla 7 <i>Índices de confort previstos para diferentes escenarios.</i> .....	53
Tabla 8 <i>Temperatura operativa del sistema de AC, según el estudio realizado y la normativa local vigente.</i> .....	54
Tabla 9 <i>Optimización del EUI base mediante el control de iluminación respecto a la incidencia de luz natural.</i> .....	59
Tabla 10 <i>Optimización del EUI base mediante la gestión centralizada de energía.</i> .....	64
Tabla 11 <i>Escenarios posibles de automatización para el proyecto.</i> .....	65
Tabla 12 <i>Evaluación del proyecto de inversión.</i> .....	70
Tabla 13 <i>Proyección del potencial de ahorro energético por sistema o equipos consumidores de electricidad.</i> .....	71



## **Automatización y sustentabilidad en los hoteles cubanos: un enfoque desde la simulación energética de edificaciones.**

Desde la segunda mitad del siglo XX, el trabajo de científicos, pensadores y activistas ambientales por generar atención sobre los problemas ecológicos, económicos y sociales provocados por el desarrollo moderno de la sociedad ha contribuido a que esta abandone progresivamente la noción de recursos naturales y crecimiento económico ilimitados. En su lugar, se ha ganado un mayor entendimiento sobre el funcionamiento del planeta y se ha adoptado —no sin reticencia por parte de políticos, empresarios y ciudadanos en general— una perspectiva más compleja. Dicho enfoque reconoce y apuesta por la sustentabilidad: tanto desde la ciencia y la tecnología, como desde la ciudadanía y los mecanismos de concertación económica y política regionales e internacionales.

Hoy en día, considerar las repercusiones multisectoriales de nuestras acciones como sociedad es una posición consolidada si de garantizar la subsistencia del planeta se trata. La evolución del diseño de edificaciones, tal como la actividad de diseño en general, ha sido uno de los reflejos de esta tendencia. Al igual que otras ciencias de la sustentabilidad, la construcción sostenible propone la evaluación e integración de distintos saberes, permeados por la ecología, para arribar a conocimientos y soluciones más acertados.

El sector de la construcción utiliza el 32% de la energía mundial y genera el 34% de las emisiones de dióxido de carbono en todo el planeta (PNUMA, 2024). Solo en 2024, el consumo de energía eléctrica en este sector creció cuatro veces más rápido que en 2023, representando el 60% del aumento de la demanda mundial de electricidad ese año (IEA, 2025). Mejorar la eficiencia energética de los edificios es clave, especialmente en un momento en que cada vez se valora más el acceso a energías no solo "limpias", sino también accesibles y suficientes, para asegurar la sostenibilidad de estos.

En este sentido, se espera que los países en vías de desarrollo experimenten el mayor crecimiento de la superficie edificada en la próxima década (PEEB Secretariat, 2020). Por consiguiente, las decisiones de diseño que se tomen hoy para los edificios en estos países influirán significativamente en cómo se consumirá una parte importante de la energía mundial en los próximos años.

Una muestra de ello es la República de Cuba, un pequeño estado insular ubicado al norte del Mar Caribe y al sur del Trópico de Cáncer, con una extensión superficial de 109 884,01 kilómetros cuadrados y con una población de alrededor de nueve millones de habitantes (ONEI, 2025). A pesar de las limitaciones económicas y justo cuando su sector inmobiliario crece (ONEI, 2025), el estado cubano mantiene su compromiso por alcanzar un desarrollo sustentable.

Su vasta riqueza cultural y su clima tropical han convertido al país en un destino turístico de reconocimiento mundial. El turismo constituye uno de sus principales renglones económicos y, durante las últimas tres décadas, ha experimentado un crecimiento sostenido centrado en el desarrollo de hoteles de alto estándar. La actividad inmobiliaria asociada al sector refleja estas características, con edificaciones diseñadas en función de la oferta de servicios disponible.

A medida que se expande el subsector hotelero cubano, también aumenta su demanda energética, lo cual representa uno de sus mayores costos. A pesar de este elevado consumo, la eficiencia energética de las edificaciones turísticas nacionales continúa siendo deficiente. Resulta llamativo que no existan índices de desempeño energético normalizados (IDEn) para el sector; aunque las principales cadenas hoteleras han desarrollado indicadores propios, estos presentan limitaciones teóricas, metodológicas y operativas que reducen su utilidad como instrumentos de control. Asimismo, persiste un escaso control y medición de los consumos energéticos, lo que dificulta la implementación de estrategias de mejora.

En este contexto, la operación de edificaciones del sector turístico —particularmente los hoteles de alto estándar— se ha convertido en un problema complejo a nivel nacional. Las implicaciones no solo ambientales, sino también sociales y económicas, derivadas de las altas demandas de esta industria sobre la infraestructura local, especialmente en lo que respecta al suministro de energía eléctrica, en ocasiones no se consideran en los estudios sobre factibilidad y sostenibilidad de productos y destinos turísticos. Estas omisiones reflejan las características propias de un turismo que no ha sido planificado correctamente (Carbó, 2013).

La necesidad de contar con hoteles más eficientes no solo es posible, sino urgente. Por ello, resulta indispensable promover investigaciones desde una perspectiva integral, que evalúen las estrategias para la eficiencia energética disponibles, su grado de implementación en los

establecimientos hoteleros y su impacto real generado. Esto podría contribuir a cerrar brechas de conocimiento y canalizar de manera más efectiva los esfuerzos organizacionales orientados hacia un consumo energético más responsable (Ruiz, 2016).

Con la presente investigación se pretende justamente eso, evaluar la influencia energético-ambiental de la automatización energética en los hoteles de alto estándar en Cuba, haciendo énfasis en la incorporación de criterios de sustentabilidad desde las etapas de diseño. El trabajo desarrollado apoyará los esfuerzos del gobierno, instituciones vinculadas y empresas del sector de la construcción por alcanzar los objetivos planteados en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, constituirá un aporte a los diferentes programas nacionales para la eficiencia energética en edificaciones y potencialmente generará acciones para mitigar el cambio climático desde los sectores turístico y de la construcción cubanos.

### **Problema de la Investigación**

Aunque los hoteles contribuyen significativamente a la economía cubana, su operación implica un elevado consumo de energía, en un contexto de profunda crisis energética. Surge entonces la necesidad de implementar soluciones tecnológicas, como los sistemas de automatización y control avanzado, que mejoren la eficiencia energética y promuevan la sustentabilidad de las edificaciones hoteleras, sin comprometer su rendimiento y, a su vez, fortaleciendo su competitividad.

### **Hipótesis**

Si se implementan estrategias para optimizar la eficiencia energética de los hoteles del país, basadas análisis energéticos previos, es posible contribuir a la sustentabilidad del sector. En este sentido, especialmente las soluciones en automatización energética constituyen un área de oportunidad para el sector.

### **Preguntas de Investigación**

¿Cuál es el impacto de un sistema de automatización y control avanzado en la eficiencia energética y la sustentabilidad de las edificaciones hoteleras en Cuba?

### **Objetivo General**

Comprender, evaluar y socializar la incidencia de los sistemas de automatización y control avanzados en la eficiencia energética y la sustentabilidad de los hoteles en Cuba.

## **Objetivos Particulares**

- I. Definir la base conceptual de los sistemas de automatización como solución de sustentabilidad en edificaciones.
  - i. Definir los conceptos de eficiencia energética, estrategias para mejorarla y sistemas de control y automatización, así como su relación, en el contexto de los edificios, para efectos de la investigación.
  - ii. Delimitar los avances en el campo de la automatización en edificaciones como estrategia de eficiencia energética en hoteles de Cuba.
- II. Establecer una línea base de desempeño energético representativa del subsector hotelero en Cuba.
  - i. Identificar una tipología, inmueble o proyecto en concreto, que sirva como edificio referencial y objeto del análisis.
  - ii. Determinar un balance en el uso de energía primaria por sistemas tecnológicos, correspondiente al alcance delimitado.
- III. Diseñar medidas de automatización que permitan mejorar la eficiencia energética del proyecto de referencia.
  - i. Determinar el potencial de ahorro en el consumo de energía eléctrica por sistemas, asociado a la aplicación de los sistemas de automatización en el proyecto de referencia.
  - ii. Verificar del cumplimiento de los índices de confort térmico y lumínico para cada opción de diseño.
  - iii. Diseñar y validar un sistema integral de automatización energética acorde con el uso, categoría, clima y ocupación previstos para el edificio de referencia, que maximice el ahorro energético posible dentro de los límites de viabilidad económica del proyecto.

El informe presentado a continuación consta de:

Sección 1 – Marco teórico-conceptual y normativo.

En esta sección se ofrecerán las definiciones de conceptos medulares para la investigación. Algunos de estos son la eficiencia energética y los sistemas de automatización, ambos

aplicados a las edificaciones, abordando su interrelación desde una perspectiva compleja e interdisciplinar.

#### Sección 2 – Marco Contextual.

En esta sección se describirá el panorama energético cubano y la problemática en torno al consumo de energía en edificaciones del sector turístico del país. Para ello, se describirán las edificaciones turísticas cubanas, las dinámicas respecto a la energía con que se operan y el papel de la automatización como estrategia para la gestión energéticamente eficiente de estas.

#### Sección 3 – Simulación energética del proyecto, utilizando *cove.tool*.

En esta sección se determinará, mediante simulación energética, la distribución en los usos de energía eléctrica de una torre de hospedaje exclusivo, prevista para brindar un servicio de alto estándar en el entorno de playa cubano. El objetivo principal es proporcionar un balance energético confiable que sirva como línea base de referencia para el proyecto analizado.

#### Sección 4 – Análisis, propuesta y evaluación de medidas de automatización energética aplicables al proyecto.

En esta sección se evaluará el ahorro energético asociado a un sistema de control avanzado, orientado a la gestión eficiente de los sistemas de climatización (HVAC), iluminación eléctrica y equipos electrodomésticos del edificio seleccionado como prototipo. Como línea base para la evaluación, se consideró la intensidad de uso de energía estimada para la propia edificación. Estas soluciones constituyen alternativas orientadas a optimizar la eficiencia energética del caso base.

Además, se incluyen en el documento las conclusiones generales de la investigación y una propuesta de estudio prospectivo.

## Marco Teórico-Conceptual y Normativo

En esta sección se ofrecen las definiciones de conceptos medulares para la investigación. Algunos de estos son la eficiencia energética y los sistemas de automatización, ambos aplicados a las edificaciones, abordando su interrelación desde una perspectiva compleja e interdisciplinar.

### Marco Teórico-Conceptual

#### *Eficiencia Energética en Edificaciones*

En términos generales, la *eficiencia* describe la capacidad de alguien o de algo para alcanzar los resultados deseados utilizando de manera óptima los recursos disponibles (RAE, s.f., pág. definición 2).

En la operación de un edificio, el consumo energético está determinado tanto por la demanda de energía —es decir, la energía útil necesaria para mantener condiciones interiores confortables— como por la eficiencia de las instalaciones existentes (iluminación, calefacción, ventilación, agua caliente, entre otras). Mejorar la eficiencia energética de los edificios implica: reducir el uso de recursos energéticos, sin comprometer los niveles de confort, ni la operatividad del sistema. Alcanzar este objetivo no requiere necesariamente un cambio tecnológico; también puede lograrse mediante mejoras en la gestión, organización o estructuración de los sistemas (Calvo, 2024).

Optimizar el desempeño energético de una edificación supone una contribución significativa a su sustentabilidad, teniendo en cuenta que, en promedio, la energía operacional supone un 80-90% del total que se utiliza en un edificio tradicional durante su ciclo de vida (Ramesh y otros, 2010) (Cabeza y otros, 2014).

#### *Estrategias para Mejorar la Eficiencia Energética en Edificaciones*

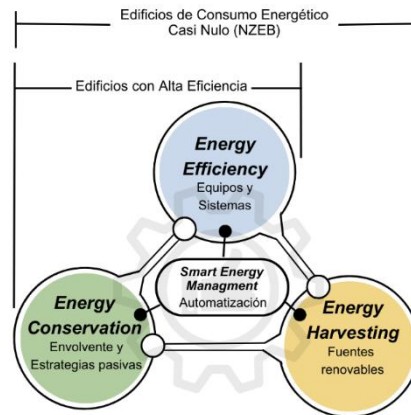
Para desarrollar edificios altamente eficientes en cuanto al uso de energía, es necesario integrar, por ese orden, las siguientes estrategias (Figura 1):

- 1) Reducir la necesidad de energía, mediante un buen diseño adaptado al entorno climático y estrategias pasivas que faciliten mantener el confort sin una demanda alta de energía;

- 2) Seleccionar e incorporar sistemas activos altamente eficientes, capaces de satisfacer las necesidades de iluminación, calefacción/ventilación, accesibilidad y seguridad de los usuarios, haciendo un uso racional de la energía;
- 3) Generar la energía necesaria para operar la edificación a partir de fuentes renovables (FRE);
- 4) Integrar sistemas de automatización y control de edificaciones (**BACS**, por sus siglas en inglés), habilitados para garantizar el máximo aprovechamiento de las estrategias pasivas y gestionar los sistemas activos y de energía renovable.

**Figura 1**

*Estrategias para lograr una alta eficiencia energética en edificaciones.*



*Nota:* Adaptado de “Mas allá de los edificios cero-energía”, presentado por Dr. Edwin Rodríguez Ubina, 2024.

Estos últimos, los BACS, se componen típicamente de un conjunto de equipos, sistemas de información y procedimientos que van a permitir asegurar el desempeño autónomo de un proceso, manteniéndolo bajo condiciones prefijadas y sin necesidad de la intervención humana. Sus principales beneficios se centran en la gestión continua de la eficiencia energética, la seguridad, el confort, la accesibilidad y las telecomunicaciones de los sistemas tecnológicos presentes en una edificación.

A pesar de que su implementación, tanto en edificaciones nuevas como existentes, representa una de las cuatro soluciones climáticas con mayor impacto potencial para disminuir el consumo de energía y reducir las emisiones de gases contaminantes producto de la operación de los edificios durante los próximos diez años (Wilkinson, 2020) —precedida por el

aislamiento térmico, el uso de cristales eficientes y de termostatos inteligentes—, aún persiste un gran desconocimiento y subvaloración de sus beneficios. Bibliografías recientes (PEEB Secretariat, 2020) (SEMARNAT, 2020) aun no registran a la gestión inteligente como una de las alternativas primarias para alcanzar un desempeño energético altamente eficiente en los edificios.

No cabe dudas de que la automatización de edificaciones, en su propósito más esencial, es una solución de sustentabilidad.

Si vemos a los edificios como el espacio donde desarrollamos la mayor parte de nuestras actividades cotidianas, es posible establecer entonces un paralelismo con el modelo de *donut* medioambiental con que Kate Raworth representa al desarrollo sustentable de la sociedad en el planeta, pero en la escala de las edificaciones. Los procesos tecnológicos que ocurren al interior de una edificación requieren tanto asegurar condiciones mínimas de confort, seguridad, igualdad en el acceso a espacios, derecho a espacios saludables, etc., como la responsabilidad de alcanzarlas haciendo un uso racional de los recursos que dichos procesos demandan. A partir de esta premisa, que plantea una problemática compleja para los arquitectos y diseñadores del sector, surge el concepto más específico de **automatización energética**. Esta se enfoca en “la recopilación y análisis de datos para tomar decisiones automáticas sobre encendido, apagado, ajuste de cargas o redirección de energía, sin intervención manual” (ISTEL, 2025), sin comprometer el desempeño de los sistemas con los que interactúa (Figura 2).

**Figura 2**

*Automatización de la energía en edificaciones.*



Nota: Elaboración propia basada en “Un espacio seguro y justo para la humanidad”, por Kate Raworth, 2012, disponible en [https://www-cdn.oxfam.org/s3fs-public/file\\_attachments/dp-espacio-seguro-justo-humanidad-130212-es\\_3.pdf](https://www-cdn.oxfam.org/s3fs-public/file_attachments/dp-espacio-seguro-justo-humanidad-130212-es_3.pdf).

## ***Sistemas de Automatización en Edificaciones de Uso Terciario***

El concepto de *inmótica* surge de la aplicación de los BACS en edificaciones de uso terciario. Este término es similar al de domótica, que es más conocido, ya que ambas disciplinas se centran en el diseño, la explotación y el mantenimiento de sistemas de supervisión y control de procesos tecnológicos en edificios. Sin embargo, la diferencia radica en que el segundo se aplica a edificaciones de uso doméstico.

### **Sistema de Control de Aire Acondicionado**

Un sistema de aire acondicionado (AC) es “una máquina eléctrica que se utiliza para mejorar el nivel de confort de un ambiente interior mediante el control de la temperatura del aire de esa área cerrada” (Ali y otros, 2019, pág. 290). En general, los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC, por sus siglas en inglés) son los que típicamente demandan la mayor cantidad de energía en edificios a nivel mundial (Damiati y otros, 2016; Simpeh y otros, 2022).

Por ello, para optimizar su consumo, es necesario implementar un sistema de control que garantice que se acondiciona el aire únicamente en los espacios que se requieran, es decir, en función de las necesidades reales de confort y de la ocupación.

El rango de ***temperatura de operación***, que corresponde a la temperatura predefinida como referencia para el sistema de control de AC, es determinante tanto para el confort térmico que experimentan los ocupantes del espacio como en el uso de energía. Se considera que, dentro de este umbral, no solo las condiciones de salud, sino también del bienestar humano, no se verán comprometidas. Sin embargo, no definir este rango de manera racional puede resultar en un mayor consumo energético y un menor índice de confort térmico en los espacios.

La incorporación de un sistema inteligente que ajuste la temperatura de operación del sistema de AC resulta muy beneficiosa para maximizar su eficiencia. En estos, el ***punto de ajuste*** de enfriamiento (*cooling set-point*) es la temperatura configurada en el termostato a la cual se enfriará el espacio durante las horas de ocupación. Por su parte, el ***punto de retroceso*** de enfriamiento (*cooling set-back*) es la temperatura a la que el termostato ajusta automáticamente la configuración cuando el espacio no está ocupado, durante un período de tiempo determinado (Chopson, 2024). No definir adecuadamente la diferencia entre ambos

modos de operación conlleva una operación más intensiva de los equipos de enfriamiento, generando mayores consumos y acortando la vida útil del sistema.

### **Sistema de Control de Iluminación Eléctrica**

Se estima que, dependiendo de la ubicación geográfica, la iluminación eléctrica puede representar entre el 30% y 40% del total de la factura energética de un hotel (SEMARNAT, 2020). En este sentido, una de las medidas técnicas más efectivas para reducir los costos económicos y ambientales del uso de luminarias sin afectar su rendimiento, al mismo tiempo que se extiende su vida útil, es el uso de dispositivos automáticos que regulen su funcionamiento.

El objetivo fundamental de un sistema de control de iluminación en edificaciones es garantizar que solo se iluminen las áreas ocupadas o que realmente lo necesiten. Por ello, el estado de ocupación y el nivel de iluminación recomendado para cada espacio van a ser los factores clave a considerar (FENERCOM, 2007).

Para que sean integrales, en estos sistemas se debe combinar la funcionalidad de temporizadores, sensores de ocupación, sensores de luz natural y un sistema de gestión de la iluminación, según las particularidades de cada área de la edificación (SEMARNAT, 2020). De este modo, se cumplen los requisitos de eficiencia energética y se asegura una exposición segura y agradable para los usuarios.

Generalmente, el uso de temporizadores es efectivo en espacios con horarios de ocupación bien determinados, como oficinas y áreas comerciales. En las habitaciones de hotel, resulta conveniente el uso de sensores de ocupación para regular la operación de las luminarias; mediante detectores de presencia, se activan o desactivan los circuitos de alumbrado eléctrico, en función de la presencia de usuarios en las habitaciones controladas (SEMARNAT, 2020). Por su parte, en zonas con una incidencia significativa de luz natural, tanto interiores como exteriores, se recomienda el uso de sensores fotosensibles. Dichos sensores, mediante fotoceldas, ajustan o desactivan el sistema de alumbrado cuando la luz natural es suficiente.

### **Sistema de Gestión de Edificios**

Un *sistema de gestión de edificios* (SGE), en inglés *Building Management System* (BMS), consiste en un sistema informático que controla y automatiza los elementos mecánicos,

eléctricos y tecnológicos de un edificio. Un sistema BMS está compuesto por elementos de hardware (sensores, controladores, consolas, etc.) y por un software adicional (conjunto de programas) que posibilita una completa supervisión y control de las instalaciones y se asegura de su correcto funcionamiento en el edificio (Estel Ingeniería y Obras, 2021).

Aunque BMS es un concepto parecido al de sistema de Control, Supervisión y Adquisición de Datos, en inglés *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA), presentan diferencias sustanciales. Los sistemas SCADA están orientados a procesos industriales en general, los cuales son secuenciales y predefinidos por lo que no se requiere una gran flexibilidad o adaptabilidad en las operaciones de control. Por su parte, los sistemas BMS se conciben para el control y la gestión de los distintos sistemas y dispositivos presentes en un edificio en operación, ajustando las estrategias de control a las dinámicas con que se utilizan los espacios. En resumen, un SCADA permite la visualización de datos y la operación limitada de la planta por parte de un operador, mientras que los BMS, además de supervisar valores y ejecutar acciones de control, buscan promover una gestión integral de la edificación, facilitando acciones correctivas, adaptabilidad de los sistemas y análisis en tiempo real.

La implementación de un sistema BMS, como efecto de la automatización en edificaciones, se traduce en mejoras, no solo de la eficiencia energética, sino de la eficiencia de la instalación en términos generales, incidiendo en aspectos como el confort, la seguridad, accesibilidad y las comunicaciones.

### **Marco Normativo Cubano**

La norma **NC 127:2014**: “Requisitos para la clasificación por categorías de los establecimientos de alojamiento turístico”, establece las características, indicadores y clasificaciones relacionados con las edificaciones turísticas del país. Entre otros conceptos, se define el *hotel* como el tipo de establecimiento que ofrece el servicio de hospedaje en unidades habitacionales amuebladas, y que dispone además de servicios básicos como recepción, baños privados y oferta gastronómica. En esencia, este documento constituye una guía para la aplicación de las normas que regulan el diseño, la ejecución y la explotación de este tipo de inmuebles en el territorio nacional.

La actividad de diseño de edificaciones hoteleras en Cuba está regulada por la **NC 775: “Bases de diseño y construcción de inversiones turísticas”** (2012). En su sección 12, titulada “Requisitos de automatización”, se establecen los requisitos que, en función del tamaño, categoría y clasificación del inmueble, aseguran la correcta proyección de la instrumentación y automatización de los sistemas, equipos y medios técnicos necesarios en las instalaciones turísticas.

Para asegurar un uso eficiente de la energía en las edificaciones, la **NC 220: “Requisitos de diseño para la eficiencia energética”** (2009) detalla los requisitos de diseño de elementos como la envolvente térmica del edificio, los electrodomésticos y los sistemas de aire acondicionado e iluminación eléctrica. Los lineamientos relativos a los sistemas de control y medición de energía se encuentran en su sección 5, titulada “Administración de la energía”. Esta sección se centra en las edificaciones del sector turístico, sirviendo básicamente como referencia principal de la antes mencionada **NC 775-12: 2012**.

En el caso específico de las habitaciones, la normativa cubana es más exigente respecto a otras áreas de un hotel. Si tenemos en cuenta los requisitos para la eficiencia energética del aire acondicionado según la **NC 220-3: 2009**, la inclusión de controles para el ajuste de temperatura es un requerimiento solo en el caso de sistemas que suministran aire climatizado a múltiples zonas (multizona), lo que no incluye los sistemas tipo *split* (de zona única), ampliamente utilizados en las habitaciones de hoteles en Cuba y que se analizarán en este estudio. Sin embargo, la **NC 775-12: 2012** especifica que el control de temperatura de operación de los sistemas de enfriamiento es uno de los sistemas mínimos (obligatorios) a incluir en las habitaciones, con vistas al ahorro de energía. Sin dudas, tener un control estricto e individualizado de las habitaciones garantiza un ahorro de energía significativo en este tipo de edificaciones. Sin embargo, en esta última no se especifican los puntos de ajuste para la temperatura de operación del sistema, las estrategias de control a aplicar o las ubicaciones recomendadas para la instrumentación. Estos aspectos, cruciales para la eficiencia del sistema, dependen del diseñador, lo que puede significar tanto una oportunidad para crear sistemas más eficientes como un riesgo si no se aborda con rigurosidad.

Según lo establecido por la **NC 220-3: 2009**, todas las luminarias que en un proyecto que estén orientadas hacia zonas con incidencia de luz natural deben operar de manera

independiente de las que no la reciben. Adicionalmente, siempre que sea posible, estas luminarias deberían ser controladas por sensores de luz natural. Sin embargo, en la normativa referente al diseño de edificaciones turísticas, la incidencia de luz natural no se considera relevante en el control de iluminación, lo que conlleva a que, por lo general, no se contemple esta condición para el control de las luminarias.

## Marco Contextual

En esta sección se presenta un panorama general del sector turístico cubano, destacando las principales características de sus edificaciones, servicios y polos turísticos. Asimismo, se describen los aspectos distintivos del consumo energético en el subsector hotelero del país, con énfasis en el balance del uso de la energía eléctrica, considerada el portador energético fundamental. Finalmente, se analiza el estado actual de las prácticas inmóviles estándar en el sector, así como sus objetivos y proyecciones futuras.

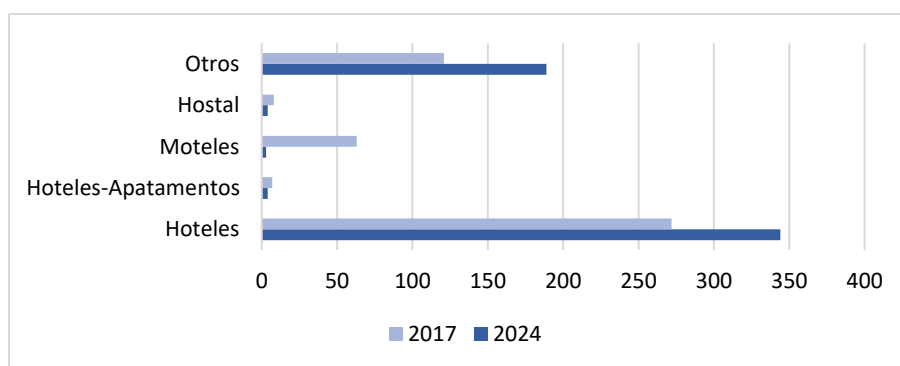
### Generalidades del Sector Turístico Cubano

Su riqueza cultural y su ubicación geográfica privilegiada han convertido a Cuba en un destino de referencia para viajeros de todo el mundo, consolidando al sector turístico como el principal generador de divisas durante los años anteriores a la pandemia de COVID-19 (Saunders y otros, 2022).

Respecto a la distribución de la oferta de alojamiento, destaca la concentración en hoteles (Figura 3). De estos, en lo referente a la categoría, predominan los establecimientos de alto estándar, es decir con 4 o más estrellas (Figura 4-a). El mayor número de habitaciones se encuentra en los hoteles con 5 estrellas (Figura 4-b), dado que, generalmente, para esta categoría se conciben edificaciones de mayor tamaño. Estos datos evidencian cómo, desde la década de 1990, se ha promovido en el país la construcción de establecimientos que responden a estándares internacionales de confort medio y alto (Cabrera, 2006).

### Figura 3

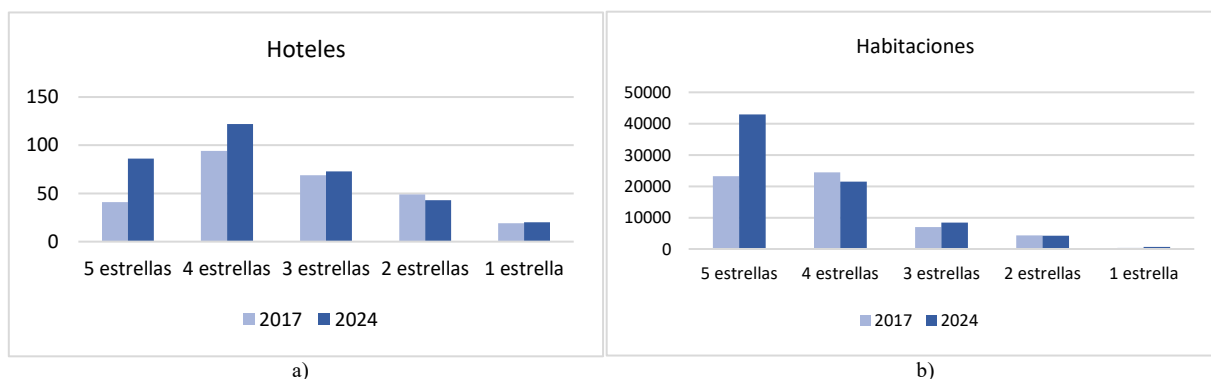
*Establecimientos hoteleros en Cuba, por tipología.*



*Nota:* Gráfico elaborado a partir de los datos del Anuario Estadístico de Cuba, ONEI, 2025. En la categoría “Otros Establecimientos” se incluyen casas y cabañas, villas turísticas, campismos, albergues, campamentos turísticos y establecimientos no estatales.

## Figura 4

*Hoteles y unidades habitacionales en Cuba, por categoría.*

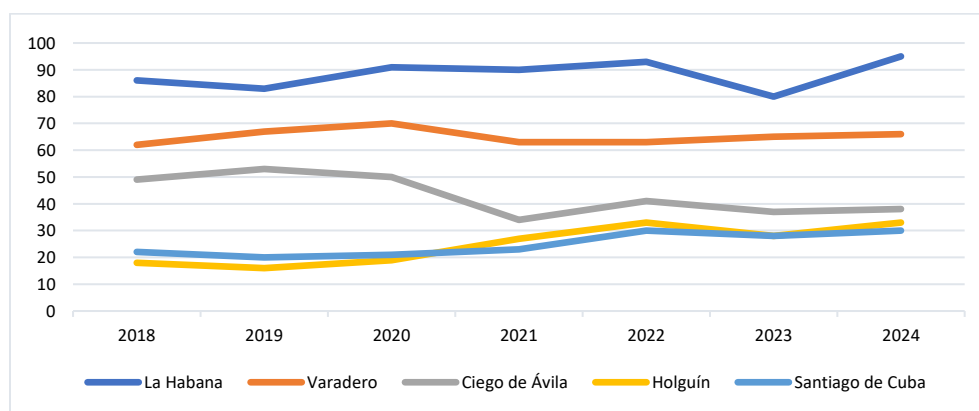


Nota: Gráficos elaborados a partir de los datos del Anuario Estadístico de Cuba, ONEI, 2025.

Entre 2014 y 2024, mientras que la cantidad de establecimientos de otras tipologías disminuyó, el número total de hoteles creció un 16.6%. Dentro de este aumento, los hoteles de 4 y 5 estrellas fueron los que registraron los mayores incrementos, con un crecimiento del 186% y 54%, respectivamente (ONEI, 2025). Luego de la pandemia de COVID-19, los polos turísticos del oriente país presentaron los mayores índices de este crecimiento, destacándose Holguín y Santiago de Cuba (Figura 5). Ambos destinos experimentaron un notable aumento en la oferta hotelera, impulsado por la incorporación de nuevos proyectos de importantes cadenas como Cubanacán y Meliá.

## Figura 5

*Establecimientos especializados del sistema de turismo cubano, por polo turístico.*

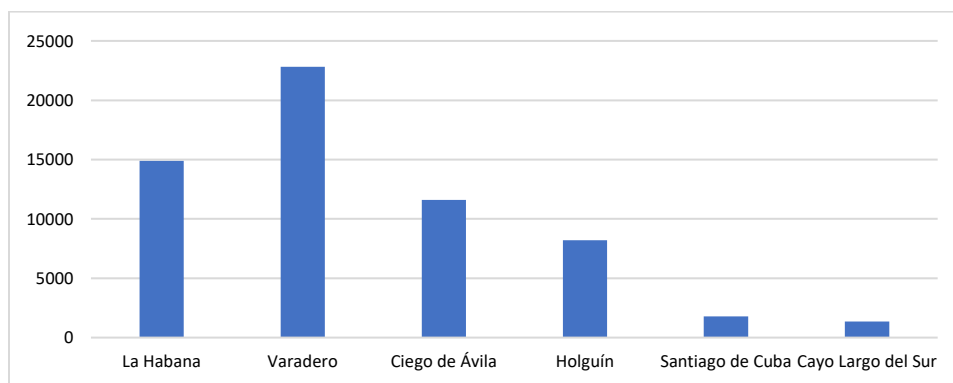


Nota: Gráfico elaborado a partir de los datos del Anuarios Estadísticos de Cuba, ONEI, 2025.

El desarrollo inmobiliario del sector ha sido un reflejo de la oferta de servicios disponibles. La mayor concentración de habitaciones de entidades especializadas asociadas al sistema turístico se encuentra en los destinos que ofrecen un servicio de turismo de “sol y playa” y turismo de ciudad (Figura 6), siendo estas las tipologías más representativas.

### Figura 6

*Unidades habitacionales del sistema de turismo cubano, en 2024.*



*Nota:* Gráfico elaborado a partir de los datos del Anuario Estadístico de Cuba, ONEI, 2025. Las ciudades de La Habana y Santiago de Cuba destacan como los principales centros urbanos del país en cuanto a oferta hotelera, mientras que otros destinos clave, como Playa Varadero, los cayos de Ciego de Ávila y Cayo Largo del Sur, se reconocen por su atractivo turístico de “sol y playa”. Además de estos destinos, lugares como el Valle de Viñales, los senderos de Baracoa y la Ciénaga de Zapata ofrecen alternativas para el turismo de naturaleza, aventura y salud, entre otras opciones.

En el caso específico de los hoteles de ciudad —aquellos sin acceso a la playa y ubicados en contextos citadinos—, a nivel nacional predominan los edificios tipo torre (Figura 7). Inicialmente, muchos de estos surgieron a partir de la adaptación de construcciones coloniales organizadas en torno a patios interiores. Sin embargo, en tiempos más recientes se ha optado por importar diseños foráneos, caracterizados por fachadas acristaladas y dimensiones que difieren del perfil urbano tradicional (Collado y otros, 2022).

Por su parte, los hoteles de playa se organizan en complejos arquitectónicos de tipo disperso, conformados por edificaciones de pocos niveles que ocupan una mayor superficie en comparación con los hoteles urbanos, aprovechando la disponibilidad de terreno en contextos rurales (Figura 8). En estos predomina el modelo de operación “todo incluido”; no obstante, los espacios destinados a usos comunes —como bares, restaurantes y discotecas— suelen ubicarse en áreas abiertas y separadas de las torres o bloques de habitaciones (Molina y otros, 2017).

## Figura 7

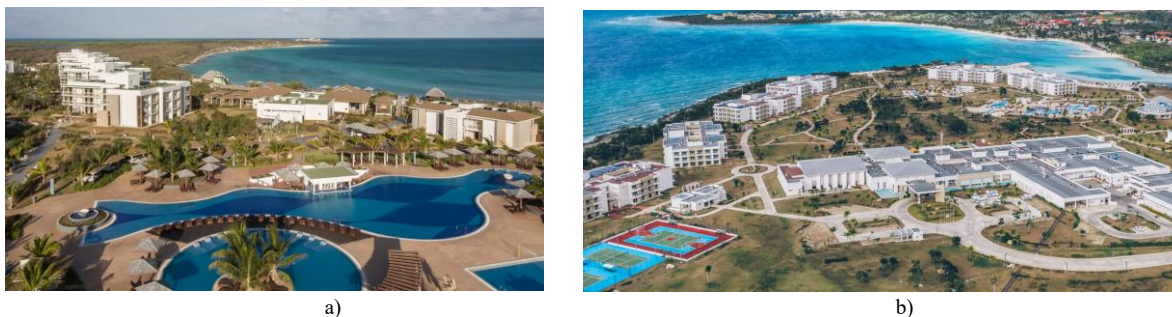
### *Hoteles de ciudad cubanos.*



*Nota:* a) Hotel Grand Packard, el segundo de categoría cinco estrellas plus de Cuba. Tomado de “Nuevos hoteles relanzan La Habana como destino turístico”, 2019, disponible en <https://www.radioreloj.cu/noticias-radio-reloj/sociedad/nuevos-hoteles-relanzan-la-habana-como-destino-turistico-foto/>. b) Hotel Meliá Santiago, el más representativo de la ciudad de Santiago de Cuba. Foto por Sergio Bursal (Instagram: @bmkstudio65). c) Hotel Iberostar Selección La Habana (Torre K), inaugurado en 2024 como el más alto del país, ubicado en el centro de la ciudad de La Habana. Tomado de Iberostar, 2025, disponible en <https://www.ibercuba.com/es/hoteles/la-habana/iberostar-seleccion-la-habana/>.

## Figura 8

### *Hoteles de “sol y playa” cubanos.*



*Nota:* Hotel Iberostar Origin Playa Pilar, ubicado en Cayo Guillermo. Tomado de Iberostar, disponible en <https://www.ibercuba.com/hoteles/cayo-guillermo/iberostar-playa-pilar/>. b) Hotel Iberostar Selección Holguín, ubicado en Guardalavaca Holguín. Tomado de Iberostar, disponible en <https://www.ibercuba.com/es/hoteles/holguin/iberostar-holguin/>.

A pesar de la significativa caída en el número de turistas que ingresaban a Cuba, derivada de las sanciones impuestas en 2017 por la administración Trump contra el gobierno cubano, la crisis sanitaria derivada de la pandemia de COVID-19 y otros factores (Saunders y otros, 2022) (Sánchez, 2023), la recuperación del sector turístico ha sido una prioridad nacional.

En 2020, se alcanzó un hito histórico cuando casi el 50% de la inversión nacional se destinó a actividades relacionadas principalmente con el turismo, como servicios empresariales, actividades inmobiliarias y de alquiler, incluyendo la inversión en hoteles e infraestructura turística (Monreal, 2022). Esta inyección de capital, prioritaria y sostenida hasta finales del 2024 (Cubadebate, 2025), se tradujo en un rápido crecimiento del sector y es una evidencia del interés por parte del gobierno cubano en seguir impulsando el subsector hotelero como parte de su estrategia económica.

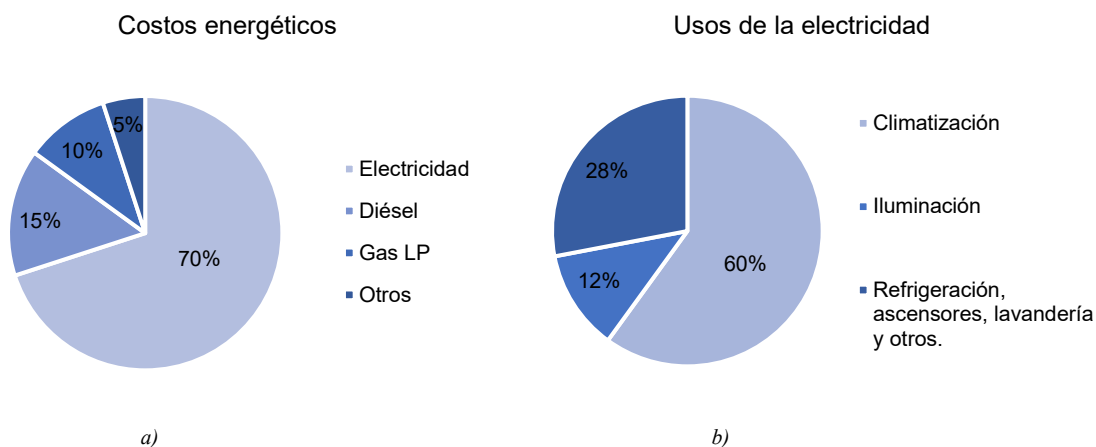
### **Panorama Energético del Subsector Hotelero**

Los hoteles cubanos se caracterizan por un alto, y en ocasiones irracional, consumo de energía (Montero, 2011) (Collado y otros, 2018). Se estima que su costo energético puede llegar a triplicar el de edificaciones similares a nivel internacional (Cabrera, 2006). Esto se debe, en gran parte, al clima tropical de la isla y, en algunos casos, a la infraestructura desactualizada de su equipamiento tecnológico, entre otros factores.

El portador energético de mayor incidencia en el sector es la electricidad, llegando a representar entre un 65% a 75% del costo energético total de un hotel (Escobar y otros, 2022) (Bermúdez, 2023) (Cabrera, 2006) (Figura 9-a). Los sistemas que típicamente consumen más energía eléctrica son los de climatización, con una incidencia de entre el 40% hasta el 65% de la demanda, seguido de la refrigeración, iluminación y generación de agua caliente (ACS), que pueden demandar entre un 12% a un 5% cada uno (Zerquera, 2018) (Figura 9-b) (Ver Apéndice A).

## Figura 9

*Balance energético de los hoteles cubanos.*



Nota: a) Tomado de “Evaluación de opciones de inversión en eficiencia energética y fuentes renovables de energía en hoteles de Santa Lucía, Camagüey.”, por Escobar *et al.*, 2022, disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193970042005>. b) Tomado de “Propuesta de cambio del sistema de clima centralizado del Hotel Iberostar Grand Hotel Trinidad.”, por Zerquera, 2018, disponible en <https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/10297/Zerquera%20Juviel,%20Nelson%20Alberto.pdf>.

A pesar de su demanda intensiva de energía, el subsector carece de un control suficiente de sus niveles de eficiencia energética. No se disponen de indicadores de desempeño energético normalizados (IDEn), que permitan hacer una evaluación confiable del grado de excelencia energética de las edificaciones. Cada cadena hotelera utiliza sus propios indicadores (Ruiz, 2016), enriquecidos a partir de las experiencias individuales y basados fundamentalmente en habitaciones-día-ocupadas (HDO). Dichos indicadores que presentan una baja correlación entre el consumo energético y la ocupación habitacional diaria (Molina y otros, 2017) (Martínez & Álvarez, 2022). Por su definición, no reflejan el impacto de los servicios no asociados al alojamiento propiamente (bares, cocinas, vestíbulos, piscinas, etc.), las dimensiones de las habitaciones o las variables climatológicas en el consumo total de energía del inmueble (Collado y otros, 2018).

De igual manera, no existe una metodología de cálculo integral que permita establecer el consumo energético de las edificaciones del sector y sirva como línea base para proyectos nuevos o edificios existentes (Collado y otros, 2018). Algunos investigadores proponen el uso de metodologías como la simulación energética para establecer referencias, tanto para los usos de energía de línea base como el potencial de ahorro de energía asociado a diversas

estrategias de optimización, como la arquitectura bioclimática y el uso de FRE (Escobar y otros, 2022) (Rueda, s/f) (Collado y otros, 2023).

A la ausencia de referencias teóricas, se suma el desconocimiento en cuanto a los usos de la energía en este tipo de edificaciones. La NC 220:2019, en su Parte 9 “Administración de la energía” establece como obligatorio solo un sistema de medición para el registro y lectura de la cantidad de energía utilizada, con el fin fundamental de garantizar los cobros de los servicios. De esta manera, no se propicia una medición o registro inteligente de los consumos, agrupables por inmueble o sistemas, capaz de seguir las variaciones de este y asociarlo a la información referente a las actualizaciones de tecnología, mantenimientos, paradas de servicio y cambios en las condiciones climatológicas. Este desconocimiento ha sido citado por investigadores vinculados al sector (Ruiz, 2016) (Collado y otros, 2018) como una de las causas fundamentales que imposibilita el desarrollo de medidas de mejora.

En medio de un contexto de profunda crisis energética, por el cual atraviesa el país desde 2019, el reciente auge inmobiliario de un sector altamente demandante de energía, como lo es el turístico, supone un estrés adicional para el ya deteriorado Sistema Electroenergético Nacional (SEN)<sup>1</sup>. Considerando que el servicio público es la principal fuente de suministro para los establecimientos hoteleros del país, aún frente al decrecimiento poblacional pronosticado para los siguientes años (ONU, 2025), se estima que el crecimiento de este demandará, a su vez, el crecimiento de los servicios de electricidad (Saunders y otros, 2022).

Ante la incapacidad del SEN para satisfacer la demanda, el gobierno cubano ha implementado diversas medidas de contingencia. Estas incluyen desde la reducción de la jornada laboral en actividades no prioritarias hasta la programación de cortes de suministro durante las horas de mayor demanda, tanto en el sector empresarial como en el doméstico, con duraciones que oscilan entre dos y doce horas, alternándose durante varios días. A estos cortes planificados se suman los no programados, que ocurren debido a contingencias y ante

---

<sup>1</sup> En Cuba, la infraestructura para el servicio público es responsable de alrededor del 97% de la generación bruta de electricidad (ONEI, 2025), sin embargo, el SEN dispone de bajas reservas. La potencia instalada en Cuba es de 5,344.8 MW (ONEI, 2025), suficiente para cubrir la demanda del país. Sin embargo, gran parte de dicha capacidad se encuentra indisponible, lo que conlleva a un déficit de generación diaria que ha llegado a los 1,700 MW (UNE, 2025). En condiciones normales, el SEN debería mantener una reserva mínima de 500 MW para enfrentar cualquier situación imprevista o para llevar a cabo el mantenimiento necesario en las unidades generadoras de alta capacidad (Alonso y otros, 2021).

la falta de reservas para la generación. Se han reportado cortes a nivel nacional de hasta 72 horas debido a averías o fenómenos climatológicos.

Los conocidos “apagones” se han convertido en un serio problema para la calidad de vida en el país<sup>2</sup>.

En medio de esta crisis, los hoteles mantuvieron su funcionamiento casi con normalidad a pesar de que los índices de ocupación se vieron afectados (ONEI, 2025), generando el descontento de algunos sectores de la población. Para muchos, la prioridad otorgada al sector turístico en lugar de a los problemas cotidianos, como el acceso a alimentos, servicios básicos y condiciones de vida, refuerza la percepción de una desconexión entre las autoridades y la realidad de la mayoría de la población (Figura 10).

### **Figura 10**

*Hotel Gran Aston en medio de un “apagón”, La Habana, 2022.*



*Nota:* Foto publicada por el diario digital 14ymedio, en su red social X, con el enunciado: “La austeridad energética no es un tema que interese a los directivos del Gran Aston: “el más nuevo y elegante” de la ciudad” (2022).

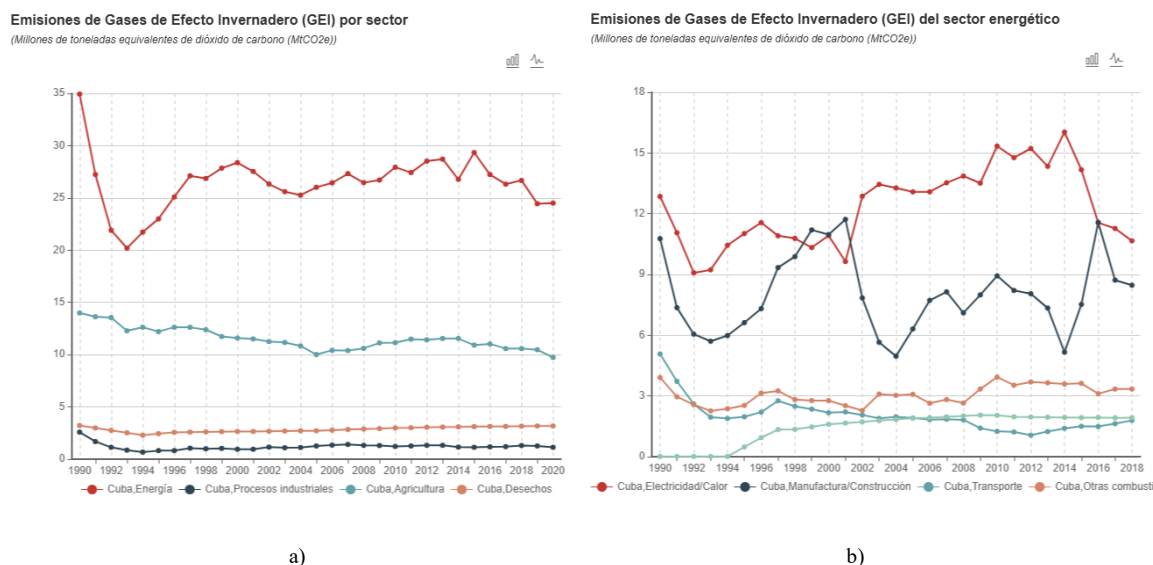
---

<sup>2</sup> Los extensos horarios de cortes de electricidad en el país, al limitar la posibilidad de conservar alimentos refrigerados y cocinar -en un contexto donde la escasez de alimentos es marcada- o utilizar equipos de ventilación en medio del intenso verano que caracteriza a Cuba, han detonado el descontento de la población. Desde 2020, esta situación ha desencadenado revueltas populares en todo el país exigiendo el restablecimiento del servicio y generando un ambiente de inestabilidad política y social. Medios como el portal de noticias BBC News Mundo (30 de septiembre de 2022) y CNN (18 de marzo de 2024) se han hecho eco de dichos incidentes.

Adicionalmente, la escasa renovabilidad del SEN determina que las actividades vinculadas al servicio público de electricidad sean altamente contaminantes<sup>3</sup>. Las centrales termoeléctricas son el eslabón fundamental, a cargo de más de 60% de la generación bruta de electricidad, seguidas de los grupos electrógenos y las turbinas de gas (ONEI, 2025). El uso intensivo de combustibles fósiles, junto con la baja eficiencia energética en la generación, transmisión y uso de la energía, determinan que el mayor porcentaje de las emisiones totales de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) generadas en el país estén asociadas al sector energético (Figura 11-a) y, dentro de este, la mayor concentración de emisiones esté asociada a la electricidad (Figura 11-b).

**Figura 11**

*Emisiones de GEI por sectores y del sector energético en Cuba.*



*Nota:* Tomado de CEPASTAT: Bases de Datos y Publicaciones Estadísticas, por CEPAL, 2025, disponible en <https://statistics.cepal.org/portal/cepalstat/dashboard.html?lang=es>.

<sup>3</sup> En 2023, el índice de emisiones en la generación eléctrica del país fue de 410.28 tCO<sub>2</sub>eq/GWh, muy superior al promedio latinoamericano en igual fecha (195.77 tCO<sub>2</sub>eq/GWh), una tendencia que se ha mantenido durante los últimos cuarenta años (OLADE, 2025). En el 2024, el 96.9% de la producción de energía se basó en fuentes no renovables de energía, dejando menos del 3% de la generación a cargo de las FRE, constituidas fundamentalmente por hidroeléctricas, aerogeneradores y sistemas solar fotovoltaico (ONEI, 2025).

Como fuentes de energía de respaldo, en caso de una contingencia, en los hoteles cubanos se utilizan principalmente los Grupos Electrógenos de Emergencia. Para su funcionamiento estos emplean diésel como combustible, por lo que tienen también una base fósil.

Para revertir estos indicadores, el gobierno cubano realiza inversiones y desarrolla políticas (incluyendo al sector turístico) para mejorar la eficiencia y promover la generación de electricidad a partir de fuentes renovables. Estas soluciones, además de tener un propósito de índole ecológica: reducir las emisiones de GEI, tienen otro -no menos importante- de carácter económico y político: disminuir la fuerte dependencia de combustibles fósiles importados y el gasto en divisas<sup>4</sup> (Martín, 2021). Sin embargo, estas aún son insuficientes.

De ahí la importancia que se ha otorgado a la reducción de la demanda de energía eléctrica en el sector turístico nacional, lo cual se traduce directamente en un aumento de sus utilidades y una disminución de su huella ecológica.

### **Automatización Energética en el Subsector Hotelero**

En los hoteles del país, los principales esfuerzos por disponer de edificios más eficientes se han encaminado a la incorporación de FRE y equipos eficientes, en correspondencia a la política gubernamental nacional expresada en la Contribución Nacionalmente Determinada de 2020<sup>5</sup>. A estas, se suman otras soluciones con menor grado de intensidad en su promoción y aplicación, como es el caso de la inmótica.

En general, la automatización en los hoteles del país se ha visto condicionada por las posibilidades y necesidades de las cadenas hoteleras en cuestión y ha seguido una serie de lineamientos con pocos cambios conceptuales en las últimas décadas (Urrea, 2013). El grado de automatización mayormente es básico (Ver Apéndice B), en correspondencia a la normativa de diseño vigente. Típicamente, las variables a controlar son la temperatura de operación de los sistemas de aire acondicionado y el encendido/apagado automático de los

---

<sup>4</sup> Más del 50% del crudo utilizado para la generación de energía en el país es importado (ONEI, 2025). Pero, no es solamente en la compra de combustible donde se generan gastos por concepto de importación en el sector. En 2024, alrededor del 20% de la energía eléctrica se importó directamente a través de centrales flotantes de generación (patanas) ubicadas en puertos estratégicos del país (ONEI, 2025). El desembolso económico que el país realiza en estos recursos aumenta la carga económica para la sociedad y la vulnerabilidad del país.

<sup>5</sup> Compromiso de reducción de emisiones de GEI que realiza cada país ante la ONU.

circuitos de iluminación y fuerza, fundamentalmente en habitaciones, para el cumplimiento de los estándares de eficiencia energética prescriptivos.

En cuanto a la supervisión y gestión inteligentes de los sistemas que consumen energía, gran parte de los inmuebles no cuentan con sistemas elementales que garanticen estas funciones. En aquellos que sí se han desarrollado estas prestaciones prevalece el uso de sistemas de Interfaz Hombre-Máquina (HMI) y los SCADA. Sin embargo, la funcionalidad principal con que estos se conciben es registrar históricos de consumo, sin acciones correctivas relevantes.

Actualmente, empresas como el Grupo Novelec han apostado por la integración y difusión de nuevas tecnologías para la automatización de edificaciones en el país, con un enfoque particular en su aplicación en el sector turístico. Diversas experiencias favorables han sido registradas en hoteles de importantes polos turísticos del país, como el Royalton Hicacos, en Varadero, y el Hotel Parque Central, en La Habana (de la Osa Camacho & Soler, 2022).

Entre las empresas cubanas, destaca la labor de la Empresa de Automatización Integral de Cuba (CEDAI), enfocada a desarrollar soluciones de automatización dirigidas a procesos industriales y edificaciones para el uso racional de la energía y el aumento de la calidad y eficiencia productiva, según su sitio web oficial. Respecto al sector turístico, la empresa busca garantizar la automatización de inmuebles enfocada al ahorro eficiente de la energía, manteniendo los parámetros de calidad y confort que se le brinda a los clientes (CEDAI, 2024). Del trabajo de dicha empresa se derivó el proyecto Edificios Energéticamente Eficientes (3XE), financiado por la Unión Europea e implementado por la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID).

## Conclusiones Parciales

A partir de los datos recabados mediante la revisión estadística, documental y en sitio, es posible arribar a las siguientes conclusiones:

- La actividad turística en Cuba ha experimentado un crecimiento sostenido, centrado principalmente en instalaciones hoteleras de alto estándar, que ofrecen mayormente un servicio de “sol y playa” y turismo de ciudad. El desarrollo inmobiliario del sector es un reflejo de estas características, con edificaciones que responden a la oferta de servicios disponible.
- A medida que se desarrolla el subsector hotelero cubano, también aumenta su demanda energética, lo que representa uno de sus mayores costos.
- La eficiencia energética de las edificaciones turísticas nacionales es deficiente. No se disponen de IDEn para evaluar la excelencia energética de las edificaciones del sector. Las principales cadenas hoteleras han desarrollado sus propios índices, sin embargo, estos han presentado limitaciones teóricas, de cumplimiento y de aplicación como instrumentos de control. De igual manera, predomina el escaso control y medición de los consumos de energía, lo que imposibilita el desarrollo de estrategias de mejora.
- Dado que la energía eléctrica es el principal portador energético en los hoteles cubanos, la prioridad que se les ha otorgado en el suministro de este servicio, por encima de sectores como el residencial y el corporativo, en un contexto de déficit de generación y crisis energética, ha generado tensiones políticas y sociales en torno al desarrollo de nuevos proyectos hoteleros.
- Una de las apuestas más novedosas enfocadas a elevar la eficiencia energética y reducir el consumo de energía, principalmente eléctrica, en el sector es la aplicación de soluciones de automática habitacional y tecnologías inteligentes. Estas tienen el potencial tanto de reducir los índices de consumo como aportar datos energéticos relevantes para el desarrollo de nuevas estrategias de mejora.

## **Simulación Energética del Proyecto, Utilizando Cove.Tool**

En esta sección se determina, mediante simulación energética, la distribución en los usos de energía eléctrica de una torre de hospedaje exclusivo, prevista para brindar un servicio de alto estándar en el entorno de playa cubano. Dada la ausencia de indicadores de desempeño energético normalizados representativos del subsector hotelero cubano, el objetivo de esta sección es proporcionar un balance energético confiable que sirva como línea base de referencia para el proyecto analizado.

Los resultados obtenidos constituyen la base para el diseño, en el capítulo siguiente, de un conjunto de medidas de automatización energética aplicables al proyecto y, a su vez, es una referencia para estudios energéticos de proyectos similares en el país.

### **Proyecto Referencial**

Para el estudio, se seleccionó como objeto de análisis energético un hotel de cuatro estrellas, proyectado para el polo turístico de Holguín y concebido para ofrecer servicios de playa, turismo convencional y opciones exclusivas para adultos. La elección responde a que la edificación se diseñó con características representativas del subsector hotelero nacional, en cuanto a categoría, ubicación, sistema constructivo, sistemas tecnológicos, etc., lo que la convierte en un caso de estudio pertinente.

Al tratarse de una obra de nueva construcción en sus primeras etapas de diseño, presenta un alto potencial de optimización, lo que permite aplicar estrategias de mejora energética desde el inicio del proceso proyectual. Una vez concluido, el complejo será una edificación de alto estándar: equilibrada, moderna, compacta y armónica, con el potencial de convertirse en una referencia de diseño para un sector marcado por un acelerado crecimiento inmobiliario, como es el sector turístico cubano.

Para la simulación energética, se acotó el estudio a la de torre de habitaciones del hotel en cuestión (Figura 12). De los subsistemas que conforman el proyecto (lobby, bar, restaurant, piscina, local de mantenimiento, etc.), para el bloque de habitaciones se prevé el mayor uso de energía al tener mayor número de locales, tiempo de ocupación más prolongado y exigencias de confort más elevadas, respecto a las otras zonas del hotel.

## Figura 12

*Proyecto referencial.*



*Nota:* Vista frontal del proyecto, desarrollado por el Arq. Adrián García Jardines y asesorado por el equipo de trabajo de la Empresa de Proyecto de Arquitectura e Ingeniería No. 15 (EMPROY15), de Santiago de Cuba. La imagen, del tipo *render*, fue desarrollada durante el proceso de diseño.

El edificio, compuesto netamente por las habitaciones y sus áreas de servicio, se desarrolla en tres niveles. Concebido a partir de pórticos de hormigón, losas prefabricadas y panelería ligera, consta de quince habitaciones dobles y seis matrimoniales. Entorno a estas, se desarrollan amplias galerías frontales que sirven como vestíbulos generales para cada nivel y balcones en la parte posterior del segundo y tercer nivel.

Las habitaciones tienen una configuración típica; tanto las dobles como las matrimoniales responden a una misma estructura espacial (Figura 13). Están compuestas por recibidor, baño, dormitorio y armarios. En el diseño, los pisos y enchapes se concibieron de gres cerámico de alta calidad, con predominio de colores claros en los baños e imitación de tabloncillo de madera en el suelo del dormitorio y los balcones.

## Figura 13

*Distribución de espacios en las habitaciones del proyecto.*



*a)*



*b)*

*Nota:* Vista del área de dormitorio de las habitaciones dobles (a) y suite (b) del proyecto. La imagen, del tipo *render*, fue desarrollada durante el proceso de diseño.

Además de las habitaciones, la estructura alberga consulta médica, locales de apoyo para camareras, almacenes de insumos y ropa sucia, escaleras principal y contraincendios y clósets de electricidad, telecomunicaciones, automatización y limpieza.

### **Modelado y Simulación Energética del Edificio-Prototipo**

Al tratarse de una edificación en fase de proyecto, no es posible determinar físicamente ni su consumo ni la intensidad del uso de energía. No obstante, en estos casos es posible realizar una estimación general de estos valores, así como del balance energético por sistemas instalados, tomando en cuenta ciertas características de la edificación que serán determinantes en el consumo energético.

Considerando que no se dispone de IDEn referentes a villas de alojamiento del sector turístico cubano, que pudiesen servir como referencia precisa para realizar una estimación rápida y sencilla de la línea base energética del proyecto (en base al área construida, número de habitaciones, ubicación, etc.), se optó por recurrir a la simulación energética de edificaciones mediante herramientas de software especializadas. Esta metodología permite estimar con precisión el comportamiento energético del inmueble. Con base en esta información se pueden tomar decisiones informadas respecto al diseño, para mejorar su eficiencia (Ver Apéndice C).

El uso de herramientas de simulación energética (HSE) es un potente recurso de pronóstico y diagnóstico para el diseño y construcción de edificaciones (Mercado & Romero, 2022). Estas herramientas (softwares), básicamente, vinculan programas o plataformas para el modelado geométrico y/o paramétrico a motores de cálculo. De esta manera, es posible realizar estimaciones numéricas para determinar las condiciones ambientales dentro de la edificación y, a partir de estas, el perfil de demanda de los sistemas de ventilación, calefacción y agua caliente (HVAC), iluminación, electrodomésticos, etc. Teniendo en cuenta estos resultados, se puede realizar el análisis del comportamiento térmico, la incidencia de luz natural o la eficiencia energética del edificio.

En ocasiones, simplemente suscribirse a los códigos de energía prescriptivos y a las normas de diseño no es suficiente para alcanzar los estándares de energía neta cero. En este contexto, el *American Institute of Architects (AIA)*, en su informe de 2023 "*2030 By the Numbers*",

destacó cómo el modelado energético en múltiples etapas del diseño ha sido una de las prácticas clave para reducir el consumo de energía en los proyectos de las empresas signatarias del Compromiso 2030 de dicha institución. Además, el informe señala que los proyectos que utilizan modelado energético obtienen un rendimiento superior, con mayores reducciones porcentuales en el uso de energía proyectado, manteniendo al equipo centrado en las estrategias de eficiencia durante todo el proceso.

A pesar de sus potencialidades, el uso de las HSE presenta limitaciones. La complejidad para el análisis e interpretación de los resultados obtenidos, la necesidad de competencia especializada de los usuarios y los costos asociados al proceso son algunas de las dificultades en el uso de este tipo de herramientas (Cárdenas y otros, 2019) (AIA, 2024).

Además del análisis del comportamiento energético de la edificación, a partir de la simulación energética, es posible evaluar el impacto de las estrategias de optimización y determinar cuáles de ellas es más conveniente integrar al edificio. De este tema en específico se abordará con mayor profundidad en el siguiente capítulo.

Para el modelado y la simulación termodinámica, fue necesario identificar una HSE adecuada al proyecto en cuestión, considerando sus dimensiones, materiales de construcción, usos previstos y patrones de ocupación, su ubicación geográfica y sistemas tecnológicos asociados. La herramienta elegida debía ser robusta, estar vinculada a un motor de cálculo potente, permitir el acceso a archivos climáticos del sitio y contar con referencias a estrategias de automatización para optimizar el consumo energético en la edificación.

En este caso, se utilizó como herramienta especializada la plataforma de diseño automatizado para el rendimiento de edificios inteligentes *cove.tool*. Esta plataforma permite crear modelos de "caja gris" (una combinación de física simplificada y datos históricos) de edificaciones en las etapas iniciales del diseño, asignando automáticamente parámetros de acuerdo con los códigos energéticos internacionales. Además, para respaldar un análisis de mercado global, *cove.tool* integra bases de datos internacionales que incluyen información sobre monedas, tarifas de servicios públicos, emisiones de carbono, datos meteorológicos y una creciente biblioteca de códigos energéticos. En su núcleo, la herramienta facilita la optimización del rendimiento energético de un edificio, aplicando diversas estrategias pasivas y activas, y

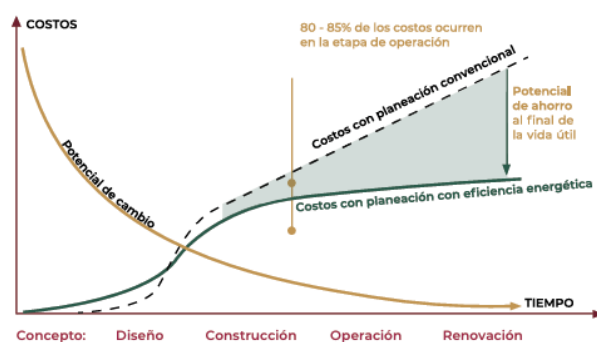
proporcionando un análisis detallado del costo frente al ahorro de energía (*cove*) asociado con cada opción de diseño.

*Cove.tool* facilita la colaboración entre los miembros del equipo de diseño al consolidar en una única herramienta inteligente las múltiples plataformas de software que, tradicionalmente, se utilizan en el proceso de diseño de edificios. Gracias a sus capacidades, en 2023 se consolidó como la herramienta más utilizada para el modelado de edificios completos entre las empresas signatarias del Compromiso AIA 2030 (AIA, 2024). Su acceso gratuito para fines académicos, procesamiento en la nube y compatibilidad con software de diseño arquitectónico BIM, como Revit —uno de los más utilizados en las empresas de proyecto del país—, hacen de *cove.tool* una opción especialmente adecuada para países en desarrollo, como Cuba.

La plataforma emplea un modelo conceptual como base para realizar el análisis energético de un edificio. Mediante este tipo de modelos se representa el objeto de estudio a través de un sistema de conceptos clave y sus interrelaciones, lo cual facilita la comprensión, análisis y comunicación de su estructura y relaciones fundamentales. Se recomienda su uso durante las etapas iniciales del proyecto, ya que, si se aplican lo suficientemente temprano en el proceso de diseño, la información aprendida se puede utilizar para encontrar soluciones de diseño óptimas. Esto no solo incrementa el potencial de transformar los patrones de consumo, sino que también reduce los costos de inversión del proyecto (Figura 14) (SEMARNAT, 2020).

### Figura 14

*Planeación con eficiencia energética.*

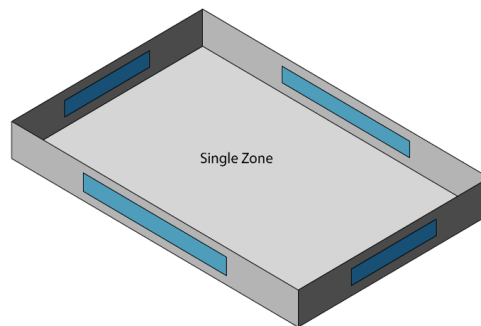


Nota: Tomado de Guía de eficiencia energética en el diseño, construcción y operación de hoteles en climas cálidos, por la SEMARNAT, 2020, en <https://www.gob.mx/semarnat/documentos/guia-de-eficiencia-energetica-en-el-diseno-construccion-y-operacion-de-hoteles-en-climas-calidos>.

En esta fase inicial es posible utilizar un modelo de masa que corresponda aproximadamente a la forma de construcción deseada del proyecto o a la organización de la zona, para definir los parámetros iniciales del proyecto (Chopson P. , 2023). A partir de esta representación, la herramienta ejecuta una simulación de energética de una sola zona (Figura 15). Esta metodología permite reducir el tiempo y el esfuerzo invertido en la remodelación de las zonas térmicas cada vez que hay cambio en el diseño interior del edificio, manteniendo el nivel de precisión. Desde esta perspectiva, la atención se centra en la sensibilidad de la geometría del edificio y la eficiencia de los sistemas HVAC, manteniendo constantes otros parámetros.

### Figura 15

*Zonificación térmica en cove.tool (Zona única).*

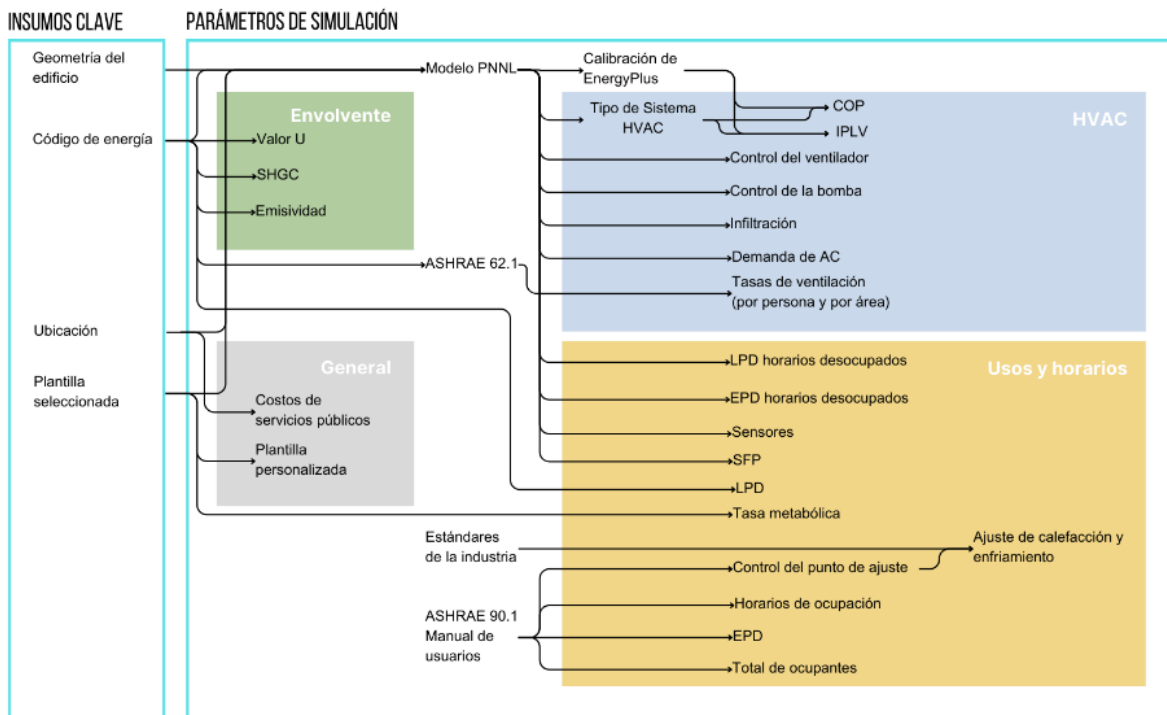


Nota: Tomado de *cove.tool*, "Estudio Energético de Zona Única vs Multizona", 2023, disponible en <https://help.covetool.com/en/articles/5701694-single-zone-vs-multi-zone-energy-study>.

*Cove.tool* permite ejecutar una simulación energética optimizada de un edificio a partir del modelo de referencia proporcionado. La plataforma se basa en la premisa de que, al considerar cuatro insumos clave del proyecto (código de energía, geometría, ubicación y plantilla según tipo de edificio), los diseñadores pueden prever el consumo energético anual de este, expresado en intensidad de uso de energía (EUI) (Figura 16). Dicho consumo constituye la energía de referencia, que posibilita predecir con mayor precisión tanto el rendimiento del proyecto como su impacto ambiental, dado que ambos aspectos están estrechamente vinculados al EUI. Además del EUI de línea base completa propuesto, la plataforma determina el desglose del EUI por sistema tecnológico.

**Figura 16**

*Insumos clave para el modelado energético con cove.tool.*



Nota: Adaptado de “Valores de referencia automatizados”, de Chopson, 2023, disponible en <https://help.covetool.com/en/articles/5253749-automated-baseline-values>.

Para completar la totalidad del modelo de referencia, la plataforma: 1) rellena los valores prescriptivos del código de energía seleccionado, como los coeficientes referentes a la envolvente y las tasas de iluminación y ventilación; 2) utiliza los valores enumerados en el estándar ASHRAE 90.1: “Manual del usuario”, elaborado por la Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHRAE), para determinar parámetros como el uso de electrodomésticos, ocupantes totales y horarios de ocupación; 3) utiliza los prototipos de edificios comerciales del Laboratorio Nacional del Noroeste del Pacífico (PNNL) para calibrar parámetros no regulados por el código energético seleccionado, como la demanda de agua caliente y la infiltración. A las entradas restantes, como por ejemplo el uso de cortinas y persianas, se les asigna un valor por defecto a partir de las prácticas estándar de la industria (Chopson P. , 2023).

A pesar de que estos valores se completan automáticamente por la herramienta desde la primera vez que se accede a la página de “Energía de referencia”, los usuarios pueden

editarlos para que reflejen la intención de diseño del proyecto. En la medida que se disponga de más información referente al proyecto, y se puedan personalizar más datos de entrada, más exacto será el resultado obtenido.

Además de las referencias utilizadas para completar las entradas de datos, es fundamental considerar cómo se generan los resultados. La plataforma emplea procedimientos reconocidos internacionalmente para determinar la energía necesaria para mantener las condiciones operativas mínimas de los sistemas de iluminación, agua caliente, equipos y HVAC. A partir de esta estimación, es posible determinar el EUI general y por sistemas, expresado en kWh/m<sup>2</sup>/año.

La norma ISO 13790: “Eficiencia energética de los edificios - Cálculo del uso de energía para calefacción y refrigeración de espacios” define la metodología en que se basa *cove.tool* para calcular la energía utilizada por los sistemas de calefacción y enfriamiento del proyecto (Chopson P. , 2024). Este estándar, producido por la Organización de Estándares Intencionales (ISO), proporciona un método formal para calcular las ganancias y pérdidas de calor en un edificio, teniendo en cuenta las características de transferencia de calor de transmisión, las características ventilación, las ganancias de calor internas (personas, iluminación y equipos) y las ganancias de calor solar. En la plataforma, estos parámetros se definen a través de las entradas de simulación asociadas a la envolvente y el sistema HVAC.

La norma EN 15193: “Eficiencia energética de los edificios - Requisitos energéticos para la iluminación” define el procedimiento utilizado en la plataforma para determinar la energía anual total utilizada para la iluminación, en función de la energía lumínica anual necesaria para cumplir la función y el propósito del sistema en el edificio y de la energía parásita anual necesaria para proporcionar energía de carga para el alumbrado de emergencia y para la energía de reserva para los controles de alumbrado en el edificio. Con este procedimiento, *cove.tool* considera factores como la densidad de potencia de iluminación (LPD), el factor de iluminancia constante ( $F_c$ ) y el perfil horario. El calor emitido por las luminarias también se incluye en la carga de refrigeración de los edificios y tendrá un impacto en el EUI anual de refrigeración.

A partir de la densidad de potencia de equipos (EPD) y el perfil horario, *cove.tool* es capaz de determinar el EUI por concepto de aparatos durante las horas ocupadas. Estos pueden

incluir dispositivos que se encienden al llegar los huéspedes a la habitación, como secadores de cabello y computadoras personales. El calor emitido por los electrodomésticos también se incluye en la carga de refrigeración de los edificios y tendrá un impacto en el EUI anual de refrigeración.

La plataforma dispone de varios métodos para calcular la carga de ventilación del espacio. La elección va a depender del código de energía seleccionado por el diseñador para el proyecto. En este caso, para el código ASHRAE 2019 corresponde el método referido en el Estándar ASHRAE 62.1: “Ventilación para una Calidad Aceptable de Aire Interior”. Con esta metodología, el cálculo para determinar el flujo de aire exterior requerido se basa en requerimientos respecto al número de ocupantes y el área habitable de la zona de ventilación.

El modelo de referencia se refiere a la norma ISO 13790: “Rendimiento energético de los edificios - Cálculo del uso de energía para calefacción y refrigeración de espacios” para el cálculo de la energía de la bomba. Este constituye un uso de energía auxiliar, relacionado con la circulación de fluidos de calefacción y refrigeración en todo un edificio.

En cuanto al EUI de agua caliente, que se refiere a la energía utilizada para calentar el agua destinada al aseo personal y actividades similares de los ocupantes, el cálculo se basa en la demanda total estimada para el edificio y el sistema elegido para calentar dicha agua. *Cove.tool* permite seleccionar entre 9 tipos de sistemas de generación de agua caliente (eléctrico, caldera VR, caldera HR, caldera de vapor, cogeneración, calefacción urbana y bombas de calor eléctricas de baja, media o alta eficiencia), a los cuales corresponde un coeficiente de eficiencia según sus características específicas.

## **Insumos del Proyecto**

### ***Geometría del Edificio***

En lo referente al edificio analizado, se observa que la distribución de espacios es compacta. En el sentido horizontal (Figura 17-a), las habitaciones, que constituyen los espacios climatizados y típicamente ocupados, se encuentran agrupadas al centro del bloque. Alrededor de estas, se disponen las áreas complementarias que, por el contrario, están naturalmente ventiladas y cuentan con iluminación artificial. En el sentido vertical (Figura

17), el inmueble se desarrolla en tres niveles de similar estructura funcional. Aunque el uso específico de estos espacios varía, desde un enfoque general, las actividades previstas dentro de ellos son similares. En su mayoría, se trata de trabajos ligeros y estancias de reposo, lo que permite asumir que la tasa metabólica es uniforme en todos los espacios del edificio. Estas características favorecen la elección de la simulación energética de una sola zona como la metodología de análisis, haciendo a esta la opción más conveniente y efectiva.

### Figura 17

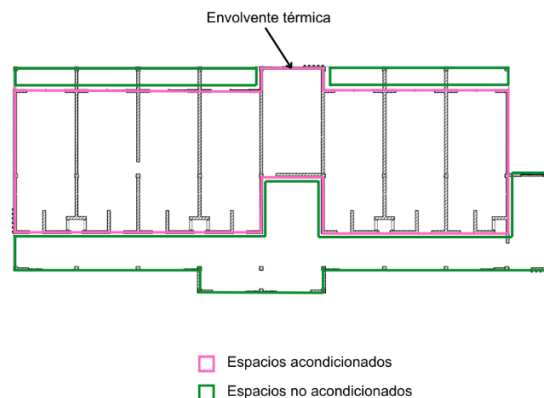
*Distribución de espacios en el edificio.*



En este caso, se puede definir la envolvente térmica del edificio como una línea simple que separa los espacios acondicionados de los no acondicionados (Figura 18). Dentro de este perímetro, quedarían los espacios de interés respecto a su comportamiento térmico y el rendimiento energético de los sistemas tecnológicos. Además, considerando el estado insipiente aún del proyecto, es posible que la distribución interna de las áreas ya delimitadas experimente modificaciones.

### Figura 18

*Envolvente térmica del edificio referencial.*

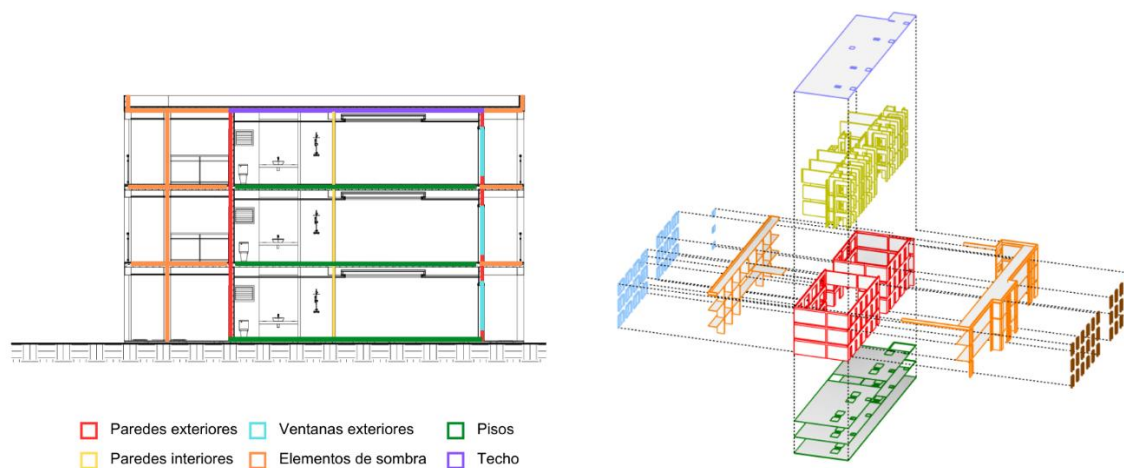


En correspondencia con las recomendaciones para la configuración de un modelo 3D en *cove.tool* (Chopson, 2024), la información geométrica del edificio se importó desde un modelo BIM del proyecto. Dicho modelo fue previamente elaborado en el software Revit e importado al espacio de modelado de la plataforma mediante el plugin diseñado para este propósito.

Tomando en cuenta que el modelo de referencia requiere de una representación de los componentes básicos de la envolvente térmica del edificio, estos se delimitaron y clasificaron teniendo en cuenta su disposición (Figura 19). Se modelaron las paredes y ventanas exteriores, la cubierta y los pisos, que constituyen la geometría mínima necesaria para calcular el uso de energía del edificio a partir de *cove.tool*. Aunque no son elementos obligatorios, también se incluyeron otros componentes, como las paredes interiores, los pisos exteriores y las celosías. Estos elementos adicionales constituyen dispositivos de sombreado. Al incluirlos es posible realizar un análisis más detallado sobre la incidencia de luz natural y el estado de ocupación de los locales.

### Figura 19

*Cerramientos definidos en el modelo.*



A partir del modelo importado, la herramienta de simulación determina los valores de área superficial para cada una de las componentes de la envolvente. En este caso los valores son:

**Tabla 1***Área superficial de las componentes de la envolvente.*

Componente	Área (m <sup>2</sup> )	
	Área ventana (m <sup>2</sup> )	Área pared (m <sup>2</sup> )
<b>Paredes exteriores</b>		
- Norte: FP	-	341.31
- Este: FLD	-	142.66
- Sur: FF	127.78	213.53
- Oeste: FLI	-	142.66
<b>Techo</b>		480
<b>Tragaluz<sup>6</sup></b>		0
<b>Superficie de planta baja</b>		472.5
<b>Puertas</b>		58
<b>Área bajo rasante</b>		0
<b>Profundidad bajo rasante</b>		0
<b>Superficie construida</b>		937.67

*Nota:* FP: Fachada principal, FLD: Fachada lateral derecha, FF: Fachada fondo, FLI: Fachada lateral izquierda.

### ***Código de Energía***

La elección del código de energía se realiza de manera automatizada por la plataforma en función de la ubicación del proyecto. A partir de la información geográfica, *cove.tool* utiliza el mapeo de zonas climáticas globales de ASHRAE y hace corresponder el código de energía más adecuado en cada caso (Chopson P. , 2023). De igual manera los usuarios pueden cambiar esta entrada en función de las intenciones del proyecto.

Para los edificios de uso terciario ubicados fuera de Estados Unidos, como es el caso, la herramienta sugiere el uso de un código de energía equivalente al de ASHRAE – IECC. El modelo en cuestión se realizó utilizando los supuestos del código de energía equivalente ASHRAE 2019: “Norma de energía para edificios, excepto edificios residenciales de baja altura” en su versión de 2019, equivalente al Código Internacional de Conservación de Energía (IECC) 2021, coincidiendo con la sugerencia automática de la plataforma. Para esta

---

<sup>6</sup> A pesar de que existen aberturas en el techo destinadas al recorrido de las tuberías de refrigeración y los bajantes del agua caliente, el área total de estas constituye menos de 1% del área total de la cubierta y su ubicación coincide con los patinejos interiores. En este caso se consideró que la ganancia térmica correspondiente a la incidencia de radiación solar y la ventilación a través de estas aberturas es despreciable, por lo que el área de tragaluz considerada para el análisis energético es cero.

selección, también se consideró la compatibilidad con la normativa vigente en el diseño de edificaciones en Cuba, que se basa principalmente en una versión anterior del propio código, específicamente en la actualización de 1989. Esta diferencia permite incorporar al análisis las innovaciones tecnológicas y los avances en materiales de construcción desarrollados a lo largo de los años, al mismo tiempo que introduce la consideración de requisitos más estrictos en cuanto a eficiencia energética.

### ***Ubicación***

El proyecto está previsto para ser emplazado en el destino turístico Playa Guardalavaca, perteneciente a la provincia de Holguín (Figura 20). A partir de esta información, *cove.tool* hace referencia automáticamente a los datos climáticos más actualizados, en formato *EnergyPlus Weather Format* (EPW), de los proporcionados por el Departamento de Energía de los Estados Unidos (DoE). Estos archivos contienen datos diarios de temperatura, humedad, viento, radiación solar y precipitación, representando un año promedio basado en 30 años de registros. Esto permite que la simulación estime un consumo de energía y costos más precisos, reflejando los patrones climáticos típicos a largo plazo.

### **Figura 20**

*Localización del proyecto.*



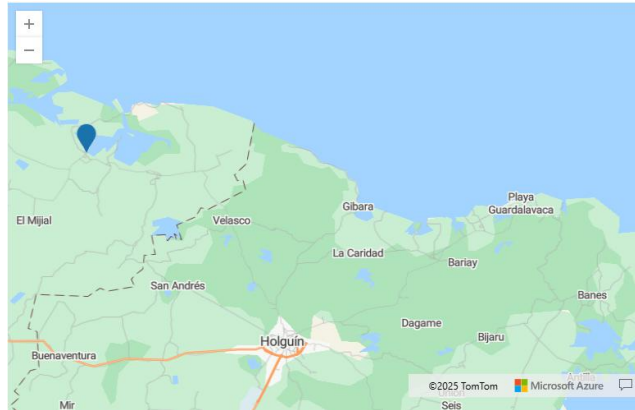
Nota: a) Vista respecto al territorio nacional, tomado de la página Configuración del proyecto, en *cove.tool*. b) Modelado de la ubicación del edificio en la cercanía del acceso principal a la Playa Guardalavaca, tomado de la Análisis 3D del proyecto en *cove.tool*.

En este caso, el archivo meteorológico utilizado como referencia corresponde a la estación meteorológica de Puerto Padre (PUERTO\_PADRE\_CUB) (Figura 21). Los datos responden

a un clima cálido-tropical, con estación lluviosa en el verano, caracterizado por la incidencia de altos valores de radiación solar durante todo el año y circulación tropical y extratropical de manera estacional (ver Apéndice D). Este coincide con el clima predominante en la mayor parte de Cuba (INSMET, 2024) (Haizea Analytics, 2025).

## Figura 21

*Estación meteorológica de Puerto Padre.*



*Nota:* Estación meteorológica de Puerto Padre (señalada en azul), situada a unos 80km de Playa Guardalavaca (a la derecha). Tomada de “Datos meteorológicos”, del DoE, 2025, disponible en <https://energyplus.net/weather>.

## Tipo de Edificio

De los ocho tipos básicos de edificios disponibles para su selección en la página “Configuración del Proyecto” de *cove.tool*, se eligió el prototipo de Hotel como referencia en el análisis (Figura 22). Las tipologías de edificio disponibles corresponden a los prototipos comerciales del PNNL y se utilizan para asignar automáticamente parámetros de simulación, como el tipo de sistema HVAC y la tasa metabólica del edificio.

## Figura 22

*Tipos básicos de edificios en cove.tool.*



*Nota:* Tomado de la página Configuración del proyecto, en *cove.tool*.

## Parámetros de Simulación en el Modelo

En este proyecto, los valores asignados a cada entrada de simulación corresponden a la información descrita en las memorias de proyecto y la normativa de diseño de edificaciones turísticas vigente en Cuba (NC 775:2012). En el caso de los valores no especificados en estas, se mantuvo la estimación automática realizada por *cove.tool* a partir de los insumos del proyecto.

En el caso de las entradas correspondiente a los sistemas de calefacción y generación de agua caliente, no se incluyeron en el análisis bajo la consideración de que en el proyecto no se disponen los sistemas asociados a estas funciones.

### *Valores de Simulación Asociados a la Envolvente*

**Tabla 2**

*Valores de simulación asociados a la envolvente térmica en el proyecto.*

Componente	Valor	Descripción	Fuente
<b>U (W/m²K)</b>			
<b>Paredes exteriores</b>	2.53	Muro de bloques de hormigón con 2 a 3 huecos y doble capa de acabado (repello, resano y pintura), de 0.17 m de espesor.	NC 220-1:2009
<b>Techo</b>	2.22	Losa de hormigón armado con losa de azotea y mortero, de 0.20 m de espesor.	NC 220-1:2009
<b>Ventanas</b>	4.17	Ventanas de vidrio incoloro sencillo, de 6 mm de espesor (ver Apéndice E).	NC 220-1:2009
<b>Puertas</b>	2.41	Puertas de madera contrachapada, de 0.045 m de espesor (ver Apéndice E).	NC 220-1:2009
<b>Suelo de planta baja</b>	0.064	Losa de piso, sin calefacción, de un edificio no-residencial en la zona climática 1 de ASHRAE.	Taylor, 2018
<b>SHCG</b>			
<b>Ventanas</b>	0.57	Ventanas de vidrio incoloro sencillo, de 6 mm de espesor, con cortinas de color claro en el interior.	NC 220-1:2009
<b>Emisividad</b>			
<b>Paredes</b>	0.90	Pintura de color claro.	NC 220-1:2009
<b>Techo</b>	0.95	Cubierta de hormigón claro.	NC 220-1:2009

### Otros

<b>Persianas/Cortinas</b>	Sin persianas	Por el tipo de uso previsto, se consideran ventanas normalmente descubiertas: SFD=1 (factor de dispositivo de sombra)	-
<b>Capacidad calorífica de la envolvente (J/K)</b>	260.000	Valor promedio propuesto por <i>cove.tool</i> para un ensamblaje pesado, que incluye paredes exteriores de bloques de hormigón.	-

### Valores de simulación asociados al sistema HVAC.

**Tabla 3**

Valores de simulación asociados al sistema HVAC en el proyecto.

Concepto	Valor	Descripción
<b>Tipo de sistema HVAC</b>	Split DX	Equipos individuales de expansión directa del tipo partido ( <i>Split</i> ).
<b>Valor de carga parcial integrada (IPLV)</b>	Sin enfriador	Sin carga parcial integrada
<b>Coefficiente de rendimiento del sistema de enfriamiento (COP)</b>	3	Valor típico de acuerdo al tipo de sistema HVAC.
<b>Recuperación de calor</b>	Sin recuperación	No se recupera energía del aire acondicionado dentro del edificio.
<b>Factor de control de flujo del ventilador</b>	Sin control	Sin asignación de factores de control para ventiladores.
<b>Potencia específica del ventilador (SFP)</b>	Ventilación local	Unidades de ventana/pared/techo.
<b>Tipo de ventilación</b>	Natural	Ventanas deslizantes (50% de área libre para ventilación). Relación área de ventana/ área de piso de 12.6%.
<b>Tasa de aire exterior por persona (L/s/persona)</b>	4.16	Caudal mínimo de aire exterior requerido por persona en habitaciones y suites para hoteles en Cuba.
<b>Tasa de aire exterior por área (L/s/m<sup>2</sup>)</b>	0.33	Caudal mínimo de aire exterior requerido por superficie en habitaciones y suites para hoteles en Cuba.
<b>Infiltración (m<sup>3</sup>/h/m<sup>2</sup>)</b>	1.84	Valor promedio estimado propuesto por <i>cove.tool</i> , a partir de la EN 15242, considerando el tipo de edificio.
<b>BMS</b>	Sencillo	Temperatura de punto de ajuste constante, regulación de humedad limitada (dependiente del equipo de enfriamiento) y apagado/encendido manual y automático de las luces en

		las habitaciones. Sin regulación respecto a la luz natural y operación manual de cortinas. (Norma EN 15232: Clase C).
<b>Control de ventilación</b>	Apagado durante las horas no ocupadas	Sin asignación de criterios de control para ventiladores.
<b>Porcentaje de recirculación de aire de escape</b>	Ninguno	No se producirá la recirculación de aire de escape.
<b>Control de bomba para enfriamiento</b>	Sin bomba	El sistema no tiene bombas para la circulación de fluidos de refrigeración.

### *Valores de Simulación Asociados a los Usos Y Horarios*

**Tabla 4**

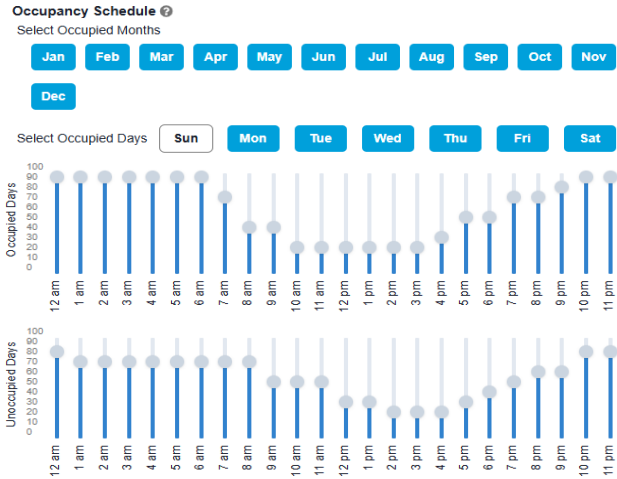
*Valores de simulación asociados a los usos y horarios.*

<b>Concepto</b>	<b>Valor</b>	<b>Descripción</b>
<b>Sensores de ocupación</b>	50%	Alrededor de la mitad de la superficie construida del edificio (habitaciones) está equipada con sensores de ocupación.
<b>Sensores de luz diurna</b>	0%	No hay espacios equipados para atenuar/apagar las luces cuando hay suficiente luz diurna.
<b>Densidad de potencia de iluminación exterior (LPD) (W/m<sup>2</sup>)</b>	7.3	Valor de LPD general (ver Apéndice E).
<b>Potencia de iluminación exterior (W)</b>	0	No se consideró la carga de iluminación para áreas exteriores en el análisis.
<b>Uso del electrodoméstico (W/m<sup>2</sup>)</b>	2.6	Densidad de potencia por salida de tomacorriente por área de piso acondicionada en hoteles de Cuba (NC 220-3, 2009).
<b>Tasa metabólica (valor MET)</b>	70	Las actividades fundamentales dentro de la edificación son el descanso y trabajos ligeros (0.7-1 met).
<b>Punto de ajuste de enfriamiento (°C)</b>	24	Punto de ajuste del termostato para el enfriamiento del edificio en hoteles de Cuba (NC 220-3, 2009).
<b>Retroceso de enfriamiento (°C)</b>	24	Retroceso de enfriamiento fijado en el SCADA, según la memoria de proyecto
<b>Total de ocupantes</b>	50	42 huéspedes (en función de las camas por habitación) y 3 camareras (una por cada nivel) como personal de permanencia.

Además de definir los factores de densidad de ocupación, iluminación y uso de electrodomésticos, estos son multiplicados por los respectivos multiplicadores porcentuales, de acuerdo con los horarios de ocupación y uso establecidos para cada caso. Esto permite calcular las cargas reales de cada sistema durante el año. A través de la función “Horarios detallados”, en la página de “Energía de referencia del proyecto”, se definieron dichos porcentajes (Figura 23, Figura 24 y Figura 25).

**Figura 23**

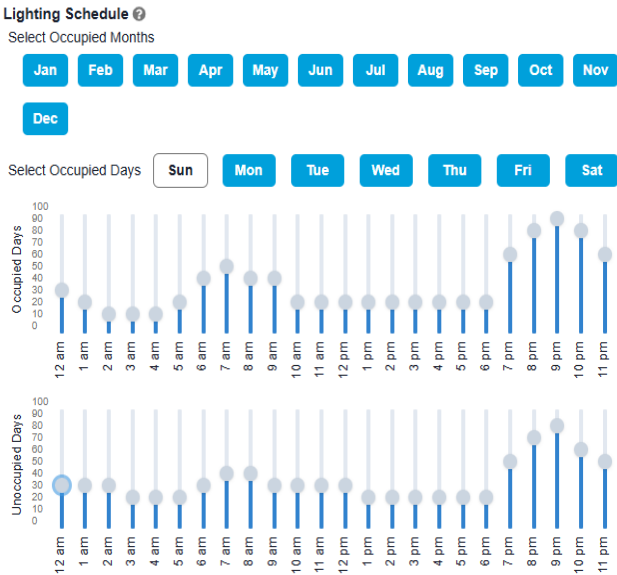
*Horarios de ocupación detallados.*



Nota: Los porcentajes de ocupación se definieron de acuerdo con la norma NC 220-3:2009.

**Figura 24**

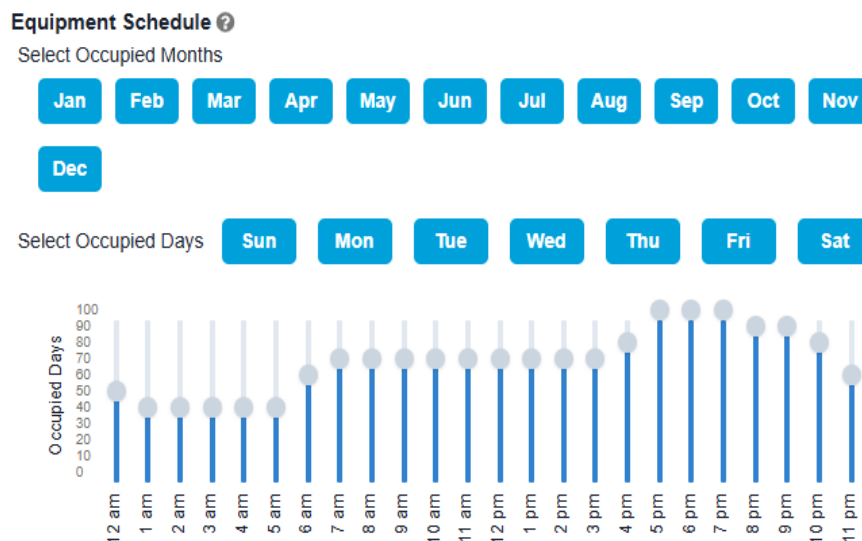
*Horarios de uso de iluminación artificial detallados*



Nota: Los porcentajes de uso de iluminación artificial se definieron de acuerdo con la norma NC 220-3:2009.

## Figura 25

*Horarios de uso de electrodomésticos detallados.*



*Nota:* Los porcentajes de uso de electrodomésticos corresponden a los definidos de manera automática por *cove.tool*, a partir del código de energía seleccionado como referencia. A pesar de que en la normativa nacional (NC 220-3, 2009) no se definen porcentajes referenciales, sí se especifica que los equipos operan todos los días del año bajo la misma dinámica, por lo que no se consideraron días no ocupados.

## *Valores de Simulación Respeto a las Entradas Generales*

### Tabla 5

*Valores de simulación respeto a entradas generales.*

Concepto	Valor	Descripción
<b>Tipo de edificio 2030</b>	Hotel	Edificios que disponen alojamiento tipo habitación/suite y por noche. Incluyen un baño/ducha y otras instalaciones en las habitaciones. Disponen de servicios diarios para los huéspedes, como servicio de limpieza/lavandería y recepción/conserje.
<b>Tipo de ubicación del edificio</b>	Rural	Área escasamente poblada, con edificios limitados alrededor.
<b>Tarifa de servicio de electricidad (CUP/kWh)</b>	3.13	Tarifa plana (B1) para el servicio eléctrico de instalaciones del sector no-residencial.

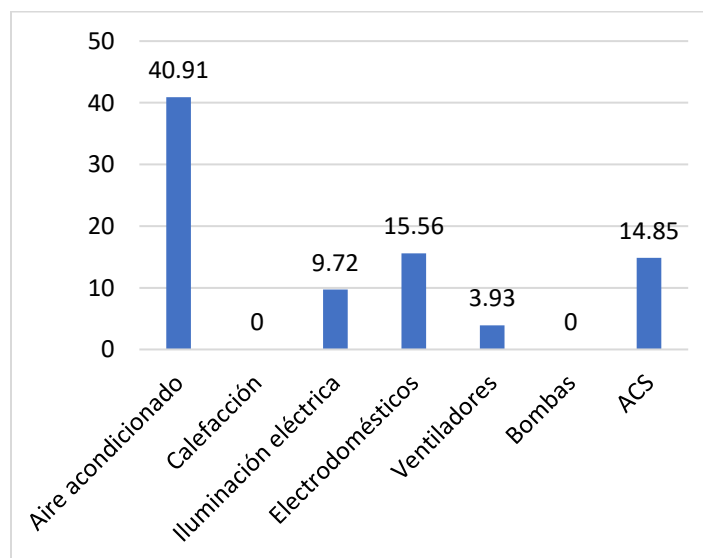
## Balance Energético de Línea Base

A partir de los procedimientos y las entradas de simulación, *cove.tool* estima con exactitud el EUI de referencia completo propuesto, considerando siete usos claves: calefacción, refrigeración, iluminación, equipos, ventiladores, bombas y agua caliente. Los resultados se muestran en la página “Energía base del proyecto”, donde además se incluye un desglose por uso final.

En este caso, se prevé que el EUI total del edificio será de 84.97 kWh/m<sup>2</sup>/año, con energía eléctrica como única fuente primaria. Los sistemas de calefacción y bombas, no constituye usos de energía en el edificio. La carga de calentamiento del edificio es cero; esto significa, básicamente, que el sistema de calefacción no se encenderá. El punto de ajuste de calentamiento y de retroceso del sistema son más bajos que la temperatura interior de una edificación ubicada en la zona térmica del proyecto (Zona 1, ASHRAE). De igual manera, el sistema HVAC definido en el proyecto no requiere la circulación de fluidos para calefacción o refrigeración, por lo que no se reporta consumo de energía asociada a las bombas con esta función. Como resultado, la demanda de energía del edificio estará repartida entre los sistemas de enfriamiento, iluminación, ventiladores y electrodomésticos únicamente (Figura 26).

**Figura 26**

*Balance energético de línea base.*



Actualmente, no existe un IDEn para el sector turístico que sirva como punto de comparación para contrastar los datos obtenidos. La mayoría de los estudios nacionales utilizan los indicadores basados en HDO y consideran mediciones generales respecto al uso de electricidad.

Como alternativa, algunos investigadores (Ruiz, 2016) (Collado y otros, 2018) (Martínez & Álvarez, 2022) ya proponen como referencia indicadores más objetivos, como el EUI, basados en la superficie construida de las edificaciones. Esta propuesta se sustenta en la consideración de que las dimensiones geométricas y los usos previstos para una edificación son determinantes directos de la demanda de energía de la misma.

En el caso del subsector hotelero cubano, *cove.tool* sugiere un EUI de referencia de 231 kWh/m<sup>2</sup>/año. Este valor coincide con el obtenido por Collado, Rueda & Couret (2018), a partir del análisis de 54 hoteles en la ciudad de la Habana, y puede considerarse un valor representativo y razonable para el sector. El índice de desempeño obtenido para el proyecto se encuentra considerablemente por debajo del promedio estimado para el sector. No obstante, este resultado no implica necesariamente que el proyecto sea altamente eficiente.

Es fundamental considerar que IDEn referencial está dado en función de la superficie construida total (habitualmente ocupada) de los hoteles analizados. Esta superficie abarca no solo el subsistema habitacional —como es el caso del modelo analizado—, sino también otros que, por lo general, presentan un consumo energético más intensivo. Esto se debe a que concentran cargas instaladas elevadas en áreas relativamente pequeñas. Entre estos espacios se incluyen cocinas, restaurantes y salones de reuniones, los cuales suelen estar climatizados y equipados, y representan una carga fija significativa (Ruiz, 2016; Paz, 2019).

Si bien los bloques habitacionales suelen aportar una parte importante del consumo absoluto de energía en hoteles ubicados en climas tropicales, debido al uso intensivo de aire acondicionado, no suelen ser los espacios de mayor intensidad energética, ya que ocupan una mayor proporción del área, por lo que la resultante de la relación energía-área es menor que el de otras áreas.

Al igual que Paz (2019) señala cómo registrar los datos del consumo energético por subsistemas, considerando los usos previstos, permite indagar en las causas que lo

determinan, la simulación energética bajo esta premisa podría estar aportando datos energéticos más específicos para el sector.

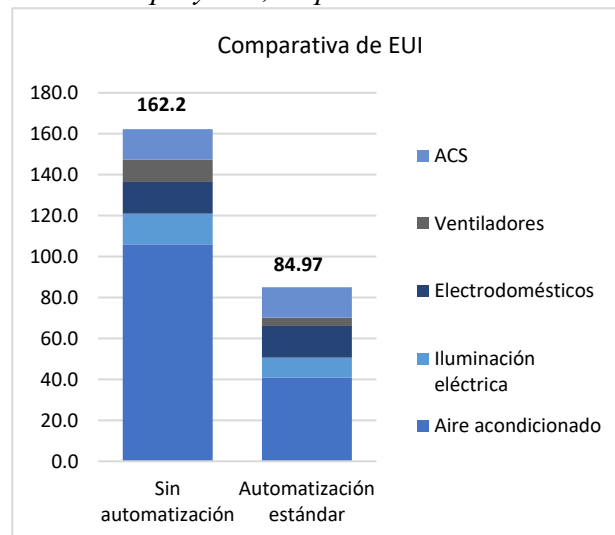
También se debe considerar que el consumo energético promedio de los hoteles cubanos es elevado, e incluso en ocasiones irracional, en comparación con las referencias regionales e internacionales (Collado y otros, 2018). Resultados de simulación energética muy por debajo de los datos reales de consumo apuntan a ser un indicador de deficiencias en las prácticas de consumo, cultura energética o instalaciones con una eficiencia por debajo de la mínima establecida por los códigos de energía prescriptivos.

En cualquiera de los casos los datos no resultan ser concluyentes respecto a la línea base sectorial. Lo que refuerza la necesidad de acopiar datos energéticos del sector que permitan llegar a un entendimiento de los niveles de eficiencia energética de sus edificaciones.

No obstante, dado que el modelo está basado en las condiciones climáticas estándar en el país, así como prácticas constructivas, de ocupación y uso normalizadas en el sector, los índices de consumo obtenidos pueden tomarse como una referencia objetiva, tanto para comparar como para caracterizar, las villas habitacionales de hoteles de alto estándar. En estas, el nivel de automatización es típicamente estándar, en correspondencia con la normativa local. En los proyectos donde no se cuenta con la incidencia de BACS, deben considerarse índices de consumo superiores (Figura 27).

### Figura 27

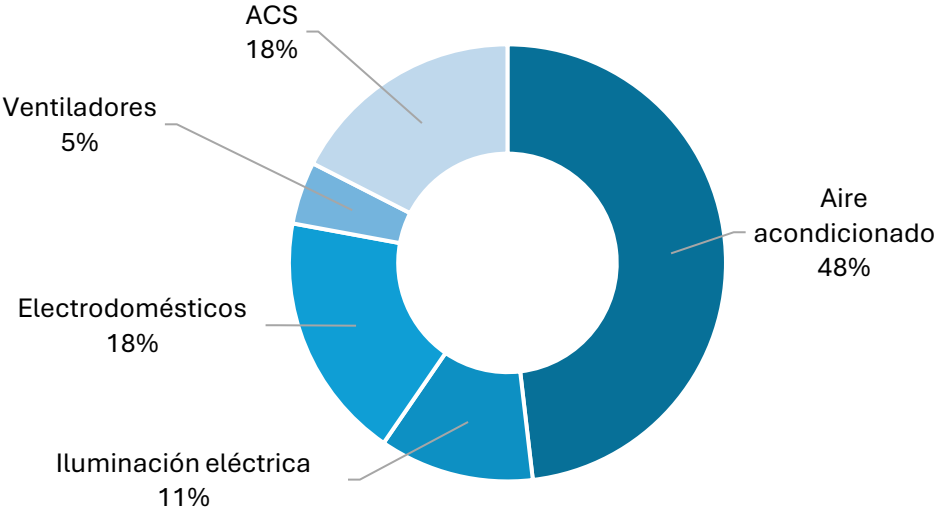
*Comparativa del EUI previsto en el proyecto, respecto a la incidencia de BACS.*



Respecto al balance en el uso de energía eléctrica, la mayor incidencia corresponde al uso del aire acondicionado, un comportamiento característico de los hoteles del país y de los hoteles de playa en climas tropicales húmedos en general (ONURE, 2015) (SEMARNAT, 2020). A continuación, los electrodomésticos y la iluminación artificial representan los siguientes mayores consumos, respectivamente (Figura 28).

**Figura 28**

*Balance energético previsto para el proyecto.*



## Conclusiones Parciales

A partir de los resultados obtenidos durante el proceso de modelado y simulación energética, se pueden establecer las siguientes conclusiones:

- La simulación energética de edificaciones, utilizando HSE especializadas, es una metodología altamente eficaz para predecir y analizar el consumo de energía en edificios, especialmente si estas se encuentran etapas iniciales del diseño.
- La plataforma de modelado y simulación energética *cove.tool* se presenta como una herramienta altamente efectiva para arquitectos y diseñadores enfocados en la optimización energética de edificaciones. Su utilidad resulta particularmente relevante en el contexto del subsector hotelero cubano, donde no se dispone de IDEn específicos para este tipo de edificaciones y las posibilidades de intervención en tiempo real son limitadas.
- El modelo desarrollado a partir de dicha herramienta pudiera servir como plantilla para proyectos equivalentes, ya que incorpora los parámetros establecidos por las normativas de diseño para edificaciones turísticas (condiciones exteriores de diseño, materiales típicos, dispositivos de sombreado, etc.), las directrices del código energético referencial del país (densidades ocupación y uso de iluminación y electrodomésticos, tasa de aire exterior, eficiencia de los equipos, etc.) y las características de las edificaciones turísticas representativas en Cuba.
- Considerando la influencia de las variables meteorológicas del sitio, la geometría del edificio y el uso y ocupación de los espacios, se estima que el mayor consumo se asociará al sistema de aire acondicionado, con un 48 % de la energía total, seguido por el uso de electrodomésticos (18 %) y la iluminación artificial (11 %).
- No se dispone de datos normalizados de comparación (*benchmarking*) para edificaciones de uso exclusivamente habitacional dentro del subsector hotelero cubano que sirvan como referencia para un análisis comparativo que ponga en contraste los resultados obtenidos con la realidad actual del sector. Sin embargo, los índices de consumo obtenidos podrían servir como referencia para futuras investigaciones centradas en este tipo de construcciones y el impacto de las soluciones de automatización en estas.

- Aunque el análisis realizado no incluyó el sistema solar térmico previsto en el proyecto de referencia, se reconoce su impacto positivo en los patrones de consumo energético del edificio, al cubrir la mayor parte de la generación de agua caliente para uso doméstico mediante fuentes renovables de energía (Ver Apéndice I).

## **Propuesta y Evaluación de Medidas de Automatización Energética Aplicables al Proyecto**

En esta sección se evalúa el ahorro energético asociado a un sistema de control avanzado, orientado a la gestión eficiente de los sistemas de climatización (HVAC) e iluminación eléctrica de una villa compuesta enteramente de habitaciones proyectada para el sector turístico cubano. Como línea base para la evaluación, se consideró la intensidad de uso de energía estimada para la propia edificación, considerando un proyecto de automatización estándar para el sector.

Las distintas estrategias de automatización propuestas fueron diseñadas teniendo en cuenta el uso previsto de la edificación, su emplazamiento y, fundamentalmente, el potencial de ahorro eléctrico en aquellos sistemas que típicamente representan la mayor demanda energética. Estas soluciones constituyen alternativas orientadas a optimizar la eficiencia energética del caso base. En conjunto, la propuesta busca representar un avance con respecto a la normativa vigente y a las prácticas constructivas comúnmente adoptadas en el contexto nacional.

### **Propuesta de Medidas de Automatización Energética**

#### ***Control de Temperatura***

Utilizando el modelo conceptual del edificio previamente desarrollado, se estimó su rendimiento energético considerando puntos de ajuste de enfriamiento superiores al valor establecido en el proyecto base, que fija 24 °C y 18 °C como temperatura de referencia y temperatura mínima de operación respectivamente en el termostato de cada habitación. Considerando una carga térmica resultante menor, es posible determinar la cantidad de electricidad que se dejaría de utilizar en cada caso, a partir de la siguiente expresión:

$$AES_{TS} = TEC * \%EST_{22-n}$$

Donde:

$AES_{TS}$ : ahorro anual de energía, debido al aumento de punto de ajuste de enfriamiento, respecto al consumo total del edificio;

$TEC$ : consumo total de energía del edificio;

$\%EST_{22-n}$ : porcentaje de ahorro de energía, debido al aumento de punto de ajuste de enfriamiento de la referencia al valor n, respecto al consumo total de energía del edificio.

En el caso específico del edificio analizado, una variación de 1 °C en el ajuste de enfriamiento implica una reducción de casi el 25% en el consumo energético del sistema de aire acondicionado basado en *multi-split*, y del 10 % al 12 % en el consumo total de energía del edificio (Tabla 6). Ajustes mayores, determinan ahorros proporcionales. Esto se debe a que la energía consumida por los sistemas de AC es directamente proporcional al calor eliminado y este, a su vez, depende de la diferencia entre las temperaturas exterior e interior del diseño.

**Tabla 6**

*Ahorro de energía asociado al aumento del punto de ajuste de enfriamiento.*

Ajuste de enfriamiento	Ahorro de energía		Rendimiento energético
	$AES_{TS}$ (kWh-evitados/año)	$\%ES_{AC}$	EUI (kWh/m <sup>2</sup> /año)
24°C	-	-	85
25°C	9,560.9	24.92	75
26°C	17,528.2	45.69	66
27°C	23,902.1	62.31	59
28°C	29,479.3	76.85	54

*Nota:*  $\%ES_{AC}$  es el porcentaje de ahorro de energía, debido al aumento de punto de ajuste de enfriamiento, respecto al consumo del sistema de AC.

Para seleccionar el ajuste más eficiente entre estos, es necesario considerar no solo el potencial de ahorro energético, sino también los requisitos de confort térmico de la edificación. Aunque el confort es, en general, altamente subjetivo, es posible establecer un valor de referencia para garantizar un control adecuado de la temperatura en los edificios. Para ello, es necesario considerar varios factores y parámetros que influyen directamente en la calidad de un determinado ambiente interior (Marchante & González, 2020).

La sensación térmica, expresada a través de índice PMV (siglas en inglés de *Predicted Mean Vote*), que experimentarían los huéspedes en las habitaciones del hotel considerando los factores y parámetros de diseño, se evaluó mediante el método analítico establecido en el estándar ASHRAE-55 para espacios climatizados (2013). Para ello, se utilizó la herramienta de estudio del confort térmico del *Center for the Built Environment (CBE)*, *CBE Thermal*

*Comfort Tool*. Los resultados del estudio arrojaron que la mayoría de los ocupantes (90% o superior) estarían cómodos a una temperatura de entre 24.3 °C y 28.1 °C, suponiendo que estén usando ropa de verano y las actividades a realizar sean sedentarias. Considerando un índice de confort menos exigente y actividades puntuales, como el descanso, los valores de ajuste podrían ser incluso mayores (Tabla 7).

**Tabla 7**

*Índices de confort previstos para diferentes escenarios.*

Factores y Parámetros	Escenarios								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$T_{op}$ (°C) *	22.5	23.0	25.0	<b>24.3</b>	27.4	28.6	<b>28.1</b>	31	28.5
$v$ (m/s)	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.25	0.2	0.25	0.2
$H_r$ (%)	50	50	50	50	50	50	50	50	50
$Tasa_{met}$ (met)	1.2	1.0	1.0	1.0	0.8	1.0	1.0	0.7	1.0
	(De pie, relajado)	(Sentado, tranquilo)	(Sentado, tranquilo)	(Sentado, tranquilo)	(Reclinado)	(Sentado, tranquilo)	(Sentado, tranquilo)	(Durmiendo)	(Sentado, tranquilo)
$I_{cl}$ (clo)	0.57	0.57	0.57	0.57	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
SET(°C)	22.4	22.4	23.8	23.8	26.0	26.5	26.5	28	26.9
<b>Índice de confort</b>									
	-0.59	-0.94	-0.60	-0.49	-0.44 (9%)	0.50 (10%)	0.47	0.14 (5%)	0.62 (13%)
<b>PMV (PPD)</b>	(12%)	(24%)	(12%)	(10%)	(9%)	(10%)	(10%)	(5%)	(13%)
<b>[Escala]</b>	[Un poco fresco]	[Un poco fresco]	[Un poco fresco]	[Neutral]	[Neutra]	[Neutral]**	[Neutral]	[Neutral]**	[Ligeramente cálido]

Nota:

Donde:

$T_{op}$ : Temperatura operativa

$v$ : Velocidad media del aire

$H_r$ : Humedad relativa

$Tasa_{met}$ : Tasa metabólica

$I_{cl}$ : Índice de arropamiento

SET: Temperatura efectiva estándar

PPD: Porcentaje de insatisfacción previsto

\*El estándar ASHRAE-55 considera que, en interiores, la temperatura radiante media es cercana a la temperatura de bulbo seco. La temperatura operativa puede definirse como el promedio de ambas.

\*\*Velocidad de aire elevada.

Este rango de confort es mayor al establecido por la normativa en el país (Tabla 8). Una dinámica similar se ha observado en otros países con clima cálido-húmedo. Damiati, Zaki y Wonorahardjo (2016) comprobaron, a partir de un estudio realizado con 325 encuestados adaptados a este tipo de clima, de Malasia, Indonesia, Singapur y Japón, que más del 80% de

los participantes se sentían cómodos cuando la temperatura oscilaba entre 24.5 y 30 °C. Sin embargo, la normativa local de estos países establece la temperatura de confort entre 24 y 26 °C, excepto en Japón, donde se establece en 28 °C. Esto sugiere la posibilidad de actualizar las referencias de diseño para este tipo de climas, considerando ajustes menos exigentes.

**Tabla 8**

*Temperatura operativa del sistema de AC, según el estudio realizado y la normativa local vigente.*

Ubicación	Condición	PMV(ASHRAE-55)		NC 220-3		NC 775-6	
		$T_{op}$ (°C)	Desviación	$T_{op}$ (°C)	Desviación	$T_{op}$ (°C)	Desviación
<b>Guardalavaca, Cuba</b>	Sistemas de climatización	26.2	1.9	24	2	24.5	0.5

*Nota:*  $T_{op}$ : Temperatura operativa.

Adicionalmente, es necesario considerar un punto de retroceso de enfriamiento para el sistema. De acuerdo con el estándar ASHRAE 90.1 (2019), los sistemas de enfriamiento deben estar equipados con controles capaces de reiniciar automáticamente y operar temporalmente el sistema de enfriamiento mecánico, según sea necesario, para mantener las temperaturas de la zona a un punto ajustable al menos 5 °F (2.8 °C) por encima de la temperatura de referencia considerada durante las horas de ocupación. Esta medida permite evitar altos niveles de humedad en el espacio y, por consiguiente, la proliferación de hongos y bacterias en climas con altos índices de humedad (Chopson, 2024). Además, de esta manera se minimiza el régimen de paradas y arranques sucesivos del sistema de enfriamiento, mejorando su desempeño energético y extendiendo su vida útil.

Con base en estos resultados, sería posible establecer un ajuste de enfriamiento y retroceso de enfriamiento de 26 °C y 29 °C respectivamente, para las condiciones normales de operación del sistema. No obstante, es importante resaltar dicha selección considera las preferencias térmicas de usuarios adaptados al clima tropical<sup>7</sup>, la realización de actividades

<sup>7</sup> La percepción térmica puede verse influida por una amplia variedad de factores complejos, tanto objetivos como subjetivos, entre los que se incluyen el entorno climático habitual o de referencia, así como las preferencias personales, culturales y sociales (Pistore y otros). La llegada de turistas procedentes de distintos

pasivas, la disposición preliminar de los usos y la geometría de los espacios y los datos climáticos del sitio registrados hasta hoy. Considerando la variabilidad de estos factores, es posible que los puntos de ajuste propuestos requieran actualizarse conforme evolucione la edificación.

En este marco, se propone la implementación de un sistema de control de temperatura para el AC, el cual incorpora funciones automáticas de ajuste y retroceso del enfriamiento. Dichas funciones se basan en un algoritmo que opera mediante tres modos básicos de funcionamiento, diseñados para responder de manera dinámica a las condiciones térmicas del entorno y al patrón de ocupación del edificio (Figura 29).

Una vez verificada tanto la condición de “cerradas” para puertas y ventanas como la permanencia de los ocupantes durante un período predefinido, el sistema activa automáticamente la operación en modo **Ocupado**. En este modo, el control del aire acondicionado se realiza a través del sistema *multi-split*, permitiendo al huésped seleccionar la temperatura deseada. No obstante, el sistema establece internamente un límite mínimo de temperatura de enfriamiento, basado en las especificaciones técnicas del equipo y en los criterios de diseño del sistema, con el objetivo de optimizar el consumo energético y garantizar una operación segura. Dicho límite inferior podría ser perfectamente 23 °C, previendo una exigencia de enfriamiento por parte del huésped mayor a la prevista en el diseño.

El modo **Desocupado** se activa una vez que ha transcurrido un tiempo determinado, establecido en el controlador, sin que el sensor de presencia haya detectado personas en la habitación. En este estado la referencia de enfriamiento que el sistema asocia al equipo es de 29°C. Para salir de este estado es necesaria la detección de presencia en el interior de la habitación.

El modo **Espera** comienza cuando el controlador ha estado en modo desocupado durante un tiempo suficiente, determinado en la programación del sistema. En este modo se desactiva la unidad interior de la habitación, en busca de un mayor ahorro energético. El compresor no

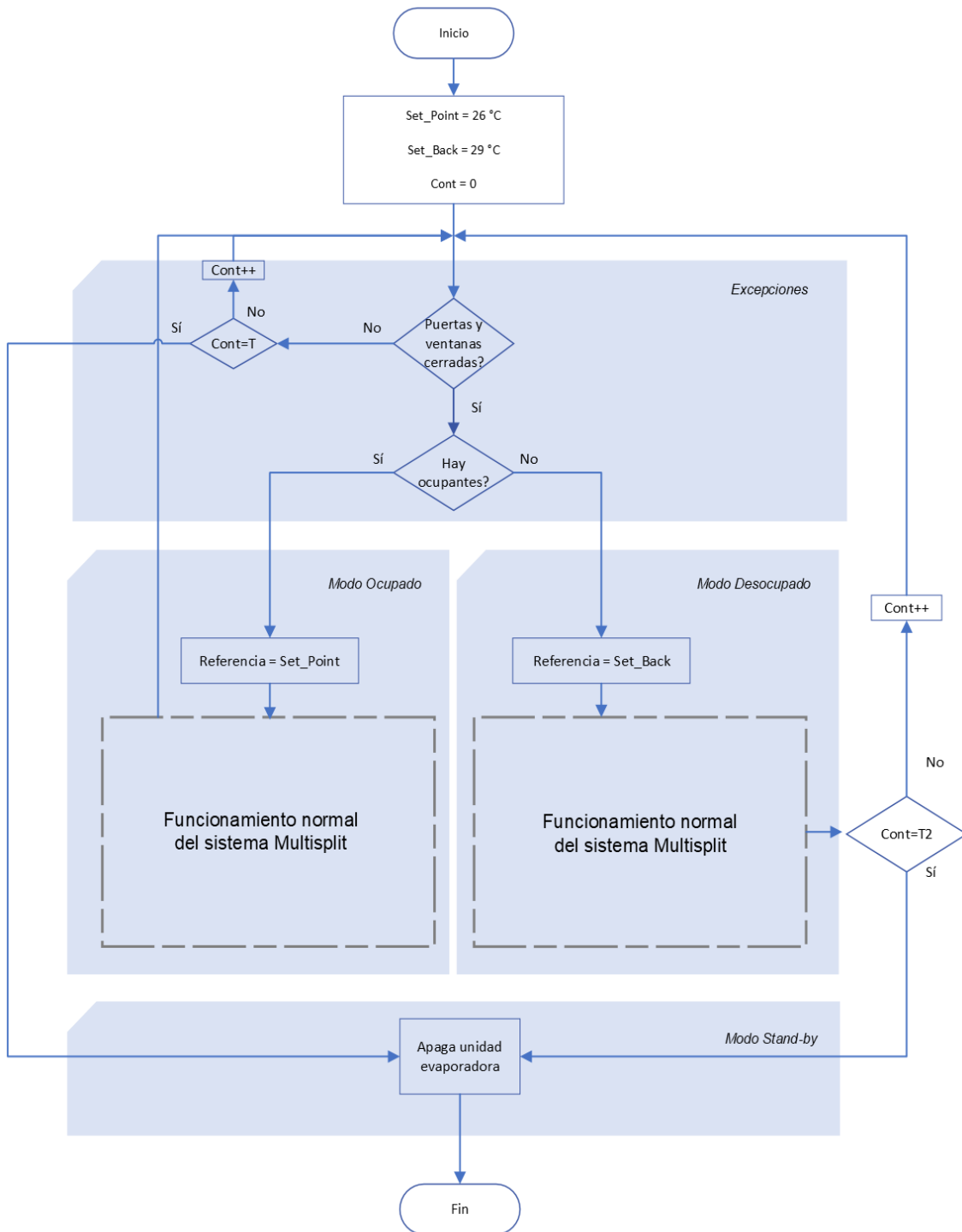
---

países emisores podría generar diferencias en las preferencias de confort térmico entre los clientes que coinciden en el edificio analizado.

sufre ningún daño, al remover la alimentación de la unidad interior el compresor se reajusta automáticamente para generar solamente la carga demandada. El controlador sale de este modo una vez que detecta presencia o se vuelve a activar el sistema de enfriamiento.

**Figura 29**

*Diagrama de flujo del sistema de control de temperatura en habitaciones.*



**Leyenda:**

**Cont:** Contador interno del sistema

**Cont=T:** El sistema asigna al contador un tiempo de referencia previamente definido.

**Cont++:** Se aumenta el valor fijado al contador en un intervalo previamente definido.

*Nota:* El diseño considera que el sistema de control se activará al mismo tiempo que el sistema de AC, lo cual puede suceder según los criterios definidos por la gerencia del hotel: al momento del ingreso de un ocupante a la habitación, al encenderse la unidad interior del sistema *multi-split*, y/o bien al confirmarse la llegada de los huéspedes mediante el sistema de gestión.

Adicionalmente, es necesario configurar las situaciones excepcionales correspondientes al sistema como, por ejemplo, la apertura de puertas o ventanas. Las excepciones son casos especiales de la funcionalidad del equipo y se configuran con el objetivo de apoyar los modos de operación básicos y mantener los parámetros de confort según el diseño previsto.

En el proyecto base se contempla la instrumentación necesaria para un control proporcional con histéresis térmica previsto para un sistema de AC del tipo *multi-split*. Este contempla la instalación en cada habitación de sensores de presencia, contactos magnéticos de puertas y ventanas, termostato de habitación táctil, equipos de clima con posibilidad de comunicación de control y un controlador de habitación (HRC, *hotel room control*) con opción de control de clima (Ver Apéndice F).

Esta configuración puede considerarse una práctica estándar en el subsector hotelero del país; la mayoría de los proyectos actuales optan por la migración del tradicional control por interruptores de tarjetas (dispositivos ópticos) al control por sensores de presencia, dado que los primeros son altamente sensibles a manipulaciones (Bermúdez, 2023; Chiang-Rodríguez y otros, 2024). Sin embargo, aunque el objetivo principal del ajuste inteligente de temperatura es disminuir la demanda del sistema de AC, típicamente se sigue considerando una zona neutral (rango de temperatura de operación) relativamente baja (entre los 18 °C y los 24 °C).

La actualización de este criterio de diseño, según la presente propuesta, no requiere necesariamente modificaciones en la instrumentación existente. Puede implementarse sin intervenciones físicas, limitándose únicamente a una actualización en la programación del sistema. De este modo, no se generarían costos adicionales ni sería necesario realizar ajustes en la ubicación de sensores o en el trazado de tuberías para lograr una mejora considerable en el desempeño del sistema, incluso en instalaciones ya existentes.

## ***Control de Iluminación***

Al igual que para el sistema de AC, el proyecto de referencia contempla el uso de detectores de presencia para gestionar de manera dinámica el funcionamiento de los circuitos de iluminación. En este caso, la ocupación es una variable para considerar tanto en las habitaciones como en los pasillos y las escaleras. Sin embargo, una alternativa que serviría para complementar el diseño, haciéndolo más eficiente, es la incorporación de dispositivos de detección de luz natural. Estos permiten modular o desactivar la alimentación de las luminarias en función del nivel de luz ambiental.

El 18% de la energía que se estima necesitará el edificio analizado para su funcionamiento corresponde a la iluminación eléctrica. Según lo establecido en el proyecto base, el modelo no consideró la influencia de fotosensores capaces de regular la operación del sistema de alumbrado. Las razones principales de esta omisión incluyen el desconocimiento de sus beneficios, la no exigencia normativa de su aplicación en inversiones turísticas y la percepción de que implican una alta inversión inicial. No obstante, esta omisión limita el aprovechamiento de la orientación al exterior de la mayoría de las áreas de servicio, como vestíbulos, balcones y escaleras, que podrían beneficiarse de la iluminación natural durante gran parte del día.

Dado que el modelo del edificio se ha realizado considerando una única zona (LPD promedio ponderado), no es posible evaluar de manera específica el impacto de la regulación de la iluminación en función de la luz natural en áreas particulares del espacio. No obstante, puede utilizarse una referencia general basada en el porcentaje del área total del edificio donde se implementa el control de iluminación mediante sensores de luz natural. En la sección Optimización, se determinó el porcentaje de ahorro energético respecto al EUI de línea base ( $\%EST_{ef\ build}$ ) asociado al uso de fotosensores en el 50% o el 100% del área construida del edificio (

Tabla 9). El ahorro en el uso de energía eléctrica resultante está determinado por la siguiente expresión:

$$AES_{lighting} = TEC * \%EST_{ef\ lighth}$$

Donde:

$AES_{lighting}$ : ahorro anual de energía, debido al uso de iluminación eficiente;

$TEC$ : consumo total de energía del edificio;

$\%EST_{ef\ build}$ : porcentaje de ahorro de energía, debido al uso de iluminación eficiente, respecto al consumo total de energía del edificio.

**Tabla 9**

*Optimización del EUI base mediante el control de iluminación respecto a la incidencia de luz natural.*

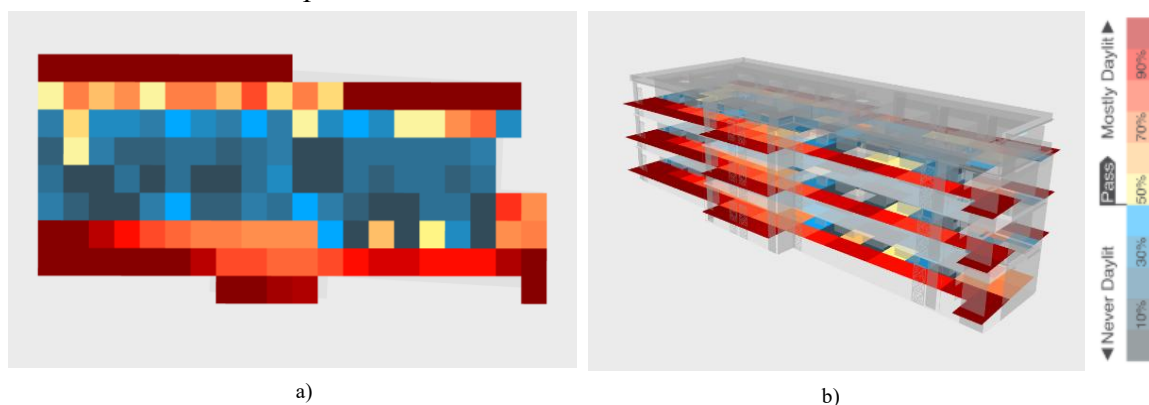
Área de cobertura del sistema	Ahorro de energía previsto		Rendimiento energético
	$AES_{TS}$ (kWh- evitados/año)	$\%ES_{lighting}$	EUI (kWh/m <sup>2</sup> /año)
0%	-	-	85
50-60%	1,593.5	17.48	83
100%	3,187.0	21.84	82

*Nota:*  $AES_{lighting}$ : ahorro anual de energía, debido uso de fotosensores, respecto al consumo de energía del sistema de iluminación.

Para verificar el desempeño del diseño en términos de aprovechamiento de la luz natural, se empleó como indicador la Autonomía Espacial de Luz Diurna (sDA, por sus siglas en inglés: *Spatial Daylight Autonomy*), bajo límites previamente establecidos. Este índice permite evaluar el porcentaje del área de un espacio que alcanza determinado nivel mínimo de iluminancia. La simulación computacional del sDA, realizada en la página Análisis 3D de *cove.tool*, permitió estimar con precisión el comportamiento que seguiría este indicador en los diferentes espacios del edificio (Figura 30).

**Figura 30**

*Análisis de autonomía espacial de la luz diurna.*



*Nota:* La imagen muestra los resultados del análisis sDA para la planta baja del edificio (a), consistente en una superficie de análisis ubicada a 76 cm sobre el nivel del piso (plano de trabajo). Se aprecia como las áreas con mayor potencial de aprovechamiento de la luz diurna son

el vestíbulo (lado inferior), los balcones (lado superior) y la escalera de emergencia (esquina inferior derecha). En los dos niveles restantes se observa un comportamiento similar de los resultados (b).

En el estudio, se consideró un umbral mínimo de 300 lux de iluminancia promedio, alcanzado durante al menos el 50% del tiempo en las horas ocupadas a lo largo de un año de calendario. Para este propósito, se estableció como plano de trabajo de referencia una superficie continua, ubicada a 76 cm sobre el nivel del piso terminado, en cada uno de los niveles. El modelo de simulación se estructuró en una retícula de cálculo conformada por celdas cuadradas de 600 mm (aproximadamente 2 pies) de lado, dispuestas uniformemente sobre el área ocupada.

Los resultados obtenidos arrojaron un índice sDA promedio del 45%. Este valor general se considera adecuado para garantizar una conexión visual con el entorno exterior, reforzar los ritmos circadianos de los ocupantes y reducir el consumo de iluminación artificial mediante el aprovechamiento de la luz natural.

Con base en los estudios de campo en los que se basó la definición del sDA (Ordóñez, 2021), en los espacios con índice igual o superior al 75% - en este caso, vestíbulos y balcones - los ocupantes tenderán a preferir la iluminación natural sobre la artificial durante las horas diurnas. Durante el día, en estas áreas será posible desarrollar actividades con niveles adecuados de confort visual sin necesidad de iluminación suplementaria. En contraste, en las habitaciones, donde los valores de sDA oscilan entre el 0% y el 50%, la luz natural puede ser aceptable para ciertas actividades, aunque no óptima para tareas que requieren una mayor precisión visual. Por ejemplo, en los baños, los cuales demandan niveles superiores de iluminancia, el aprovechamiento de la luz natural resultará muy limitado, siendo insuficiente durante la mayor parte del horario de ocupación.

De acuerdo con estos resultados, la incorporación de detectores de luz natural al sistema de control de iluminación eléctrica en los vestíbulos y escaleras de emergencia constituye una estrategia tanto factible como recomendable. En contraste, su implementación en las habitaciones no sería eficiente, ya que estos espacios requieren niveles más altos de iluminancia (NC 775-2, 2012) y muestran los menores índices de aprovechamiento de luz diurna. En este caso, se recomienda un control manual del sistema de iluminación, sobre la base de la interacción directa del usuario con los interruptores y selectores de escena; de igual manera el sistema debe prever la desconexión automática del panel de alumbrado cuando no

haya presencia de huéspedes dentro de la habitación durante un tiempo prolongado (Ver Apéndice F).

En el caso de los balcones, el control de iluminación sería similar al interior de las habitaciones. Aunque presentan un alto potencia de aprovechamiento de luz natural, al no preverse su ocupación continua no sería funcional incluir la iluminancia mantenida como un parámetro definitorio en el control de los circuitos de iluminación.

En este sentido, para el alumbrado de los vestíbulos y escaleras se propone la implementación de un sistema de control redundante, tomando como referencia primaria la señal de uno o varios sensores de luminosidad y en función del horario en que se efectúa la medición (Figura 31).

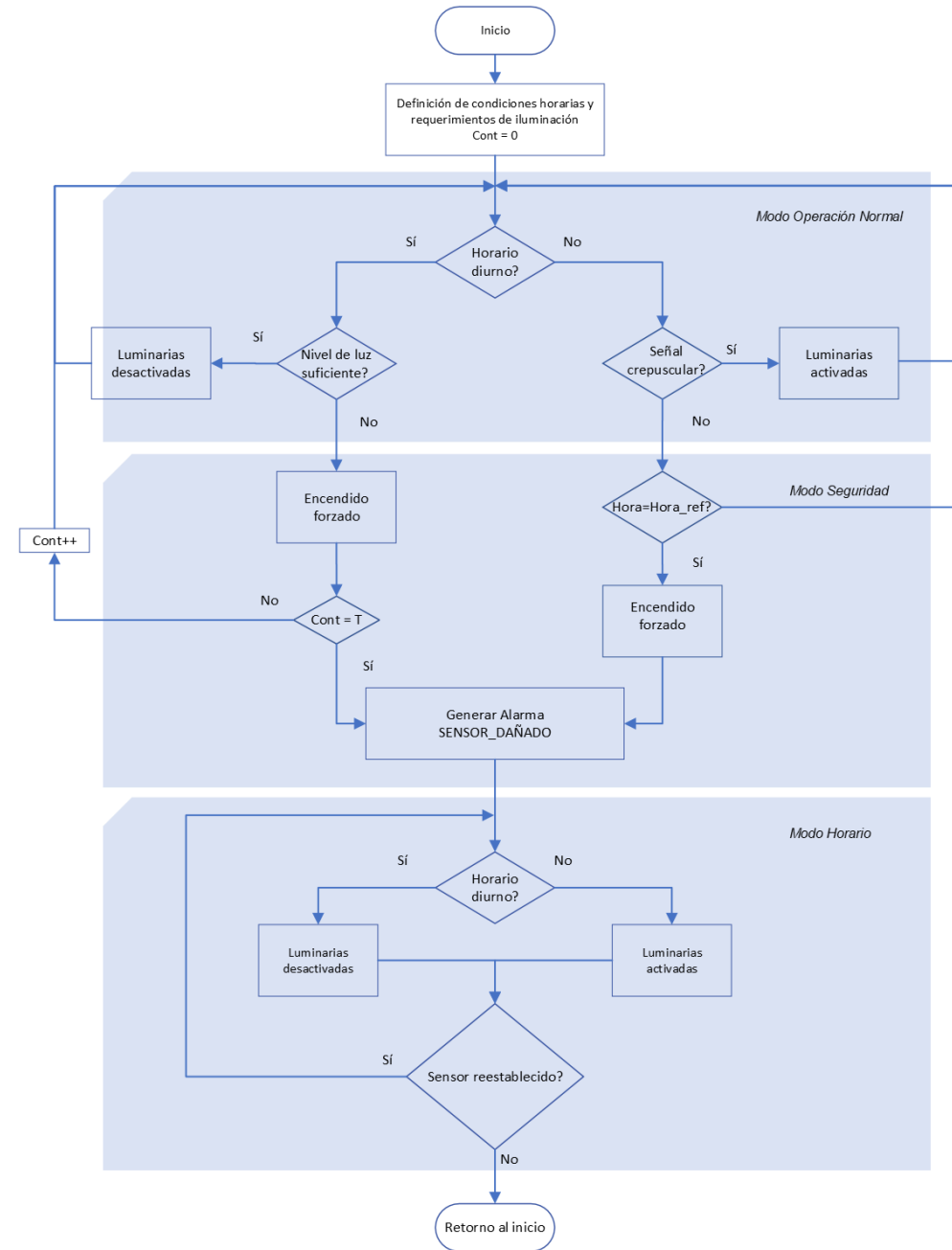
En el modo **Operación Normal**, durante el horario diurno, se tomará la medición del sensor de luminosidad. En caso de este indicar la necesidad de encendido del sistema de iluminación, se procederá a efectuar dicha acción; esto puede ocurrir durante un día nublado o lluvioso. Los circuitos de iluminación no se mantendrán activados por un período mayor al definido por el operador, previendo una posible avería del sensor de luminosidad. Este tiempo debe ser configurable según decisión del cliente y experiencia práctica en la explotación del sistema (modo **Seguridad**).

En el horario nocturno, teniendo como punto de partida la señal crepuscular del sensor instalado, se procederá al encendido de las luces de alumbrado exterior. Dada una hora establecida en el sistema de control, sin haber llegado la señal de orden de encendido del sensor de luminosidad, se procederá al encendido por horario del alumbrado, previendo igualmente una posible avería del instrumento.

En el caso de posible avería del sensor de luminosidad, el sistema debe ser capaz de reportar una alarma en el sistema de supervisión que indique esta situación y automáticamente se procede a la operación de las luces en base a la hora del día, es decir, en modo **Horario**.

**Figura 31**

*Diagrama de flujo del sistema de control de iluminación en vestíbulos y escaleras.*



**Leyenda:**

**Cont:** Contador interno del sistema

**Cont=T:** El sistema asigna al contador un tiempo de referencia previamente definido.

**Cont++:** Se aumenta el valor fijado al contador en un intervalo previamente definido.

*Nota:* El diseño considera que el sistema de control operará de manera continua, incluso en ocurrencia de una avería de el sensor de luminosidad. En dicho caso, el sistema opera en modo Horario hasta que se restablezca la operación del sensor; a partir de ahí se retoma el modo de Operación Normal.

## ***Control y Gestión Energética***

Si se integran los sistemas que demandan energía eléctrica en el proyecto a un BMS, que los coordine y permita una toma de decisiones coherentes, es posible lograr ahorros energéticos adicionales. En este contexto, se estimó el potencial de reducción en el consumo eléctrico del edificio mediante la implementación de un sistema de control y supervisión avanzado, clasificado como tipo B según la norma EN 15232-1:2017.

Para determinar el valor del ahorro energético se considera la siguiente relación:

$$AES_{BMS} = TEC * \%EST_{BMS}$$

Donde:

$AES_{BMS}$ : ahorro anual de energía, debido al uso de un sistema de gestión energética avanzado;

$TEC$ : consumo total de energía del edificio;

$\%EST_{BMS}$ : porcentaje de ahorro de energía, debido al uso de un sistema de gestión energética avanzado, respecto al consumo total de energía del edificio.

Las funcionalidades de este tipo de tecnologías son muy variadas y van a depender de los objetivos de diseño de cada proyecto. En el caso específico del modelo analizado, además de los ajustes previamente propuestos para los sistemas de climatización e iluminación, el sistema BMS avanzado que se define en *cove.tool* considera la incidencia de estrategias complementarias, como el control adaptativo de la temperatura interior a partir del sistema HVAC, control de humedad del aire interior, modulación de la intensidad de la iluminación eléctrica (escenas), operación automática de los elementos de control solar (cortinas, persianas, etc.). A partir de estas, la herramienta de simulación estima el ahorro de energía atribuible al BMS, basándose en el índice de mejora al factor de eficiencia ( $F$ ) del edificio, establecido en la EN 15232-1:2017 (Tabla 10). Los resultados del análisis se pueden consultar a través de una matriz de estrategias, disponible en la sección “Optimización” de la plataforma *cove.tool*.

**Tabla 10**

*Optimización del EUI base mediante la gestión centralizada de energía.*

BMS (EN 15232- 1:2017)	<i>E</i>	Ahorro de energía previsto		Rendimiento energético
		$AES_{TS}$ (kWh-evitados/año)	$\%ES_{BMS}$	EUI (kWh/m <sup>2</sup> /año)
Ninguno (Clase D)	1.04	-	-	88.4
Estándar (Clase C)	1	3,187.0	4	<b>85.0</b>
Avanzado (Clase B)	0.97	4,780.4	6	83.3

*Nota:* *E*: Factor de eficiencia en el consumo de energía eléctrica según el tipo de sistema de gestión de la energía aplicado en la edificación (EN 15232-1:2017).

$AES_{BMS}$ : ahorro anual de energía respectivo, correspondiente a la implementación de un sistema de gestión de energía avanzado.

Además de las prestaciones asociadas a la operación —que garantizan un funcionamiento óptimo y seguro—, una de las ventajas principales de los sistemas BMS es su capacidad de monitorización energética. La reducción en el uso de energía en un hotel, derivada de acciones correctivas basadas en el monitoreo inteligente de los sistemas eléctricos, puede representar entre un 8 % y un 10 % de la demanda total (UNWTO & UNEP, 2019). Estos porcentajes no están incluidos en el análisis que ofrece cove.tool y, en general, tampoco se contemplan en los estudios referidos al diseño de este tipo de soluciones.

El aprovechamiento de esta funcionalidad cobra mayor relevancia si se considera que, en edificaciones que ya cuentan con un BMS (aunque sea básico) para gestionar su operación, registrar, analizar y emplear los datos energéticos en la definición de estrategias de mejora no implica necesariamente un costo adicional.

### **Discusión de resultados**

La integración de soluciones de automatización avanzada al inmueble permitiría maximizar la eficiencia operativa del mismo. El mismo edificio, si se concibiera sin ningún sistema de automatización, podría llegar a consumir aproximadamente un 60 % más de energía eléctrica para mantener el mismo número de horas de servicio y ofrecer prestaciones similares en términos de confort y operatividad que la propuesta (Tabla 11)(Figura 32).

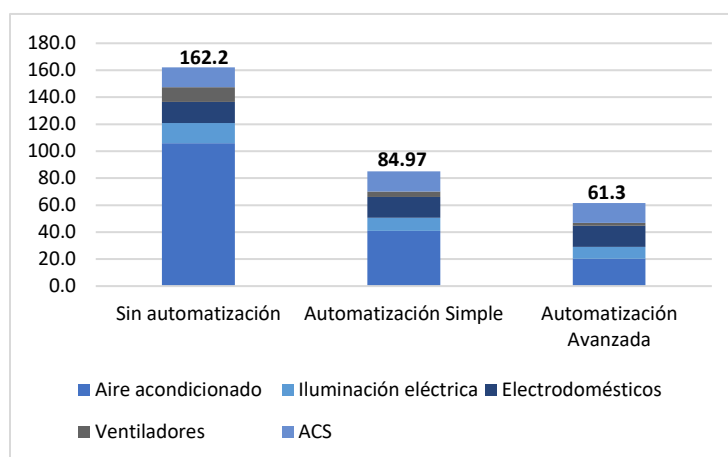
**Tabla 11**

*Escenarios posibles de automatización para el proyecto.*

No.	Escenarios posibles	Entradas de simulación relacionadas a los BACS					Resultados	
		Sensores de ocupación % de área equipada	Ajuste de enfriamiento	BMS	Retroceso de enfriamiento	Sensores de luz diurna % de área equipada	Ahorro	EUI kWh/m <sup>2</sup> /año
1	Sin Automatización	No	18°C	No	-	No	-	162.2
2	Automatización básica	50%	18°C	No	-	No	3%	158.1
3		100%	18°C	No	-	No	4%	155.0
4		100%	24°C	No	-	No	44%	90.5
5		100%	25°C	No	-	No	51%	80.1
6		100%	26°C	No	-	No	56%	70.9
7		100%	24°C	Básico	-	No	48%	84.9
8	Automatización Avanzada	100%	24°C	Avanzado	26°C	No	51%	79.7
9		100%	25°C	Avanzado	28°C	No	56%	70.6
10		100%	26°C	Avanzado	29°C	No	61%	62.6
11		100%	26°C	Avanzado	29°C	50%	62%	61.3
12		100%	26°C	Avanzado	29°C	100%	63%	59.9
	Inversión	\$	No requiere	\$\$	No requiere	\$\$		
	ROI	1 a 2 años						
		3 a 5 años						

**Figura 32**

*Comparativa del EUI previsto en el proyecto, respecto a la propuesta.*

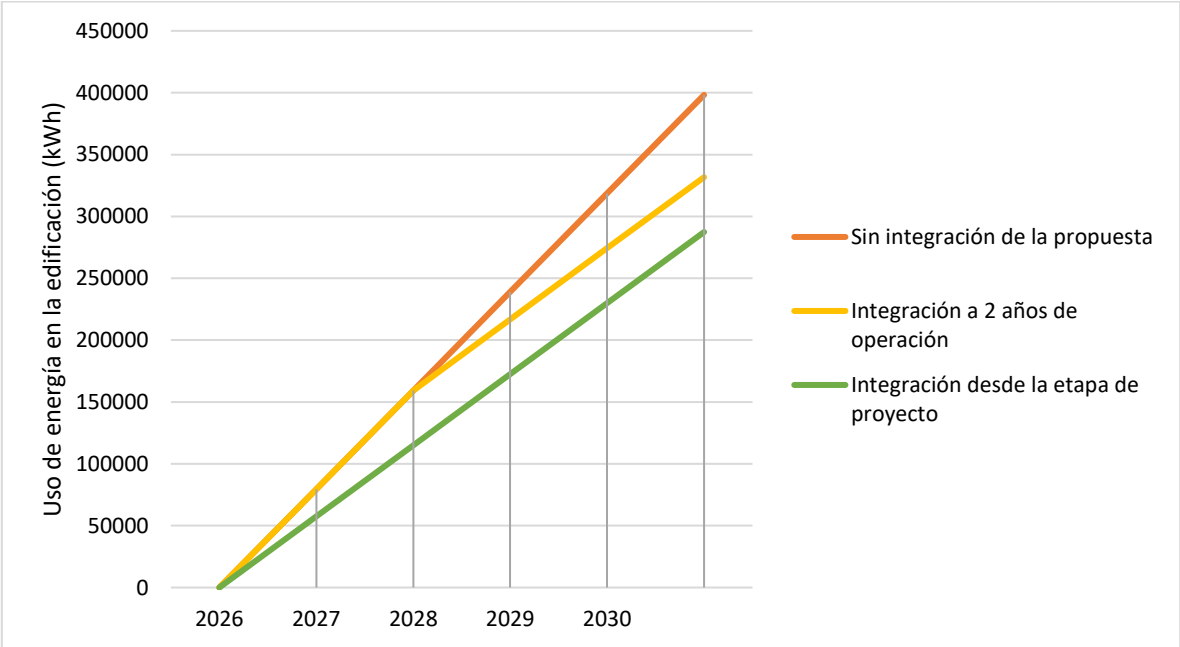


Sin dudas, las estrategias de control propuestas tienen un potencial de reducción del uso de energía considerable. Las prácticas estándar actuales, representadas en el escenario 7 de la tabla anterior (corresponde al desempeño energético de línea base del edificio), aunque contribuyen a la eficiencia energética de los hoteles del país, no garantizan el aprovechamiento máximo de las bondades de este tipo de sistemas.

Apostar por soluciones de automatización más integrales, diseñadas específicamente para cada proyecto y basadas en criterios de diseño actualizados, representa un impulso decisivo para la eficiencia energética del sector. Sin embargo, por sí solas no tienen la capacidad de garantizar índices de consumo de energía acordes con las metas internacionales previstas para un turismo sustentable. Estos paradigmas, que van más allá de una alta eficiencia — hoteles de consumo energético casi nulo y, eventualmente, energéticamente flexibles—, exigen un esfuerzo conjunto de todas las especialidades involucradas en el diseño, la construcción, la operación y la renovación de edificaciones, generando soluciones y alternativas que permitan mitigar la huella energética del sector (Figura 33).

**Figura 33**

*Proyección del ahorro de asociado a la propuesta.*



Considerando únicamente el impacto de las estrategias de automatización energética diseñadas, sería posible alcanzar un ahorro conjunto de 21,875.8 kWh anuales en comparación con el desempeño de línea base del edificio. Esto significa que, al elevar el grado de automatización y los estándares de diseño de estos sistemas, incluso solo en las villas de habitaciones de los hoteles cubanos, se podría percibir una reducción de casi el 30% del consumo eléctrico anual de estas, en relación con el nivel de automatización promedio que ha predominado en el sector durante los últimos años.

En términos de ahorro de portadores energéticos, la propuesta permite una reducción estimada de 5.62 toneladas de combustible equivalente por año, en comparación con el proyecto de línea base. Este cálculo se basa en un factor de conversión para la red eléctrica cubana de 0.257 toneladas de combustible por MWh (CUBAENERGÍA, 2025). De igual manera, dicha reducción en el uso de energía eléctrica estaría significando una reducción de emisiones de GEI de 14.72 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente al año, considerando un factor de emisión eléctrico (FEE) o factor de carbono de la red eléctrica de 0.673 CO<sub>2</sub>eq/MWh (CUBAENERGÍA, 2025). Si se proyectan estos valores al total de la planta habitacional del subsector hotelero a nivel nacional, es posible estimar el potencial de reducción de emisiones del sector<sup>8</sup>.

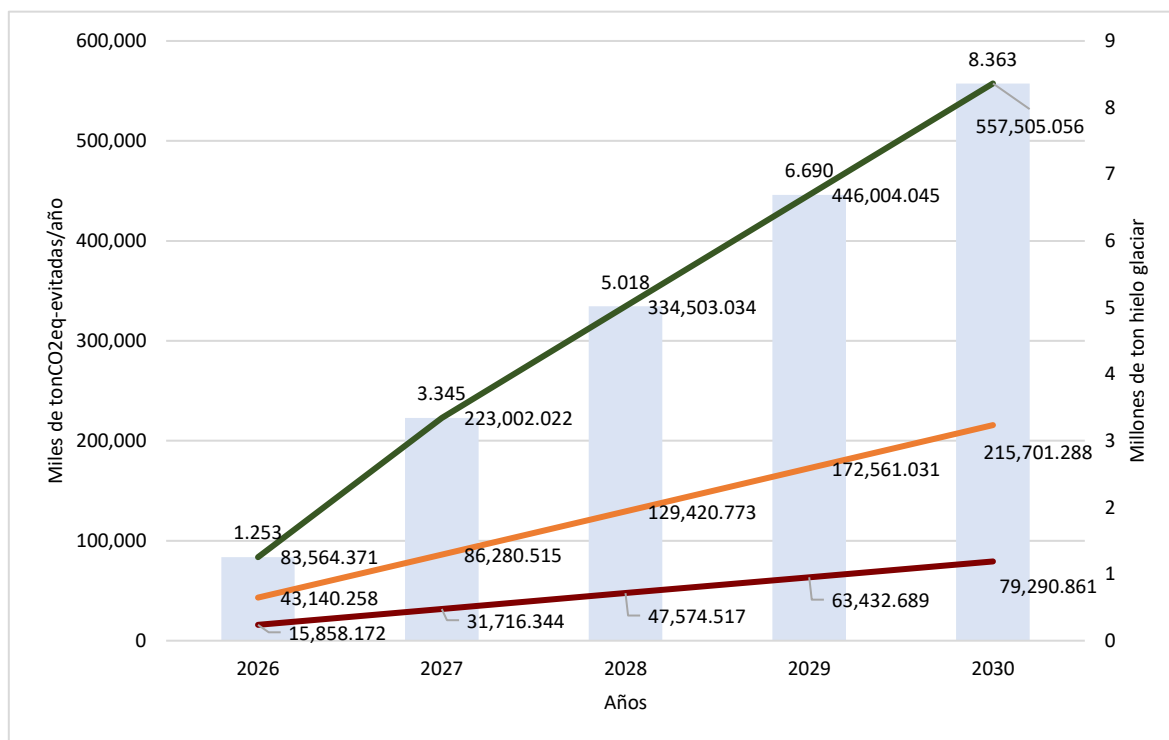
Solo considerando nivel de reducción de GEI similar para las habitaciones de hoteles con categoría equivalente al modelo (hoteles con 4 estrellas) se podrían evitar casi 80 mil toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente emitidas a la atmósfera de 2026 a 2030. Si se extiende esta proyección al resto del sector, considerando un nivel de automatización estándar para las habitaciones de hoteles de alto estándar y un nivel de automatización básico para el resto del fondo habitacional existente, el potencial de reducción de emisiones del sector se dispara a 557,505 toneladas en igual período (Figura 34).

---

<sup>8</sup> Para la proyección del impacto ambiental de la propuesta se utilizaron los factores de conversión oficiales, publicados por el Centro de Gestión de la Información y Desarrollo de la Energía (CUBAENERGÍA) (2025). Si embargo, a partir de estudios experimentales, otros investigadores (Salazar y otros, 2010) (Bermúdez, 2023) han sugerido FEE mayores a los oficiales.

**Figura 34**

*Proyecciones de mitigación de emisión de gases contaminantes e impacto ambiental correspondiente al 2030.*



*Nota:* Se considera que por cada kgCO<sub>2</sub>eq-evitados se evita el derretimiento de 15 kg de hielo glaciario a muy largo plazo (Marzeion y otros, 2018).

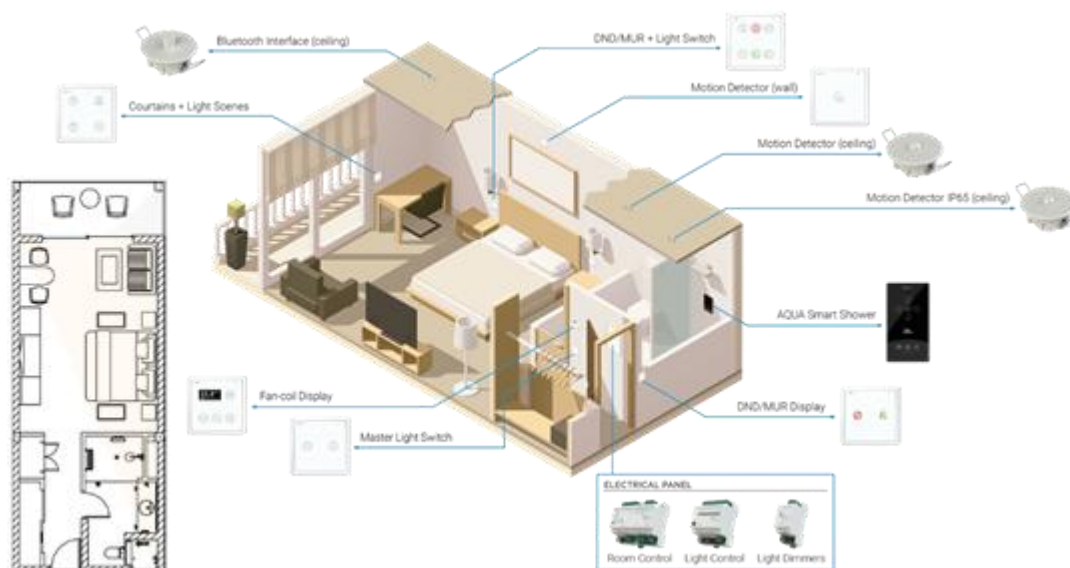
En el aspecto económico, es necesario definir la tecnología más adecuada para implementar las estrategias de control diseñadas para el edificio. En el mercado cubano existe una amplia gama de opciones, que van desde tecnologías abiertas hasta sistemas de control dedicados. Aunque se han realizado numerosos esfuerzos, tanto desde la academia como desde el sector empresarial para promover la inclusión de estas soluciones en las edificaciones — principalmente del subsector hotelero—, aún persiste un relativo desconocimiento de las opciones disponibles.

Para los fines de este estudio, se seleccionó el sistema ROBOTBAS, desarrollado por la empresa española Robot y ampliamente distribuido en el país por Novelec Antillas, el cual ha sido bien recibido por clientes del sector turístico cubano (Figura 35)(Ver Apéndice F). Se trata de un sistema integral de automatización avanzada, que engloba instrumentación, programación propia y funcionalidades diseñadas especialmente para edificaciones

hoteleras. Gracias a su enfoque “llave en mano”, combina control industrial, control de habitaciones y zonas comunes, medición y monitoreo del consumo energético, y gestión centralizada de todos los sistemas.

### Figura 35

*Sistema ROBOTBAS en habitaciones de hotel.*



*Nota:* Adaptado de “Resultados 2022 y perspectivas”, de Robot, 2022, disponible en [https://www.bmegrowth.es/docs/documentos/OtraInfRelevante/2023/04/05225\\_OtraInfRelev\\_20230424\\_1.pdf](https://www.bmegrowth.es/docs/documentos/OtraInfRelevante/2023/04/05225_OtraInfRelev_20230424_1.pdf).

ROBOTBAS ofrece soluciones robustas y compatibles con estándares como Modbus y BACnet, lo que facilita su integración con diversos equipos y permite un control unificado desde una sola plataforma (ROBOTBAS, 2025). Esto posibilita la supervisión en tiempo real de iluminación, climatización, agua, humedad, presencia y persianas, optimizando el uso de recursos según la ocupación.

Sus dispositivos, de instalación sencilla (*plug & play*) y mantenimiento reducido, pueden ser gestionados incluso por personal no técnico, evitando costos operativos adicionales. Como resultado, su implementación contribuye de manera significativa a mejorar la eficiencia energética, reducir costos y aumentar el confort del usuario, ampliando el valor del BMS más allá de sus funciones tradicionales (CASADOMO, 2019).

A partir del costo que implicaría el suministro del sistema ROBOTBAS para las habitaciones y áreas comunes del inmueble de acuerdo con la propuesta, se puede hacer un análisis del

tiempo que tomaría recuperar la inversión (retorno de inversión, ROI por sus siglas en inglés). Para ello, se debe considerar el ahorro en el consumo de energía eléctrica de la red pública y contrastarlo con el costo total del sistema (Tabla 12).

**Tabla 12**

*Evaluación del proyecto de inversión.*

<b>Inversión inicial</b>	731,050.32	\$
<b>Flujo de caja anual</b>	295,163.61	\$-evitados/año
<b>Período de recuperación simple</b>	2.48	años
<b>Tasa de descuento anual</b>	5	%
<b>Período de recuperación descontado</b>	3	años

Para materializar la propuesta, se estima una inversión adicional de 317 mil pesos respecto al proyecto base; en conjunto, la inversión total sería de 731 mil pesos. La misma contempla el costo de la instrumentación necesaria, incluyendo los actuadores para persianas, ventiladores e iluminación en las habitaciones, así como de los interruptores crepusculares y sus respectivos controladores para el edificio, elementos que no fueron incluidos en el diseño original.

Al ampliar el análisis, se comprobó que la inversión para este tipo de soluciones se mantiene entre los 700 EUR y 1,200 EUR por habitación (para una automatización básica o avanzada, respectivamente), con un ROI estimado de entre 3 y 5 años, considerando los costos de importación y también el valor de los mecanismos eléctricos de fuerza necesarios para la operación del sistema. Esta información constituye una referencia clave para extender el análisis a hoteles de otras categorías y evaluar proyectos de nueva construcción o que parten de una automatización inicial nula. Dichos valores coinciden con los reportados por la empresa Robot a partir de los estudios energético-económicos más recientes realizados en proyectos similares desarrollados en la región del Caribe (Ver Apéndice H).

Aunque la inversión inicial en soluciones de automatización energética es relativamente baja (entre 20,000 y 45,000 pesos por habitación estándar), el PR calculado es mayor al resultante si se implementaran las soluciones equivalentes en potencial de reducción del EUI en otros países de la región. Esto se debe a que Cuba mantiene un precio promedio de la energía para

el sector comercial por debajo del promedio regional (OLADE, 2021). Este dato podría indicar la necesidad de revisar los costos energéticos del sector, ya que podrían no estar incentivando la adopción de estrategias de optimización energética similares.

En resumen, los resultados del ahorro energético en relación con la inversión de la propuesta de mejora para la automatización energética del proyecto se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 13**

*Proyección del potencial de ahorro energético por sistema o equipos consumidores de electricidad.*

Potencial de ahorro por implementación de BACS											
	Consumo energético o total de línea base (KWh/año)	Consumo energético por sistema		Ahorro energético			Ahorro económico	Inversión		PRI años	Reducción de emisiones GEI (tonCO <sub>2</sub> eq/año)
		(KWh/año)	%	(KW/evitados/año)	%	% total		\$	\$/hab.		
Aire acondicionado	79,673.8	38,360	48	17,528.24	42	22	\$54,863.39	\$730,000	\$30,000 - \$35,000	2-3	14.72
Ventiladores		3,685	5								
Sistemas de iluminación eléctrica		9,114	11	1,593.48	17	2	\$4,987.58				
Equipos electrodomésticos y misceláneas		14,590	18	4,780.43	33	6	\$14,962.74				
Integración de estrategias		-		21,875.84		27.5	\$68,471.38				

## Conclusiones Parciales

A partir de los resultados obtenidos se concluye que:

- Es posible alcanzar una reducción de hasta el 27,5 % en el consumo energético de línea base del edificio analizado gracias a la implementación de estrategias de automatización energética. Estas comprenderían sensores de ocupación, detectores de luz diurna, un sistema de ajuste y retroceso de enfriamiento y la gestión energética centralizada del edificio.
- No es posible determinar qué nivel de excelencia energética alcanzaría el proyecto a partir de la propuesta de automatización dado que no se dispone de datos normalizados de comparación (*benchmarking*) para edificaciones de uso exclusivamente habitacional dentro del subsector hotelero cubano.
- Es posible dimensionar que el ahorro energético estimado corresponde a una reducción de emisiones de GEI en el edificio de al menos 60 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente en un período de cinco años, solo considerando la aplicación de los criterios de diseño propuestos en el estudio. Si se proyectan estos resultados al fondo habitacional existente a la fecha en las edificaciones hoteleras del país, es posible estimar una reducción de más de 250 mil toneladas de CO<sub>2</sub> emitidas a la atmósfera, en igual período. Igualmente, el alivio a la demanda de energía eléctrica que ejerce actualmente el sector turístico nacional sobre la red de suministro público sería del orden de los 180 kWh promedio diarios. Dichos valores podrían ser aún mayores dado el rápido crecimiento de la planta hotelera cubana, especialmente en el segmento de hoteles de alto estándar, lo que ampliaría considerablemente el alcance de las medidas de eficiencia energética propuestas.
- Aunque para el sector comercial y empresarial del país las soluciones planteadas resultan una alternativa ambiental y económicamente atractiva, para el sector residencial cubano —que se mantiene como el mayor destino de la energía eléctrica generada en el país— la inversión en automatización energética se mantiene muy lejos de ser una alternativa factible.

## Conclusiones

El análisis realizado permite comprender que el crecimiento sostenido de la actividad turística en Cuba, impulsado fundamentalmente por el desarrollo de instalaciones hoteleras de alto estándar, orientadas tanto al producto turístico de “sol y playa” como al de ciudad, ha conllevado un aumento significativo en la demanda energética del sector. Este incremento se traduce en uno de los principales costos operativos de la industria, en un contexto nacional marcado por limitaciones en la generación eléctrica y tensiones en la distribución del suministro entre sectores prioritarios.

Las edificaciones turísticas cubanas presentan una eficiencia energética deficiente, agravada por la ausencia de IDEn que permitan evaluar y controlar la excelencia energética de las instalaciones. Aunque algunas cadenas hoteleras han desarrollado sus propios indicadores, estos adolecen de limitaciones teóricas y prácticas, lo que evidencia la necesidad de establecer metodologías unificadas y herramientas de monitoreo efectivas. En este escenario, la escasa medición y control de los consumos energéticos limita la implementación de estrategias de mejora sostenibles.

Ante esta situación, la incorporación de tecnologías de automatización energética se presenta como una vía innovadora para reducir el consumo eléctrico y elevar la eficiencia energética y competitividad del sector hotelero. Los resultados obtenidos mediante el proceso de modelado y simulación energética de una de las villas habitacionales proyectadas para brindar un servicio de alto estándar en el entorno de playa nororiental del país, desarrollado con la plataforma *cove.tool*, demuestran que las herramientas de simulación especializadas constituyen un medio eficaz para predecir y analizar los patrones de consumo desde etapas tempranas del diseño arquitectónico. La flexibilidad del modelo elaborado permite además su aplicación como plantilla base para edificaciones turísticas equivalentes, al integrar parámetros normativos nacionales y condiciones representativas del entorno constructivo cubano.

Del análisis energético se desprende un balance de usos de electricidad referencial para los espacios de alojamiento similares. El sistema de climatización constituye el principal consumidor de energía (48 %), seguido por los electrodomésticos (18 %) y la iluminación artificial (11 %). Si bien no existen datos normalizados que permitan contrastar los resultados

con edificaciones similares en el contexto cubano, los índices obtenidos ofrecen una referencia valiosa para futuras investigaciones orientadas a evaluar el impacto de la automatización en el consumo energético del sector hotelero.

Las simulaciones indican que la aplicación de estrategias de automatización energética — como sensores de ocupación, control de iluminación natural, ajustes automáticos de enfriamiento y gestión centralizada— podría reducir el consumo energético de la línea base en hasta un 27,5 %. Esta reducción equivaldría a una disminución estimada de 60 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente en un período de cinco años por edificio, y a más de 250 000 toneladas si se extrapola al parque hotelero nacional existente. Además, el alivio a la demanda eléctrica de la red pública podría alcanzar valores promedio de 180 kWh diarios, contribuyendo a mitigar las tensiones del sistema eléctrico nacional.

Aunque no se incluyó en el análisis energético para mantener la claridad de los resultados, el proyecto de referencia contempló la incorporación de un sistema solar térmico con capacidad para suplir el total de la demanda de agua caliente sanitaria de las unidades habitacionales. Al sustituirse el uso de portadores energéticos por una FRE se estaría garantizado un ahorro del 17.47% respecto al consumo energético inicial previsto (Ver Apéndice I). Este resultado destaca el papel de los BACS en la gestión eficiente de la energía y en la integración efectiva de tecnologías sostenibles, especialmente en aplicaciones de mayor escala, donde el monitoreo y el accionamiento automatizados resultan esenciales para el correcto funcionamiento del sistema.

No obstante, incluir criterios de control automatizado no debe conducir a la promoción de “edificios activos y usuarios pasivos” (Collado y otros, 2019), donde se limite la capacidad de adaptación del usuario a las condiciones del espacio. El propio ejercicio de modelado y simulación del comportamiento energético del proyecto, considerando distintas condiciones de operación, evidenció que este tipo de enfoques puede resultar contraproducente para la operación eficiente de los sistemas. Por el contrario, se deben promover estrategias de diseño integrales y coherentes, que equilibren la automatización con la participación del usuario y el aprovechamiento de las condiciones ambientales. En esa misma línea, resulta esencial el correcto dimensionamiento de los sistemas de climatización (HVAC) e iluminación eléctrica desde las primeras etapas de diseño, considerando las cargas térmicas y los requerimientos

visuales de cada espacio. Asimismo, favorecer la apertura hacia el exterior y la ventilación cruzada permite optimizar la iluminación y el confort térmico naturales, reduciendo la dependencia de sistemas mecánicos.

En la misma línea de investigación, la aplicación de las soluciones aquí propuestas abre nuevas oportunidades para estudios futuros. En este sentido, dichas soluciones podrían contribuir al desarrollo de hoteles altamente eficientes, con potencial para transformarse en edificios de energía neta cero (nZEB, por sus siglas en inglés) y/o en edificios energéticamente flexibles, paradigmas que se promueven tanto a nivel nacional como internacional en el marco de los objetivos de la Agenda 2030.

Asimismo, un aspecto relevante que no fue posible abordar en el presente estudio se relaciona con la reducción del consumo energético a partir de la implementación de acciones correctivas<sup>9</sup> basadas en los futuros datos energéticos que será posible recopilar y analizar. Este enfoque representa una línea de investigación prometedora y necesaria, orientada a evaluar el impacto de dichas acciones y a fortalecer la justificación para la inversión en sistemas de supervisión y gestión energética avanzada.

Finalmente, aunque las soluciones de automatización energética constituyen una alternativa técnica, ambiental y económicamente viable para el sector turístico y comercial, su adopción en otros ámbitos, como el residencial, continúa siendo limitada debido a los elevados costos de inversión inicial. No obstante, para considerar su implementación extendida como una estrategia sostenible en el diseño y operación de edificaciones, resulta necesario desarrollar nuevos estudios que profundicen en su viabilidad técnica, económica y social en diferentes contextos de uso.

---

<sup>9</sup> La Organización Mundial del Turismo (UNWTO) estima que las medidas correctivas derivadas de la monitorización energética pueden suponer un ahorro energético del 8-10 % en hoteles (UNWTO & UNEP, 2019).

## Referencias

- AIA. (2024). *2030 By the Numbers*. The American Institute of Architects (AIA).
- Ali, A., Abdhul, S., Rahim, A., & Razlan, Z. (2019). IoT-Based Smart Air Conditioning Control for Thermal Comfort. *2019 IEEE International Conference on Automatic Control and Intelligent Systems (I2CACIS)*, 289-294. <https://doi.org/10.1109/I2CACIS.2019.8825079>
- Alonso, R., Figueredo, O., & Sifonte, Y. (2021). *Unión Eléctrica ejecuta ambicioso proceso inversionista y apuesta por las fuentes renovables de energía*. Cubadebate. <http://www.cubadebate.cu/noticias/2021/03/16/union-electricaejecuta-ambicioso-proceso-inversionista-y-apuesta-por-las-fuentes-renovables-de-energia-video/>
- ASHRAE. (2019). *Norma energética para emplazamientos y edificios excepto edificios residenciales de poca altura*.
- Banco Nacional. (2025). *Tipo de cambio oficial con relación al Peso Cubano*. <https://www.bc.gob.cu/historigrama/138>
- Bermúdez, R. (2023). *Diseño de una guía de control para evaluar el desempeño energético en los hoteles del Grupo de Turismo Gaviota S.A*. Universidad de la Habana. Facultad de Turismo.
- Cabeza, L., Rincón, L., Vilariño, V., Pérez, G., & Castell, A. (2014). Life cycle assessment (LCA) and life cycle energy analysis (LCEA) of buildings and the building sector: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 29, 394-416.
- Cabrera, O. (2006). *Reflexiones sobre el consumo energético en el sector hotelero cubano*. [www.monografias.com](http://www.monografias.com)
- Calvo, M. (2024). *Masterclass: Eficiencia energética en grandes obras*. Greentech Hispanoamérica.
- Carbó, D. (2013). *Impacto ambiental del sector hotelero en clima cálido-húmedo. Evaluación y propuestas de mejora*. Universidad Politécnica de Cataluña.

<https://upcommons.upc.edu/entities/publication/c55fa629-4e86-46b0-874e-b56662685e40>

Cárdenas, J., Osma, G., & Ordóñez, G. (2019). Herramienta metodológica para la evaluación energética mediante simulación de edificaciones en el trópico. *Revista UIS Ingenierías*, 18 (2), pp. 259-268.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7000036>

CASADOMO. (2019). *ROBOTBAS actualiza su sistema de automatización en varios hoteles con la serie R7000*. CASADOMO.

[https://www.casadomo.com/2019/12/10/robotbas-actualiza-sistema-automatizacion-varios-hoteles-serie-r7000?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.casadomo.com/2019/12/10/robotbas-actualiza-sistema-automatizacion-varios-hoteles-serie-r7000?utm_source=chatgpt.com)

CEDAI. (2024). *LÍNEAS DE SERVICIOS: Proyectos para del Turismo*. CEDAI. Automáticamente a su servicio.. <https://www.cedai.com.cu/#Projects>.

Chiang-Rodríguez, L., Martínez, A., & Cañizares, J. (2024). Propuesta de diseño de sistema domótico para hoteles basado en hardware abierto y tecnología IoT. *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*, 1-20.

Chopson. (2024). *¿Qué es el modelo de referencia?* cove.tool. <https://help.covetool.com/en/articles/5834525-what-is-the-baseline-model>

Chopson. (2024). *Puntos de ajuste de enfriamiento*. cove.tool. <https://help.covetool.com/en/articles/2626730-cooling-set-points>

Chopson. (2025). *Sistema de gestión energética de edificios*. <https://help.covetool.com/en/articles/2626647-building-energy-management-system>

Chopson, P. (2023). *Ficha meteorológica*. cove.tool. <https://help.covetool.com/en/articles/2495609-weather-file>

Chopson, P. (2023). *Modelo Conceptual*. Cove.tool. <https://help.covetool.com/en/articles/2496593-conceptual-model>

Chopson, P. (2023). *Valores de referencia automatizados*. cove.tool. <https://help.covetool.com/en/articles/5253749-automated-baseline-values>

- Chopson, P. (2024). *¿Qué es el modelo de referencia?* cove.tool.  
<https://help.covetool.com/en/articles/5834525-what-is-the-baseline-model>
- Climate Consultant 6.0. (2021). *Modelos de confort*. Climate Consultant.
- Collado, N., Himpe, E., González, D., & Rueda, L. (2019). Retos para una definición de “Edificios de consumo energético casi nulo”. *Revista Ingeniería de Construcción RIC*, 34(3), 321-329.  
[https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-50732019000300321#fn1](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732019000300321#fn1)
- Collado, N., Rueda, L., & Couret, D. (2018). Hoteles de consumo energético casi nulo. Potencialidades y restricciones para Cuba. *Memorias Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura*.  
[https://www.researchgate.net/publication/330542847\\_HOTELES\\_DE\\_CONSUMO\\_ENERGETICO\\_CASI\\_NULO\\_POTENCIALIDADES\\_Y\\_RESTRICCIONES\\_PARA\\_CUBA](https://www.researchgate.net/publication/330542847_HOTELES_DE_CONSUMO_ENERGETICO_CASI_NULO_POTENCIALIDADES_Y_RESTRICCIONES_PARA_CUBA)
- Collado, N., Rueda, L., & González, D. (2022). Evolución de la arquitectura hotelera en La Habana. Tendencias e influencias. *Universidad de la Habana*, 293.  
<http://www.scielo.sld.cu/pdf/uh/n293/0253-9276-uh-293-13.pdf>
- Collado, N., Rueda, L., De la Paz, G., & González, D. (2023). Sustentabilidad arquitectónica y urbana, ambiente térmico interior y consumo de energía en Cuba. *Anales de la Academia de Ciencias de Cuba.*, 13(3).  
[https://www.researchgate.net/publication/374451707\\_Sustentabilidad\\_arquitectonica\\_y\\_urbana\\_ambiente\\_termico\\_interior\\_y\\_consumo\\_de\\_energia\\_en\\_Cuba](https://www.researchgate.net/publication/374451707_Sustentabilidad_arquitectonica_y_urbana_ambiente_termico_interior_y_consumo_de_energia_en_Cuba)
- Cubadebate. (2025). *Suministro eléctrico lidera matriz inversionista de Cuba en 2025, según la ONEI*. Cubadebate.  
<file:///D:/Revisar/Bibliograf%C3%ADa/Marco%20contextual/Cubadebate.html>
- CUBAENERGÍA. (2025). *CUBAENERGÍA*. Estadísticas Energéticas.  
<https://www.cubaenergia.cu/>

- Damiati, S., Zaki, S., Rijal, H., & Won, S. (2016). Field study on adaptive thermal comfort in office buildings in Malaysia, Indonesia, Singapore, and Japan during hot and humid season. *Building and Environment*, 109, 208-223. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132316303717>
- de la Osa Camacho, D., & Soler, L. (2022). *El camino de Cuba hacia un turismo más sostenible*. CUBAHORA. <https://www.cubahora.cu/sociedad/el-camino-de-cuba-hacia-un-turismo-sostenible-mas-sostenible>
- DOE. (2025). *Datos meteorológicos*. EnergyPlus. <https://energyplus.net/weather>
- Escobar, L., De la Paz, G., Herrera, G., & De la Paz, G. (2022). Evaluación de opciones de inversión en eficiencia energética y fuentes renovables de energía en hoteles de Santa Lucía, Camagüey. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 16(1). <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193970042005>
- Estel Ingeniería y Obras. (2021). *SISTEMA DE GESTIÓN BMS*. Esteling. <https://esteling.com/noticias/sistema-de-gestion-bms/?cn-reloaded=1>.
- FENERCOM. (2007). *Guía de gestión energética en el sector hotelero FENERCOM*. Dirección General de Industrias, Energía Y Minas de la Comunidad de Madrid. <https://www.fenercom.com/publicacion/guia-de-gestion-energetica-en-el-sector-hotelero-2007/>
- Grupo Nacional para la Implementación de la Agenda 2030. (2021). *I Informe Nacional Voluntario Cuba 2021*. Ministerio de Economía y Planificación (MEP). [https://www.presidencia.gob.cu/media/filer/public/2022/05/07/inv\\_cuba\\_agenda\\_2030\\_nnuu\\_2021.pdf](https://www.presidencia.gob.cu/media/filer/public/2022/05/07/inv_cuba_agenda_2030_nnuu_2021.pdf)
- Haizea Analytics. (2025). *Cambios históricos y previstos en el futuro en la distribución global de las zonas climáticas de Köppen-Geiger*. Zonas climáticas en movimiento. <https://koppen.earth/>
- IEA. (2025). *Global Energy Review 2025*. <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2025/global-trends>

- INSMET. (2024). *El Clima de Cuba*. Instituto de Meteorología de la República de Cuba. <http://www.insmet.cu/asp/genesis.asp?TB0=PLANTILLAS&TB1=CLIMAC&TB2=/clima/ClimaCuba.htm>
- ISTEL. (2025). *¿Qué es la automatización energética y dónde se aplica?* ISTEL. <https://istel.es/que-es-la-automatizacion-energetica/>
- Marchante, G., & González, A. (2020). Evaluación del confort y desconfort térmico. *RIELAC*, 41(3), 21-40. <http://scielo.sld.cu/pdf/eac/v41n3/1815-5928-eac-41-03-21.pdf>
- Martín, O. (2021). *¿Es posible una transición energética en Cuba?* Periodismo de Barrio. <https://periodismodebarrio.org/2021/04/es-posible-una-transicion-energetica-en-cuba/>.
- Martínez, K., & Álvarez, M. (2022). Análisis comparativo (benchmarking) de indicadores de desempeño energético para instalaciones hoteleras. *Universidad y Sociedad*, 15(S1), 276-283. <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/3719/3651>
- Marzeion, B., Kaser, G., & Maussion, F. (2018). Influencia limitada de la mitigación del cambio climático en la pérdida de masa de los glaciares a corto plazo. *Nature Climate Change*, 305-308. <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/s41558-018-0093-1>
- Mercado, B., & Romero, L. (2022). Simulaciones energéticas: Herramientas diagnóstico-pronóstico para la evaluación de edificaciones. *EGADO de Arquitectura y Diseño*, 31, pp. 123-130129. <https://legadodearquitecturaydiseno.uaemex.mx/article/view/19128/14171>
- Molina, A., Borroto, A., Monteagudo, J., Velarde, H., & Santiesteban, C. (2017). Nuevos índices de consumo energético para hoteles tropicales. *Revista de Ingeniería Energética*, XXXVIII(3), 198-207. <http://www.scielo.sld.cu/pdf/rie/v38n3/rie05317.pdf>
- Monreal, P. (2022, noviembre 29). [@pmmonreal] La estadística oficial cubana confirma la continuación de una estructura muy deformada de la inversión....[Post]. X.
- Montero, L. (2011). Predicción del consumo de electricidad y gas LP en un hotel mediante redes neuronales. *Revista Energética*, 42, 2.

[file:///D:/Revisar/Bibliograf%C3%ADa/TOGs/Hoteles\\_Cuba/Benchmarking\\_Consumo/Eficiencia%20energ%C3%A9tica%20hoteles%20cuba%20OJO.pdf](file:///D:/Revisar/Bibliograf%C3%ADa/TOGs/Hoteles_Cuba/Benchmarking_Consumo/Eficiencia%20energ%C3%A9tica%20hoteles%20cuba%20OJO.pdf)

- NC 127. (2014). *Requisitos para la clasificación por categorías de los establecimientos de alojamiento turístico*.
- NC 220-3. (2009). PARTE 3: Sistemas y equipamiento de calefacción, ventilación y aire acondicionado.
- NC 775-2. (2012). Electroenergética. In *Bases para el diseño y construcción de inversiones turísticas*.
- OLADE. (2021). *Informe de Precios de la Energía de América Latina y el Caribe*. <https://www.spr.pe/wp-content/uploads/2021/12/Precios-de-la-Energia-en-America-Latina-y-El-Caribe.pdf>
- OLADE. (2025). *Índice de emisiones de la generación eléctrica*. SieLAC. <https://sielac.olade.org/WebForms/Indicadores/Reportes/InfogramaEvolucionIndicadoresEconomicoEnergeticos.aspx?or=602&ss=2&v=3>
- ONEI. (2025). *Anuario estadístico de Cuba 2024*. <https://www.onei.gob.cu/anuario-estadistico-de-cuba-2024>
- ONEI. (2025). Capítulo 10: Minería y Energía. In *Anuario Estadístico de Cuba 2024*. <https://www.onei.gob.cu/cuba>
- ONEI. (2025). Capítulo 15: Turismo. In *Anuario estadístico de Cuba 2017-2024*.
- ONEI. (2025). *Series estadísticas: Construcción e Inversiones (2014-2022)*. ONEI. <https://www.onei.gob.cu/construccion-e-inversiones-0>
- ONU. (2025). *Gráficos/Perfiles Cuba*. World Population Prospects 2024. <https://population.un.org/wpp/Graphs/DemographicProfiles/Line/192>.
- ONURE. (2015). *Manual de inspección a los portadores energéticos electricidad y combustible*.
- Ordóñez, A. (2021). *Métodos de análisis dinámicos*. Seiscubos. <https://www.seiscubos.com/conocimiento/metodos-de-analisis-dinamicos>.

- Paz, B. (2019). *Estudio de cargas del sistema eléctrico Hotel Los Helechos del Complejo Gaviota Topes de Collantes*. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas.
- PEEB Secretariat. (2020). *PROGRAMME FOR ENERGY EFFICIENCY IN BUILDINGS: STATUS 2020*. Programme for Energy Efficiency in Buildings. [https://www.peeb.build/imglib/downloads/PEEB\\_Status%202020\\_final\\_web%20200519.pdf#:~:text=PEEB%20mobilises%20innovative%20financing%20solutions%20for%20large%20building%20projects.%20%E2%80%A2](https://www.peeb.build/imglib/downloads/PEEB_Status%202020_final_web%20200519.pdf#:~:text=PEEB%20mobilises%20innovative%20financing%20solutions%20for%20large%20building%20projects.%20%E2%80%A2)
- Pistore, L., Varin, C., & Pasut, W. (n.d.). Development of climate-based thermal comfort ranges from existing data: Analysis of the Smart Controls and thermal comfort (SCATS) database. *Energy & Buildings*, 298. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778823007399>
- PNUMA. (2024). Informe sobre la situación mundial de los edificios y la construcción 2024-2025. <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/47261>
- RAE. (s.f.). *Eficiencia*. Diccionario de la Lengua Española. <https://dle.rae.es/eficiencia>
- Ramesh, T., Prakash, R., & Shukla, K. (2010). Life cycle energy analysis of buildings: An overview. *Energy and Buildings*, 42(10), 1592–1600. [https://www.researchgate.net/publication/229400115\\_Life\\_cycle\\_energy\\_analysis\\_of\\_buildings\\_An\\_overview](https://www.researchgate.net/publication/229400115_Life_cycle_energy_analysis_of_buildings_An_overview).
- Robot. (2022). Resultados 2022 y perspectivas. [https://www.bmegrowth.es/docs/documentos/OtraInfRelevante/2023/04/05225\\_OtraInfRelev\\_20230424\\_1.pdf](https://www.bmegrowth.es/docs/documentos/OtraInfRelevante/2023/04/05225_OtraInfRelev_20230424_1.pdf).
- ROBOTBAS. (2025). *Especialistas en automatización de Hoteles y Resorts*. ROBOTBAS. [https://www.robotbas.com/en/hotels-specialists/?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.robotbas.com/en/hotels-specialists/?utm_source=chatgpt.com)
- Rueda, A. (s/f). Recomendaciones de diseño para disminuir el consumo de energía en los hoteles de playa en Cuba. *EcoSolar*. <http://www.cubasolar.cu/wp-content/uploads/2019/02/ecosolar8.pdf#page=53>
- Ruiz, D. (2016). *Estudio de cargas en el hotel Meliá Cayo Santa María*. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.

- Salazar, I., Mockey, I., & Canal, M. (2010). Estimado de la reducción de la emisión de co2 por accione de ahorro de electricidad en las condiciones de Cuba. *Ingeniería Energética*, *Ingeniería Energética*(3), 1 -5. <https://rie.cujae.edu.cu/index.php/RIE/article/view/273>
- Sánchez, S. (2023). *Turismo en Cuba: ¿cómo van las cifras?* Cubahora. <https://www.cubahora.cu/economia/turismo-en-cuba-como-van-las-cifrasquestion-andgraficos>
- Saunders, A., Kaivo-Oja, J., & Lu, J. (2022). III.1 Economía Energética en Cuba y desafíos futuros. In *FUTURO ENERGÉTICO EN CUBA: La transición hacia un Sistema Renovable de Energía – Factores Políticos, Económicos, Sociales y Medioambientales*. (pp. p. 145-185). <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-249-572-3>
- SEMARNAT. (2020). Guía de eficiencia energética en el diseño, construcción y operación de hoteles en climas cálidos. <https://www.gob.mx/semarnat/documentos/guia-de-eficiencia-energetica-en-el-diseno-construccion-y-operacion-de-hoteles-en-climas-calidos>
- UNE. (2025). *Parte diario 19 de noviembre de 2025*. [https://www.facebook.com/story.php?story\\_fbid=1264412675705798&id=100064112313949&mibextid=wwXlfr&rdid=x5Xo8bsiEyBgiUe#](https://www.facebook.com/story.php?story_fbid=1264412675705798&id=100064112313949&mibextid=wwXlfr&rdid=x5Xo8bsiEyBgiUe#)
- UNWTO & UNEP. (2019). *Hotel energy solutions toolkit*. [www.hotelenergysolutions.net](http://www.hotelenergysolutions.net)
- Urra, A. (2013). *Propuesta de Automatización para el Hotel Pasacaballos en Cienfuegos*. Universida Central "Marta Abreu" de Las Villas. <https://dspace.uclv.edu.cu/server/api/core/bitstreams/18015043-a07c-47ad-8394-aa651c312dce/content>
- Valencia M, P. (2023). *Relevancia y cálculo de demanda energética de edificios*. ArchDaily. <https://www.archdaily.mx/mx/1003463/relevancia-y-calculo-de-demanda-energetica-de-edificios#:~:text=Pero%20lo%20m%C3%A1s%20relevante,%20la%20energ%C3%ADa%20que%20se%20consume%20en>

Wilkinson, K. (2020). *El Informe Drawdown. Soluciones climáticas para una década*. Project Drawdown. <https://www.drawdown.org/drawdown-review>

Zerquera, N. (2018). *Propuesta de cambio del sistema de clima centralizado del Hotel Iberostar Grand Hotel Trinidad*. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. <https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/10297/Zerquera%20Juviel,%20Nelson%20Alberto.pdf>

## Apéndices

### Apéndice A. Incidencia de portadores energéticos en el subsector hotelero cubano.

De los estudios sobre eficiencia energética en edificaciones del subsector hotelero cubano que fueron revisados, aquellos que presentaron el balance energético como resultado permitieron identificar los siguientes desgloses del consumo de energía según los diferentes usos finales:

**Tabla A. 1**

*Incidencia de portadores energéticos en el subsector hotelero cubano.*

Fuente:	ONURE, 2015	Nelson Zerquera, 2018	Danny Ruiz, 2016	Ricardo Núñez, 2014	Arlet Herrera, 2025
	Caribe			Cuba	
		Iberostar	Gaviota S.A.	Cubanacán	Simulación energética
	Balance regional	Hotel Trinidad	Meliá Cayo Santa María	Brisas Santa Lucía	Proyecto de referencia
<b>Categoría</b>	-	5	5		4
<b>Habitaciones</b>	-	40	358		21
<b>Uso previsto</b>	General	General	General	General	Habitacional
<b>Instalaciones y sistemas</b>					
<b>Climatización</b>	55-65	48	54	60-70	40.91
<b>Refrigeración</b>	14	21	5	4-6	15.56
<b>Iluminación</b>	11	9.4	5	6-8	9.72
<b>ACS</b>	7	1.73	2	10-12	14.85
<b>Bombas</b>	12	2.12	28	1-1.5	
<b>Ascensores</b>				1-2	
<b>Vapor</b>				1-2	
<b>Cocina</b>		10.6		6-8	
<b>Otros</b>		6.69	6	3-5	3.93
<b>EUI</b>					
		283 kWh/m <sup>2</sup> /año	351.64 kWh/m <sup>2</sup> /año	238 MWh/año (iluminación)	84.97 kWh/m <sup>2</sup> /año
				365 MWh/año (clima)	

## Apéndice B. Intensidad de aplicación de soluciones de automatización energética en hoteles cubanos

**Tabla B. 1**

*Muestra de la intensidad de aplicación de BACS en hoteles cubanos.*

Fuente:	NC 75:2009	Ángel D. Ricardo, 2023	D. Ruiz, 2016	Visita de campo	J. Ricardo Núñez, 2014	Ricardo Núñez, 2014	Visita de campo	J. Ricardo Núñez, 2020	Visita en campo	Daniilo Carbonell	Simulación energética
Referencia normativa	Gaviota S.A.			Islazul	Cubanacán						Proyecto de referencia
	Hotel Telégrafo	Hotel Pasacaballos	Meliá Cayo Santa María	Hotel Rancho Club	Hotel Albatros	Brisas Santa Lucía	Casagrande	Imperial	Hotel Plaza Santiago de Cuba	Hotel Coral	
Categoría	3***	2**	5*****	3***		4****	4****	4****	5+*****	4****	
Habitaciones	21	188	358	67		416	58	39		34	
Año del proyecto			2002					2020	2015		
Habitaciones											
Iluminación											
Activación circuito	Automático	Automático	Automático	Manual	Automático	Automático	Automático	Siempre energizado	Automático	Automático	Automático
Encendido/apagado	Manual (ON/OFF)	Manual (ON/OFF)	Manual (ON/OFF)	Manual (ON/OFF)	Manual (ON/OFF)	Automático (Escenas)	Manual (ON/OFF)	Manual (ON/OFF)	Manual (ON/OFF)	Circuito de bienvenida	Circuito de bienvenida
Detección de luz natural	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
HVAC											
Encendido/apagado	Manual (ON/OFF)	Manual (ON/OFF)	Manual (ON/OFF)	Manual (ON/OFF)	Manual (ON/OFF)	Manual (ON/OFF)	Manual (ON/OFF)	Manual (ON/OFF)	Automático	Automático	Automático
Lógica de control									Presencia	Presencia	Presencia
Ajuste de enfriamiento	24°C	24°C	24°C	-	24°C	24 °C	24 °C	24 °C	24 °C	24°C	24 °C
Retroso de enfriamiento	No	No	No	No	No	No	No	No	28°C	No	No
Presencia											
Activación circuito	Automático	Automático	Automático	Siempre energizado	Automático	Automático	Automático	Siempre energizado	Automático	Automático	Automático
Puertas y ventanas	Contactos magnéticos	Contactos magnéticos	Contactos magnéticos	No	Contactos magnéticos	Contactos magnéticos	Contactos magnéticos	No	Contactos magnéticos	Contactos magnéticos	Contactos magnéticos
Sensores de presencia	Si	Si	No	No	Si	Si	Si	No	Si	Si	Si
Control de acceso	Interruptor de tarjeta	Interruptor de tarjeta	Interruptor de tarjeta	-	Interruptor de tarjeta	Interruptor de tarjeta	Interruptor de tarjeta	-	-	Interruptor de tarjeta	Interruptor de tarjeta
Dispositivos de sombra											
Cortinas/persianas	Manual (por el usuario)	Manual (por el usuario)	Manual (por el usuario)	Manual (por el usuario)	Manual (por el usuario)	Manual (por el usuario)	Manual (por el usuario)	Manual (por el usuario)	Manual (por el usuario)	Manual (por el usuario)	Manual (por el usuario)
Pasillos, corredores y escaleras											
Iluminación											
Encendido/apagado	Manual (ON/OFF)	Manual (ON/OFF)	Manual (ON/OFF)	Manual (ON/OFF)	Manual (ON/OFF)	Automático (Horario)	Automático (Horario)	Manual	Automático (Horario)	Automático (Horario)	Automático (Horario)
Detección de luz natural	No	No	No	No	No	No	No	No	Si	Si	No
Sensores de presencia	No	No	No	No	No	No	No	No	Si	Si	Si
General											
FRE	No	No	No	No	No		No		No	No	Si
Supervisión y gestión centralizada	SCADA (Supervisión)	SCADA (Supervisión)	SCADA	Sin supervisión	SCADA		SCADA (Supervisión)		SCADA (Supervisión)	SCADA	SCADA (Supervisión)
Nivel de automatización											
	SIMPLE	SIMPLE	SIMPLE	SIMPLE	ESTÁNDAR	ESTÁNDAR	ESTÁNDAR	SIMPLE	ESTÁNDAR	ESTÁNDAR	ESTÁNDAR

## Apéndice C. Pilotaje de instrumentos metodológicos.

La principal opción metodológica sobre la que se sustentan los resultados de este estudio es la simulación y el análisis energético de edificaciones mediante herramientas de software especializadas. Su elección fue el resultado de un proceso riguroso de revisión y evaluación de diversas alternativas metodológicas.

Durante el proceso de pilotaje de instrumentos se evidenció cómo otras metodologías disponibles no resultaban adecuadas para alcanzar los objetivos planteados para la investigación. A partir del mismo, se concluyó que:

- a) Realizar una comparativa directa entre edificaciones que fueran similares en cuanto a categoría, ubicación, usos y dimensiones, pero donde las soluciones de automatización fueran diferentes, podría haber funcionado en sectores con diseños más homogéneos o típicos, como viviendas u hospitales. En las instalaciones turísticas, la variedad y exclusividad en el diseño arquitectónico y aprovechamiento de los espacios no permite realizar equivalencias.

Se realizó una prueba piloto de **observación directa** en dos hoteles ubicados en la ciudad de Santiago de Cuba, con el objetivo de establecer una relación directa entre los patrones de consumo de energía eléctrica en ambos y, más específicamente, la influencia de la regulación automática en el funcionamiento de los sistemas de iluminación y refrigeración. Los resultados de dicha observación se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla C. 1**

*Codificación de los resultados obtenidos en la prueba piloto de observación directa.*

	Descripción	
Nombre	Casa Granda	Imperial
Tipo de edificio	Hotel	Hotel
Categoría	4*	4*
Ubicación	Urbano (20.02133, -75.82917)	Urbano (20.022472, -75.829620)
Año de construcción	1914	1915
Última remodelación	2023 (parcial)	2015 (parcial)
Tipo de servicio	Convencional	Convencional
Cadena hotelera	Cubanacán	Cubanacán
Niveles habitacionales	3	3
Total de habitaciones	58 (3 Junior suite, 18 superiores, 37 estándar)	39 (3 Junior suite, 36 estándar)

<b>Servicios de las habitaciones</b>	TV, clima, minibar y plancha	TV, clima, minibar y plancha
<b>Tipo de sistema HVAC</b>	Expansión directa (módulos de pared)	<i>Multi-split</i>
<b>Sistema de monitoreo</b>	No	ACS, Baja tensión, Contra incendios, Contra intrusos, Sistema Hidroneumático y Planta de emergencia
<b>BMS</b>	No	Sí
<b>BACS</b>		
<b>Habitaciones</b>	✓(clima semiautomatizado)	✓(clima, iluminación y extractores)
<b>Recepción</b>	X	✓(clima, iluminación y extractores)
<b>Restaurante</b>	X	X
<b>Bar</b>	X	X
<b>Snack bar</b>	X	X
<b>Mirador</b>	X	X
<b>Salón de reuniones</b>	X	X
<b>Zonas comunes</b>	X	✓(iluminación y extractores)
<b>Sótano</b>	X	X
<b>Áreas exteriores</b>	X	✓(iluminación)
<b>Consumo de electricidad (kWh)</b>		
<b>Mensual promedio</b>	29787	34681

Nota: Ver Apéndice B, Tabla 14.

Al término del análisis se pudo comprobar cómo, a pesar de esperarse un consumo menor en el edificio con presencia de supervisión y control automatizados (Hotel Imperial), debido a la regulación óptima de los sistemas que típicamente significan el mayor uso de energía eléctrica en hoteles de clima cálido (enfriamiento, ventilación e iluminación) (SEMARNAT, 2020), en este caso ocurrió lo contrario. El consumo de energía eléctrica mensual promedio en el Hotel Casa Granda, a pesar de tener mayor número de habitaciones, índices de ocupación muy similares y no contar con un sistema BMS, es menor que en Hotel Imperial.

La diferencia en los desempeños energéticos registrados se deben, muy posiblemente, a las características arquitectónicas de los mismos: en el primero, los espacios de restaurant, bar, snack bar y recepción se encuentran dispuestos en amplias galería tipo terrazas, donde se aprovecha al máximo la incidencia de luz y ventilación naturales; por su parte, en el segundo, estos mismos espacios se encuentran en locales cerrados de puntal alto, iluminados y climatizados de manera artificial, lo que aumenta la demanda de energía eléctrica, fundamentalmente en los meses de verano. En el caso del Hotel Imperial, la incidencia de los sistemas de automatización en habitaciones, áreas comunes

y exteriores mejora la eficiencia de los sistemas tecnológicos, pero no es posible compensar los beneficios que se hubieran obtenido en términos de eficiencia a través de estrategias pasivas.

Otros estudios similares en hoteles del país (Collado y otros, 2018) (Martínez & Álvarez, 2022) reportan dinámicas similares: índices de consumo notablemente dispersos para hoteles equivalentes en cuanto a categoría, ubicación y número de habitaciones, sin poderse establecer los motivos causales.

- b) De igual manera, realizar un **monitoreo** en tiempo real del consumo requeriría disponer de recursos e instrumentación especializada que, por lo general, no está disponible en la mayoría de los hoteles del país. Además, este tipo de estudios implican modificar la operación normal de los sistemas, lo que muchas veces no es una opción viable para la gerencia del hotel.

En estudios de este tipo, realizados recientemente en el país (Collado y otros, 2018) (Martínez & Álvarez, 2022), se ha optado por registros generales del consumo energético -por ser los disponibles en las instalaciones- sin poderse considerar usos y sistemas específicos por zonas del hotel, ni sistemas constructivos, orientación, dimensiones, entre otros aspectos determinantes en la intensidad de usos de energía. Esto limita en gran medida la posibilidad de desglosar los resultados para su análisis detallado.

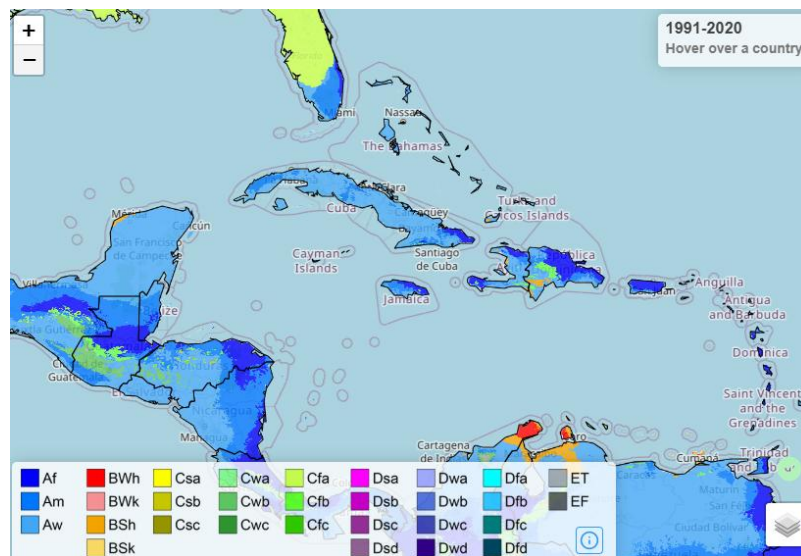
En este contexto, la simulación energética pudiera ofrecer una alternativa más acertada. Esta permite estimar con precisión el comportamiento energético de edificaciones, tanto de nueva construcción como existentes. Resulta conveniente para evaluar el impacto de aspectos como los materiales, la orientación, la ubicación de ventanas y puertas, la eficiencia de sistemas de ventilación, calefacción y agua caliente (HVAC) o la supervisión inteligente en edificios nuevos o existentes y -como en este caso- determinar desde las etapas iniciales del proyecto qué estrategias conviene aplicar para mejorar la eficiencia de este, principalmente respecto al uso de la energía.

## Apéndice D. Perfil climático de la ubicación del proyecto

En Cuba, el clima predominante es cálido-húmedo (tropical), clasificado como “Grupo A” según la clasificación climática de Köppen-Geiger (Figura D. 1). Este tipo de clima se caracteriza por temperaturas elevadas y altos niveles de humedad a lo largo del año.

### Figura D. 1

*Clasificación de Cuba de acuerdo con las zonas climáticas de Köppen-Geiger.*



*Nota:* La imagen muestra las regiones climáticas de Cuba (subgrupos Af, Am, Aw del Grupo A según Köppen-Geiger). Obtenida a partir del mapa “Zonas climáticas en movimiento: Cambios históricos y futuros previstos en la distribución global de las zonas climáticas de Köppen-Geiger” para el periodo de registro de 1991-2020, por *Haizea Analytics* en colaboración con la Universidad de Ciencia y Tecnología Rey Abdullah, GloH2O y la Universidad Nacional de Australia, disponible en <https://koppen.earth/>.

Según los históricos meteorológicos (DOE, 2025), la temperatura de bulbo seco media mensual al aire libre es prácticamente uniforme en Guardalavaca durante todo el año, con ligeras variaciones entre el verano (junio, julio y agosto) y el invierno (diciembre, enero y febrero) (Tabla D. 1).

### Tabla D. 1

*Temperatura de bulbo seco media mensual.*

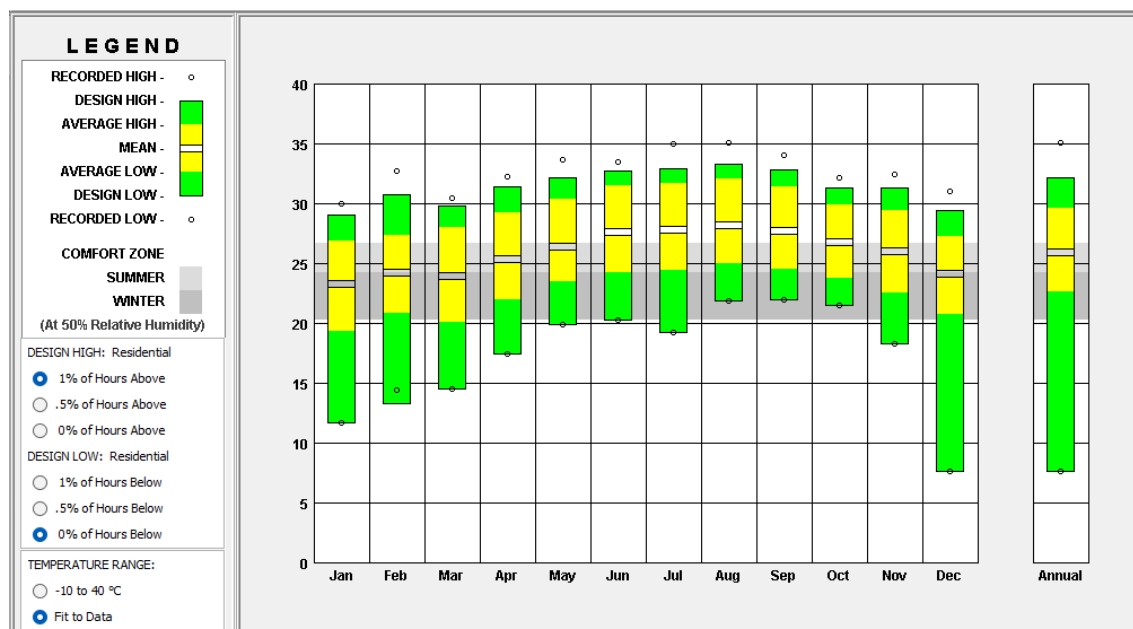
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Promedio
Temperatura (°C)	23	24	23	25	26	27	27	28	27	26	26	24	25.5

*Nota:* Tabla elaborada a partir de los datos climáticos de la estación PUERTO\_PADRE\_CUB (783580), disponibles en [https://energyplus.net/weather-location/north\\_and\\_central\\_america\\_wmo\\_region\\_4/CUB/CUB\\_Puerto.Padre.783580\\_SWERA..](https://energyplus.net/weather-location/north_and_central_america_wmo_region_4/CUB/CUB_Puerto.Padre.783580_SWERA..)

Según el estándar ASHRAE 55, en ambientes interiores, la temperatura radiante media suele estar cerca de la temperatura de bulbo seco (Climate Consultant 6.0, 2021). Por lo tanto, durante la mayor parte del año, la temperatura media interior del edificio debería mantenerse dentro de los límites de confort. Sin embargo, los valores de temperaturas máximas y mínimas mensuales se encuentran fuera de estos rangos. Con base en estos datos, se puede anticipar que, aunque en ciertos momentos del día se experimenta un confort natural en interiores, será necesario implementar estrategias que mitiguen las temperaturas extremas, tanto bajas como altas (Figura D. 2).

**Figura D. 2**

*Rango de temperatura. Evaluación según ASHRAE 55-2004, usando el valor medio predictivo (PMV).*



Nota: Gráfico elaborado en *Climate Consultant 6.0*, a partir de los datos climáticos de la estación PUERTO\_PADRE\_CUB (783580), disponibles en [https://energyplus.net/weather-location/north\\_and\\_central\\_america\\_wmo\\_region\\_4/CUB/CUB\\_Puerto.Padre.783580\\_SWERA](https://energyplus.net/weather-location/north_and_central_america_wmo_region_4/CUB/CUB_Puerto.Padre.783580_SWERA).

La humedad relativa promedio al aire libre es superior al 70%. Los mayores porcentajes de humedad al aire libre se perciben durante la estación lluviosa, que ocurre entre los meses de mayo y junio (Tabla D. 2).

**Tabla D. 2**

*Humedad relativa promedio mensual.*

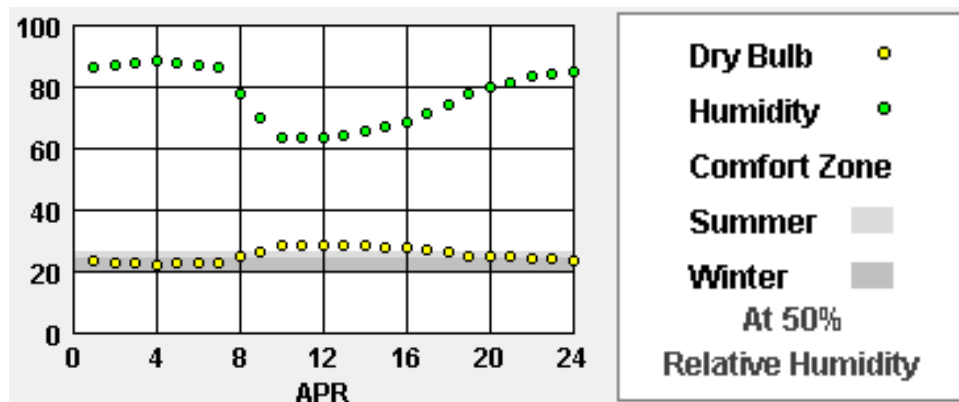
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Promedio
Humedad relativa (%)	80	77	79	77	83	82	80	79	80	86	81	83	<b>81</b>

*Nota:* Elaborada a partir de los datos climáticos de la estación PUERTO\_PADRE\_CUB (783580), disponibles en [https://energyplus.net/weather-location/north\\_and\\_central\\_america\\_wmo\\_region\\_4/CUB/CUB\\_Puerto.Padre.783580\\_SWERA](https://energyplus.net/weather-location/north_and_central_america_wmo_region_4/CUB/CUB_Puerto.Padre.783580_SWERA).

A lo largo del año, la dinámica entre la humedad relativa y la temperatura de bulbo seco sigue un patrón bien definido (Figura D. 3). El porcentaje de humedad en el aire es bastante elevado (superior al 80%) durante la madrugada y las primeras horas de la mañana (de 0:00 h a 8:00 h) y va disminuyendo con el avance del día conforme la temperatura aumenta, hasta que alcanzar un valor mínimo de 60% cerca del mediodía. Posteriormente, la concentración de humedad se restablece de manera gradual durante la tarde y las primeras horas de la noche.

**Figura D. 3**

*Temperatura de bulbo seco y Humedad Relativa, en noviembre. Evaluación según ASHRAE 55-2004, usando el valor medio predictivo (PMV).*

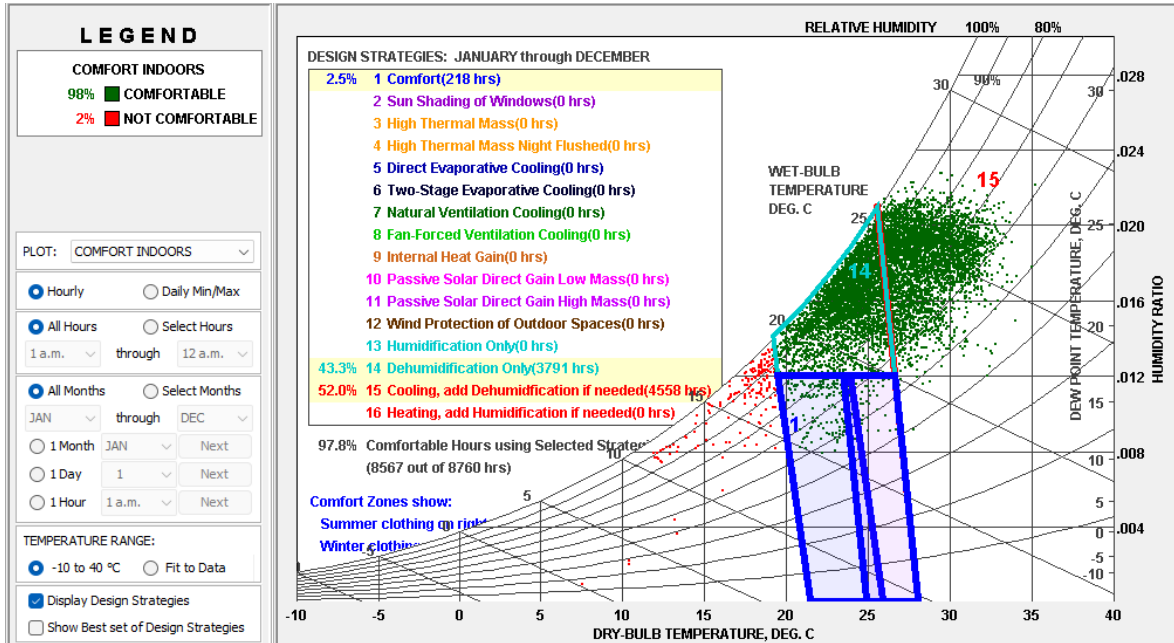


*Nota:* Gráfico correspondiente al mes de noviembre, en el que la temperatura y humedad promedio se aproximan más a los valores medios anuales. Elaborado en *Climate Consultant 6.0*, a partir de los datos climáticos de la estación PUERTO\_PADRE\_CUB (783580), disponibles en [https://energyplus.net/weather-location/north\\_and\\_central\\_america\\_wmo\\_region\\_4/CUB/CUB\\_Puerto.Padre.783580\\_SWERA](https://energyplus.net/weather-location/north_and_central_america_wmo_region_4/CUB/CUB_Puerto.Padre.783580_SWERA).

Debido a los picos de calor en Guardalavaca, se estima que solo durante 218 horas al año se experimenta una sensación de confort en el interior de las edificaciones de manera natural, lo que representa el 2% del total. Para lograr el confort durante el resto del tiempo, sería necesario recurrir a estrategias activas de enfriamiento y deshumidificación del aire en espacios interiores (Figura D. 4).

**Figura D. 4**

*Carta psicrométrica anual. Horas confortables en interiores durante el año, aplicando estrategias activas de enfriamiento y deshumidificación.*



Nota: Gráfico elaborado en *Climate Consultant 6.0*, a partir de los datos climáticos de la estación PUERTO\_PADRE\_CUB (783580), disponibles en [https://energyplus.net/weather-location/north\\_and\\_central\\_america\\_wmo\\_region\\_4/CUB/CUB\\_Puerto.Padre.783580\\_SWERA](https://energyplus.net/weather-location/north_and_central_america_wmo_region_4/CUB/CUB_Puerto.Padre.783580_SWERA).

## Apéndice E. Cálculo de insumos para simulación energética.

### 1. Coeficiente global de transferencia de calor.

Los coeficientes globales de transferencia de calor ( $U$ ) de las ventanas y las puertas fueron calculados teniendo en cuenta el espesor de la sección y las características térmicas del material de construcción descritas en la NC 53-103:1983, complementaria a la NC 220-1:2009 (Tabla E. 1 y Tabla E. 2).

**Tabla E. 1**

*Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor ( $U$ ) de las ventanas.*

<b>Descripción de la porción:</b>	Ventana		
<b>Componente de la envolvente:</b>	Pared		
<b>Material capas homogéneas térmicamente</b>	l (m)	h (W/mK)	M (m <sup>2</sup> K/W)
<b>Convección exterior</b>	1.000	13.000	0.077
<b>Vidrio claro</b>	0.006	0.760	0.008
<b>Convección interior</b>	1.000	8.100	0.123
	<b>Valor U</b>		<b>4.801</b>

**Tabla E. 2**

*Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor ( $U$ ) de las puertas.*

<b>Descripción de la porción:</b>	Puerta		
<b>Componente de la envolvente:</b>	Pared		
<b>Material capas homogéneas térmicamente</b>	l (m)	h (W/mK)	M (m <sup>2</sup> K/W)
<b>Convección exterior</b>	1.000	13.000	0.077
<b>Madera contrachapada</b>	0.045	0.210	0.214
<b>Convección interior</b>	1.000	8.100	0.123
	<b>Valor U</b>		<b>2.412</b>

## 2. Densidad de potencia de iluminación (LPD) general.

El valor de LPD general se calculó en función de los usos definidos para cada espacio, usando un promedio ponderado por área, según se recomienda en las bases de diseño de *cove.tool* (Chopson, 2023). A partir del diseño del edificio, el área utilizada se dividió y clasificó en 3 usos fundamentales (Tabla E. 3).

**Tabla E. 3**

*Cálculo del LPD general por promedio ponderado por área.*

Usos previstos	LPD (W/ft2)	LPD (W/m2)	% del área total	Ponderación
<b>Dormitorio</b>	0.38	4.09032	0.5	2.04516
<b>Corredor</b>	0.92	9.90288	0.4	3.961152
<b>Lavabo</b>	1.21	13.0244	0.1	1.302444
		<b>LPD general</b>		<b>7.308756</b>

*Nota:* Los usos generales para los espacios y sus correspondientes valores de LPD promedio corresponden a los citados en la sección “Iluminación”, en los Insumos de ingeniería de *cove.tool*, disponibles en <https://help.covetool.com/en/articles/2626712-lighting>.

El resultado obtenido es muy similar al valor de LPD promedio sugerido por la Norma ASHRAE 90.1 para el área construida de los hoteles, en la Tabla 9.5.1: “Densidad de potencia de iluminación permitidos utilizando el Método de área del edificio”.



## Apéndice G. Memoria descriptiva del proyecto

### MEMORIA DESCRIPTIVA DE PROYECTO

**OBJETO:** BLOQUE HABITACIONAL HOTELERO

**ACTIVIDAD:** AUTOMATIZACIÓN

**ANTECEDENTES:**

En el diseño del sistema de automatización de una villa de habitaciones, prevista para ofrecer un hospedaje de alto estándar en el polo turístico Guardalavaca, Holguín, se tuvieron en cuenta como objetivos generales:

- Alcanzar las condiciones de explotación de equipos, sistemas e instalaciones, incrementando la disponibilidad técnica, la eficiencia y la eficacia de los mismos con vistas a reducir los costos de operación y mantenimiento y el consumo de portadores energéticos.
- Alcanzar el nivel de automatización del hotel con una visión integradora (habitaciones y resto de las áreas tecnológicas y de servicio).
- Alcanzar la seguridad tecnológica y operacional del hotel logrando niveles superiores de vigilancia y protección de las instalaciones.
- Garantizar el confort de los servicios que se brindan al cliente final de acuerdo a los estándares internacionales para el sector hotelero y turístico.
- Alcanzar la eficiencia del personal de operación y explotación de las áreas técnicas, de seguridad y de servicio del hotel que requieren el soporte de las tecnologías de la Información, las Comunicaciones y la Automatización para su desempeño óptimo y eficiente.
- Realizar un sistema de control de los procesos que se justifiquen teniendo en cuenta la factibilidad y necesidad de cada proceso.

## OBJETO PARTICULAR Y ALCANCE DE LA MEMORIA:

La memoria contiene una breve reseña de la instalación automática diseñada y constituye una introducción a la información contenida en los planos del proyecto.

## ALCANCE DEL PROYECTO:

El proyecto comprende la automatización del Bloque Habitacional que, partiendo de la estación de mando central de automatización ubicada en el edificio destinado a esta función (típicamente Lobby o Bloque tecnológico), llega a las estaciones locales ubicadas en cada nivel del edificio habitacional y a partir de estas se distribuye. Se prevé como un sistema escalable, modular, sostenible y actualizable por etapas, que permita migrar a otras variantes tecnológicas similares o superiores si así se requiere, basado en tecnologías de estándares abiertos con protocolos que prioricen la robustez y fiabilidad de la información.

El sistema de Control y de Supervisión estará centralizado y contará con tres niveles de automatización:

- Primer Nivel: Sensores y actuadores que se encargan de enviar todas las mediciones y de recibir las señales de control de los niveles superiores.
- Segundo Nivel: Controladores encargados de procesar toda la información del primer nivel y realizar el control directo, tienen la posibilidad de comunicarse con controladores de su mismo nivel y con el nivel superior.
- Tercer Nivel: Donde se recibe, mediante la red Ethernet de cableado estructurado, toda la información de los controladores, procesos y equipos que integran el sistema. Se garantiza a través de un sistema de gestión (BMS) la supervisión del correcto funcionamiento de toda la instalación.

La propuesta busca ofrecer una solución técnica orientada a mejorar la eficiencia energética del edificio en cuestión. Se presentan la instrumentación y los algoritmos según el actual diseño; sin embargo, se reconoce la posibilidad de migrar, en el futuro, hacia tecnologías más actualizadas e integrar niveles superiores de gestión, en línea con los principios de la Industria 4.0. Asimismo, se destaca la importancia de un correcto dimensionamiento y del cumplimiento con los estándares mínimos de eficiencia normativa en los sistemas

tecnológicos involucrados en el edificio (como iluminación eléctrica, aire acondicionado, electrodomésticos, entre otros), a fin de alcanzar los objetivos energéticos previstos.

Es importante señalar que el presente proyecto debe considerarse únicamente como una referencia técnica. No está destinado para ser utilizado en el montaje, distribución o contratación de equipamiento.

#### DATOS PARA EL DISEÑO:

Para la realización de este proyecto se han tomado como base las siguientes informaciones:

- ✓ **Norma NC-674-4:2018:** Requisitos de alcance y contenido de los servicios técnicos. Parte 4: soluciones conceptuales o proyecto técnico.
- ✓ **Norma NC-220-5:2009:** Requisitos de diseño para la Eficiencia Energética. Parte 5: Administración de Energía.
- ✓ **Norma NC-775-12: 2012:** Bases para el Diseño y Construcción de Inversiones Turísticas. Parte 12: Requisitos de Automatización.
- ✓ **Norma NC-775-13: 2012:** Bases para el Diseño y Construcción de Inversiones Turísticas. Parte 13: Requisitos de Hidráulica y sanitaria.
- ✓ **Norma NC-775-10: 2012:** Bases para el Diseño y Construcción de Inversiones Turísticas. Parte 10: Electroenergética.
- ✓ El diseño se ha elaborado sobre la base de los planos en REVIT elaborados por el Arq. Adrián A. García, a cargo del proyecto, y los datos aportados por los especialistas de proyecto de la Empresa de Proyectos de Arquitectura e Ingeniería No. 15 (EMPROY 15) de Santiago de Cuba.

#### DESCRIPCIÓN GENERAL:

El sistema automático propuesto se basa en la plataforma de control de habitaciones y áreas de servicio ROBOTBAS, desarrollada por la empresa Robot, utilizando módulos de la serie SisLink. Se emplearán variables con señales tanto analógicas como digitales, todas ellas con sus correspondientes funciones de control y señalización. Como canalizaciones

se emplearán bandejas plásticas perforadas, del tipo no propagador de las llamas y sus características, así como los elementos correspondientes para su montaje.

En los planos implementados se brindan las ubicaciones de las estaciones locales (PA-01) y se expresan los diagramas de bloques a través de los esquemas estructurales que muestran una descripción del montaje de la instalación y su distribución. Los suministros y cantidades esgrimidos en la lista de materiales estarán sujetos a precisiones, así como el completamiento de los restantes suministros.

#### DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES:

##### *Estaciones locales de automática*

El subsistema propuesto se desarrolla en tres niveles, teniendo una estación local de automática por cada uno. Las estaciones se componen por los paneles PA-01 en el nivel  $\pm 0.00$ , PA-02 en el nivel  $+2.95$ . y PA-03 en el en el nivel  $+5.90$ , ubicados en el clóset de automática de cada uno. En estas estaciones locales se ubican los acopladores de zona, elementos de comunicación y repetidores de señal en caso de ser requeridos, así como el controlador genérico TC 7174 para el control del sistema de detección de luz natural. A partir de las mismas se establece comunicación en los controladores de zona de un mismo nivel, en este caso controladores de habitación (RC, *Room Control*). La comunicación entre las estaciones locales y los módulos se establece a partir del bus SiSLink, siempre respetando la topología reglamentaria para garantizar el correcto funcionamiento del sistema.

El soporte físico recomendado para el bus SiSLink es el cable flexible POS LSHF de 300 V, de baja capacidad.

##### *Instrumentos de control y supervisión de iluminación en vestíbulos y escaleras*

Para implementar un control redundante de la iluminación en los vestíbulos y escaleras del edificio, se instalará un sensor resistivo de luminosidad (LDR) que funcionará como detector crepuscular. Este ha sido ubicado en la fachada sur, con el fin de asegurar una exposición solar promedio, evitando las variaciones extremas que podrían presentarse en las fachadas este y oeste. Debe estar alejado de luminarias o fuentes de calor artificial, a fin de garantizar mediciones precisas y fiables.

Asimismo, se verificará su compatibilidad con los módulos de control ROBOTBAS. El tipo de cableado para la alimentación y/o comunicación dependerá de la tecnología específica seleccionada.

### *Paneles de habitación*

Cada habitación contará con su respectivo Panel de Distribución y Control (PDC), donde se instalará el RC R7600, provisto con su fuente de alimentación. También se incorporará el actuador de alumbrado modelo LC 7208SP, encargado de accionar el circuito de iluminación. Desde este punto se extiende el bus de comunicación C3, que enlaza el resto de los dispositivos del sistema de instrumentación automática. El tramado del sistema se basó exclusivamente en criterios de distancia entre componentes, ya que el bus C3 no posee polaridad, lo que permite un cableado flexible, adaptado a las necesidades del instalador.

El cable recomendado para el bus C3 es CFM Z1Z1-K 2x0.5 LH. Es necesario conectar una resistencia terminadora TD 7903 luego del dispositivo más alejado de la unidad de control.

### *Instrumentos de control y supervisión de habitaciones*

Se ubicará un termostato de ambiente, que además de censar la temperatura interior de la habitación, está equipado con panel táctil y teclas capacitivas para la interacción directa del usuario. El mismo se ubica en el área de dormitorio de cada habitación. Este dispositivo permitirá la regulación de la temperatura mediante el encendido/apagado de la unidad interior del sistema *multisplit* y el control de la velocidad del aire de salida de la misma.

El control del sistema de iluminación se realizará a través del actuador de iluminación asociado a los sensores de presencia ubicados estratégicamente en el baño y dormitorio. Estos sensores determinarán el estado de ocupación del espacio y, a en base a este, se operan los circuitos de iluminación. En caso de detectar presencia de los usuarios, se mantiene energizado el panel de alumbrado de la habitación; por el contrario, si el espacio se mantiene desocupado durante un tiempo previamente programado en el controlador de habitación, se procede a desactivar las luminarias. Adicionalmente, el sistema verificará las solicitudes manuales de encendido a través de los pulsadores destinados a esta función, garantizando así la compatibilidad entre el control automático y la intervención del usuario, en función de criterios de eficiencia energética.

Para complementar el sistema de gestión energética, se instalarán contactos magnéticos en las puertas de acceso, cuya señal de estado permitirá identificar la apertura de los cerramientos. En tales casos, el sistema procederá a la desconexión del aire acondicionado, evitando pérdidas energéticas innecesarias y contribuyendo al cumplimiento de los objetivos de optimización del consumo.

#### DOCUMENTACIÓN GRÁFICA:

Los planos que se adjuntan a este proyecto contienen:

1. Canalizaciones.
2. Esquemas de diagramas estructurales (diagramas de bloques).
3. Descripción de símbolos utilizados.
4. Notas aclaratorias.

Proyectista:            Ing. Arlet Herrera Sánchez

## Apéndice H. Referencia económica

**Tabla H. 1**

*Cotización del sistema ROBOTBAS, por NOVELEC Antillas.*

REFERENCIA ECONÓMICA									
No.	Descripción	FABRICANTE	REFERENCIA	Unidad	Cant.	P. U.	Total EUR	P. U.	Total CUP
HABITACIONES									
SUMINISTRO DE PANEL DE CONTROL							€ 6,250.44		\$ 175,012.32
1	Controlador Serie RC7600 para bus SiSLink/CAN con fuente de alimentación C3 incorporada.	ROBOTBAS	R7600	U	21	€ 205.00	€ 4,305.00	\$ 5,740.00	\$ 120,540.00
2	Caja plástica para empotrar 2F 24 MOD IP40, con puerta opaca.	HYPRO	U24-CW	U	21	€ 28.37	€ 595.77	\$ 794.36	\$ 16,681.56
3	Int. Mag. Modular HGD 1P, 20A CURVA C; ICN=6KA; 240-415 VCA;	Hyundai Electric	HGD63-P1P020C	U	21	€ 9.08	€ 190.68	\$ 254.24	\$ 5,339.04
4	Interruptor diferencial HRC63S, CLASE AC, 2P 40A, 30MA, STD	Hyundai Electric	HRC63S-G2PG4040	U	21	€ 16.00	€ 336.00	\$ 448.00	\$ 9,408.00
5	Int. Mag. Modular HGD 1P, 10A CURVA C; ICN=6KA; 240-415 VCA; IEC/EN 60898-1; PRO	Hyundai Electric	HGD63-N1P010C	U	63	€ 3.20	€ 201.60	\$ 89.60	\$ 5,644.80
6	Interruptor magnetotérmico modular HGD 1P, 6A CURVA C; ICN=6KA; 240-415 VCA; IEC/EN 60898-1; PRO	Hyundai Electric	HGD63-N1P006C	U	21	€ 3.20	€ 67.20	\$ 89.60	\$ 1,881.60
7	Int. Mag. Modular HGD 1P, 16A CURVA C; ICN=6KA; 240-415 VCA; IEC/EN 60898-1; PRO	Hyundai Electric	HGD63-N1P016C	U	21	€ 3.20	€ 67.20	\$ 89.60	\$ 1,881.60
8	Contactador modular hic 25a, contactos 2NO+0NC, 230 VAC, 50/60HZ	Hyundai Electric	HIC25-20NSX230	U	21	€ 23.19	€ 486.99	\$ 649.32	\$ 13,635.72
SUMINISTRO DE SENSORES Y PERIFÉRICOS							€ 14,826.00		\$ 415,128.00
9	Detector de Moviminto IR para bus Sislink/C3 de Pared.	ROBOTBAS	MD7310 JLS WW	U	21	€ 65.00	€ 1,365.00	\$ 1,820.00	\$ 38,220.00
10	Módulo de Comunicación para bus SiSLink/C3 para Detector de Movimiento de Pared MD7310.	ROBOTBAS	MC7952 JLS	U	21	€ 37.00	€ 777.00	\$ 1,036.00	\$ 21,756.00
11	Detector de Moviminto IR para bus Sislink/C3 de color blanco. Instalación en falso techo. Alcance hasta 10m.	ROBOTBAS	MD7315	U	21	€ 59.00	€ 1,239.00	\$ 1,652.00	\$ 34,692.00
12	Display de Climatización para el control de un equipo de 1 equipo de Clima.	ROBOTBAS	FD7555 JLS O WW	U	21	€ 137.00	€ 2,877.00	\$ 3,836.00	\$ 80,556.00
13	Módulo de Comunicación para C3 compatible con display de climatización FD7555.	ROBOTBAS	MC7951 JLS W	U	21	€ 37.00	€ 777.00	\$ 1,036.00	\$ 21,756.00
14	Par de contacto magnéticos para empotrar con cable. Contacto de puerta.	ROBOTBAS	CE-L4	U	21	€ 9.00	€ 189.00	\$ 252.00	\$ 5,292.00
15	Par de contacto magnéticos CM8 de superficie de ventana con cable. Contacto de ventana.	RODMAN	RCM8B0	U	21	€ 22.00	€ 462.00	\$ 616.00	\$ 12,936.00
16	Actuador de persianas de 2 salidas por relé de 10A conmutadas.	ROBOTBAS	BA7222	U	21	€ 170.00	€ 3,570.00	\$ 4,760.00	\$ 99,960.00
17	Actuador para abanico.	ROBOTBAS	CF7221	U	21	€ 170.00	€ 3,570.00	\$ 4,760.00	\$ 99,960.00
18	Actuador de alumbrado con 8 salidas por relé para bus SiSLink/C3.	ROBOTBAS	LC7208 SP	U	21	€ 120.00	€ 2,520.00	\$ 3,360.00	\$ 70,560.00
CABLEADO							€ 850.50		\$ 23,814.00
19	Cable DAT LIYCY CPR 2x0.5 GR SX (R100) 06S. Cable para BUS C3	REC	CFMZ1Z1-K	M	1575	€ 0.54	€ 850.50	\$ 15.12	\$ 23,814.00

SUMINISTRO DE MECANISMOS DE FUERZA (BÁSICOS)							€ 5,584.74	\$ 156,372.72																																																
20	Mecanismo Interruptor Apagador Unipolar Simple.	JUNG	501U	U	42	€ 5.33	€ 223.86	\$ 149.24	\$ 6,268.08																																															
21	Tecla simple LS para mecanismo interruptor simple.	JUNG	LS990 WW	U	42	€ 3.37	€ 141.54	\$ 94.36	\$ 3,963.12																																															
22	Mecanismo Interruptor Apagador Doble.	JUNG	505U	U	21	€ 8.60	€ 180.60	\$ 240.80	\$ 5,056.80																																															
23	Tecla doble para mecanismo doble interruptor.	JUNG	LS995WW	U	21	€ 5.76	€ 120.96	\$ 161.28	\$ 3,386.88																																															
24	Tomacorriente euroamericano, con clavija de tierra,16A/250V.	JUNG	521BCEINS	U	126	€ 8.40	€ 1,058.40	\$ 235.20	\$ 29,635.20																																															
25	Cazoleta para tomacorriente euroamericano. Placa frontal troquelada para enchufe euroamericano.	JUNG	LS521BCBFW WPL	U	126	€ 1.60	€ 201.60	\$ 44.80	\$ 5,644.80																																															
26	Mecanismo base de Toma telefónica UAE.	JUNG	UAE8UPO	U	42	€ 15.70	€ 659.40	\$ 439.60	\$ 18,463.20																																															
27	Placa Frontral Troquelada para Toma Telefónica.	JUNG	LS 969-IUAWW	U	42	€ 4.28	€ 179.76	\$ 119.84	\$ 5,033.28																																															
28	Mecanismo Interruptor Apagador Triple.	JUNG	5306 EU	U	21	€ 13.25	€ 278.25	\$ 371.00	\$ 7,791.00																																															
29	Tecla Triple para Mecanismo Interruptor.	JUNG	LS993BFWW	U	21	€ 10.68	€ 224.28	\$ 299.04	\$ 6,279.84																																															
30	Mecanismo base de Toma USB.	JUNG	USB15CAWW	U	21	€ 52.66	€ 1,105.86	\$ 1,474.48	\$ 30,964.08																																															
31	Tapa frontal Troquelada para Toma USB.	JUNG	LS1969USBWW	U	21	€ 4.28	€ 89.88	\$ 119.84	\$ 2,516.64																																															
32	Marco simple LS. Marco sencillo para 1 Mecanismo.	JUNG	LS 981 WW	U	168	€ 2.25	€ 378.00	\$ 63.00	\$ 10,584.00																																															
33	Marco doble LS. Marco doble para 2 Mecanismos.	JUNG	LS 982 WW	U	21	€ 4.08	€ 85.68	\$ 114.24	\$ 2,399.04																																															
34	Marco triple LS. Marco Triple para 3 Mecanismos.	JUNG	LS983WW	U	21	€ 7.04	€ 147.84	\$ 197.12	\$ 4,139.52																																															
35	Caja de Mecanismo para Empotrar 1 Elemento en Paredes Huecas. Caja de mecanismos universal 1 corona - 68 mm con tornillos.	IDE	D70/1K	U	315	€ 0.90	€ 283.50	\$ 25.20	\$ 7,938.00																																															
36	Caja de Mecanismos para Empotrar 2 Elementos (Paredes Huecas) Dim:139x68x48mm.	IDE	D70/2K	U	42	€ 1.86	€ 78.12	\$ 52.08	\$ 2,187.36																																															
37	Caja de Mecanismos para Empotrar 3 Elementos (Paredes Huecas) Dim:210x68x48mm.	IDE	D70/3K	U	42	€ 2.93	€ 123.06	\$ 82.04	\$ 3,445.68																																															
38	Caja de Mecanismos para Empotrar 1 Elemento en Paredes Convencionales. Dim:71x71x43mm.	IDE	D88	U	105	€ 0.23	€ 24.15	\$ 6.44	\$ 676.20																																															
VESTÍBULOS																																																								
SUMINISTRO DE PANEL DE CONTROL							€ 600.00	\$ 16,800.00																																																
39	Módulo de control industrial de 4 Entradas Digitales para contacto libre de tensión + 4 Salidas Digitales por relé.	ROBOTBAS	TC7174	U	3	€ 200.00	€ 600.00	\$ 5,600.00	\$ 16,800.00																																															
SUMINISTRO DE SENSORES Y PERIFÉRICOS							€ 1,062.00	\$ 29,736.00																																																
40	Sensor resistivo de luminosidad (LDR) para exteriores.	ROBOTBAS	SLE390	U	3	€ 354.00	€ 1,062.00	\$ 9,912.00	\$ 29,736.00																																															
<table border="0" style="width:100%"> <tr> <td style="width:50%; vertical-align:top;"> <p><b>NO INCLUYE:</b></p> <p>* Canalización y cableado eléctricos</p> <p>* Canalización automática</p> <p>*Instalación y mano de obra</p> <p><b>NO INCLUYE:</b></p> <p>* Canalización y cableado eléctricos</p> <p>* Canalización automática</p> <p>*Instalación y mano de obra</p> <p>*Dispositivos de fuerza</p> </td> <td style="width:50%; vertical-align:top;"> <table border="0" style="width:100%"> <tr> <td>SUBTOTAL (EUR)</td> <td>€ 31,693.68</td> <td>EUR</td> <td>SUBTOTAL (CUP)</td> <td>\$887,423.04</td> </tr> <tr> <td>GASTOS FOB AEROPUERTO MADRID (1.5%)</td> <td>€ 475.41</td> <td>EUR</td> <td>(1.5%)</td> <td>\$13,311.35</td> </tr> <tr> <td>IMPORTE FOB AEROPUERTO MADRID</td> <td>€ 32,169.09</td> <td>EUR</td> <td>IMPORTE</td> <td>\$900,734.39</td> </tr> <tr> <td>FLETE AEREO</td> <td>€ 550.00</td> <td>EUR</td> <td>FLETE AEREO</td> <td>\$15,400.00</td> </tr> <tr> <td>IMPORTE TOTAL</td> <td>\$32,719.09</td> <td></td> <td>IMPORTE TOTAL</td> <td>\$916,134.39</td> </tr> <tr> <td>SUBTOTAL AUTOMTIZACIÓN (EUR)</td> <td></td> <td></td> <td>SUBTOTAL (CUP)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CLASE C</td> <td>€ 14,786.94</td> <td>EUR</td> <td>CLASE C</td> <td>\$414,034.32</td> </tr> <tr> <td>CLASE B</td> <td>€ 22,526.94</td> <td>EUR</td> <td>CLASE B</td> <td>\$630,754.32</td> </tr> <tr> <td><b>SUBTOTAL PROPUESTA (EUR)</b></td> <td><b>€ 7,740.00</b></td> <td><b>EUR</b></td> <td><b>SUBTOTAL (CUP)</b></td> <td><b>\$216,720.00</b></td> </tr> </table> </td> </tr> </table>										<p><b>NO INCLUYE:</b></p> <p>* Canalización y cableado eléctricos</p> <p>* Canalización automática</p> <p>*Instalación y mano de obra</p> <p><b>NO INCLUYE:</b></p> <p>* Canalización y cableado eléctricos</p> <p>* Canalización automática</p> <p>*Instalación y mano de obra</p> <p>*Dispositivos de fuerza</p>	<table border="0" style="width:100%"> <tr> <td>SUBTOTAL (EUR)</td> <td>€ 31,693.68</td> <td>EUR</td> <td>SUBTOTAL (CUP)</td> <td>\$887,423.04</td> </tr> <tr> <td>GASTOS FOB AEROPUERTO MADRID (1.5%)</td> <td>€ 475.41</td> <td>EUR</td> <td>(1.5%)</td> <td>\$13,311.35</td> </tr> <tr> <td>IMPORTE FOB AEROPUERTO MADRID</td> <td>€ 32,169.09</td> <td>EUR</td> <td>IMPORTE</td> <td>\$900,734.39</td> </tr> <tr> <td>FLETE AEREO</td> <td>€ 550.00</td> <td>EUR</td> <td>FLETE AEREO</td> <td>\$15,400.00</td> </tr> <tr> <td>IMPORTE TOTAL</td> <td>\$32,719.09</td> <td></td> <td>IMPORTE TOTAL</td> <td>\$916,134.39</td> </tr> <tr> <td>SUBTOTAL AUTOMTIZACIÓN (EUR)</td> <td></td> <td></td> <td>SUBTOTAL (CUP)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CLASE C</td> <td>€ 14,786.94</td> <td>EUR</td> <td>CLASE C</td> <td>\$414,034.32</td> </tr> <tr> <td>CLASE B</td> <td>€ 22,526.94</td> <td>EUR</td> <td>CLASE B</td> <td>\$630,754.32</td> </tr> <tr> <td><b>SUBTOTAL PROPUESTA (EUR)</b></td> <td><b>€ 7,740.00</b></td> <td><b>EUR</b></td> <td><b>SUBTOTAL (CUP)</b></td> <td><b>\$216,720.00</b></td> </tr> </table>	SUBTOTAL (EUR)	€ 31,693.68	EUR	SUBTOTAL (CUP)	\$887,423.04	GASTOS FOB AEROPUERTO MADRID (1.5%)	€ 475.41	EUR	(1.5%)	\$13,311.35	IMPORTE FOB AEROPUERTO MADRID	€ 32,169.09	EUR	IMPORTE	\$900,734.39	FLETE AEREO	€ 550.00	EUR	FLETE AEREO	\$15,400.00	IMPORTE TOTAL	\$32,719.09		IMPORTE TOTAL	\$916,134.39	SUBTOTAL AUTOMTIZACIÓN (EUR)			SUBTOTAL (CUP)		CLASE C	€ 14,786.94	EUR	CLASE C	\$414,034.32	CLASE B	€ 22,526.94	EUR	CLASE B	\$630,754.32	<b>SUBTOTAL PROPUESTA (EUR)</b>	<b>€ 7,740.00</b>	<b>EUR</b>	<b>SUBTOTAL (CUP)</b>	<b>\$216,720.00</b>
<p><b>NO INCLUYE:</b></p> <p>* Canalización y cableado eléctricos</p> <p>* Canalización automática</p> <p>*Instalación y mano de obra</p> <p><b>NO INCLUYE:</b></p> <p>* Canalización y cableado eléctricos</p> <p>* Canalización automática</p> <p>*Instalación y mano de obra</p> <p>*Dispositivos de fuerza</p>	<table border="0" style="width:100%"> <tr> <td>SUBTOTAL (EUR)</td> <td>€ 31,693.68</td> <td>EUR</td> <td>SUBTOTAL (CUP)</td> <td>\$887,423.04</td> </tr> <tr> <td>GASTOS FOB AEROPUERTO MADRID (1.5%)</td> <td>€ 475.41</td> <td>EUR</td> <td>(1.5%)</td> <td>\$13,311.35</td> </tr> <tr> <td>IMPORTE FOB AEROPUERTO MADRID</td> <td>€ 32,169.09</td> <td>EUR</td> <td>IMPORTE</td> <td>\$900,734.39</td> </tr> <tr> <td>FLETE AEREO</td> <td>€ 550.00</td> <td>EUR</td> <td>FLETE AEREO</td> <td>\$15,400.00</td> </tr> <tr> <td>IMPORTE TOTAL</td> <td>\$32,719.09</td> <td></td> <td>IMPORTE TOTAL</td> <td>\$916,134.39</td> </tr> <tr> <td>SUBTOTAL AUTOMTIZACIÓN (EUR)</td> <td></td> <td></td> <td>SUBTOTAL (CUP)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CLASE C</td> <td>€ 14,786.94</td> <td>EUR</td> <td>CLASE C</td> <td>\$414,034.32</td> </tr> <tr> <td>CLASE B</td> <td>€ 22,526.94</td> <td>EUR</td> <td>CLASE B</td> <td>\$630,754.32</td> </tr> <tr> <td><b>SUBTOTAL PROPUESTA (EUR)</b></td> <td><b>€ 7,740.00</b></td> <td><b>EUR</b></td> <td><b>SUBTOTAL (CUP)</b></td> <td><b>\$216,720.00</b></td> </tr> </table>	SUBTOTAL (EUR)	€ 31,693.68	EUR	SUBTOTAL (CUP)	\$887,423.04	GASTOS FOB AEROPUERTO MADRID (1.5%)	€ 475.41	EUR	(1.5%)	\$13,311.35	IMPORTE FOB AEROPUERTO MADRID	€ 32,169.09	EUR	IMPORTE	\$900,734.39	FLETE AEREO	€ 550.00	EUR	FLETE AEREO	\$15,400.00	IMPORTE TOTAL	\$32,719.09		IMPORTE TOTAL	\$916,134.39	SUBTOTAL AUTOMTIZACIÓN (EUR)			SUBTOTAL (CUP)		CLASE C	€ 14,786.94	EUR	CLASE C	\$414,034.32	CLASE B	€ 22,526.94	EUR	CLASE B	\$630,754.32	<b>SUBTOTAL PROPUESTA (EUR)</b>	<b>€ 7,740.00</b>	<b>EUR</b>	<b>SUBTOTAL (CUP)</b>	<b>\$216,720.00</b>										
SUBTOTAL (EUR)	€ 31,693.68	EUR	SUBTOTAL (CUP)	\$887,423.04																																																				
GASTOS FOB AEROPUERTO MADRID (1.5%)	€ 475.41	EUR	(1.5%)	\$13,311.35																																																				
IMPORTE FOB AEROPUERTO MADRID	€ 32,169.09	EUR	IMPORTE	\$900,734.39																																																				
FLETE AEREO	€ 550.00	EUR	FLETE AEREO	\$15,400.00																																																				
IMPORTE TOTAL	\$32,719.09		IMPORTE TOTAL	\$916,134.39																																																				
SUBTOTAL AUTOMTIZACIÓN (EUR)			SUBTOTAL (CUP)																																																					
CLASE C	€ 14,786.94	EUR	CLASE C	\$414,034.32																																																				
CLASE B	€ 22,526.94	EUR	CLASE B	\$630,754.32																																																				
<b>SUBTOTAL PROPUESTA (EUR)</b>	<b>€ 7,740.00</b>	<b>EUR</b>	<b>SUBTOTAL (CUP)</b>	<b>\$216,720.00</b>																																																				

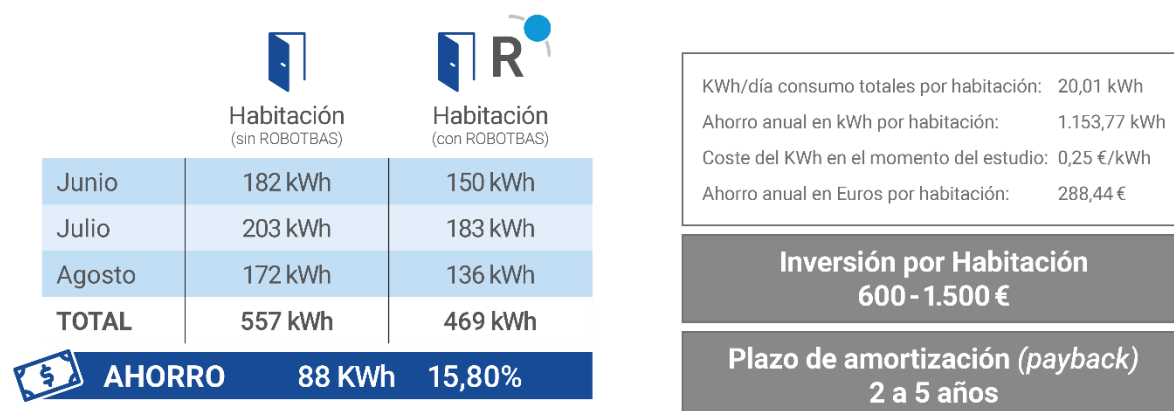
Cotización por parte de: NOVELEC ANTILLAS

FECHA: 01/05/2025



## Figura H. 1

Estudio realizado en el hotel Meliá Paradisus Punta Cana por la empresa Robot.



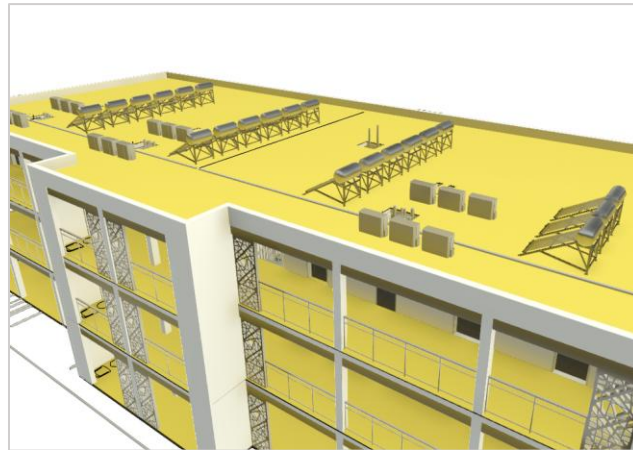
Nota: Datos obtenidos y divulgados por Novelec, a través de presentación ejecutiva.

## Apéndice I. Sistema solar térmico

En el proyecto de referencia, desarrollado por el equipo de ingeniería de la Empresa de Proyectos de Arquitectura e Ingeniería (EMPROY 15) de Santiago de Cuba, se incluye el diseño de un sistema solar térmico a cargo de la generación de agua caliente sanitaria (ACS) en el edificio (Tabla I. 1).

### Figura I. 1

*Sistema solar térmico*



*Nota:* Ubicación en la cubierta del sistema solar térmico propuesto para el calentamiento de agua de uso doméstico. Conformado por 4 subsistemas: 3 de 6 colectores y 1 de 3 colectores interconectados, previstos para brindar servicio a las unidades habitacionales.

**Tabla I. 1**

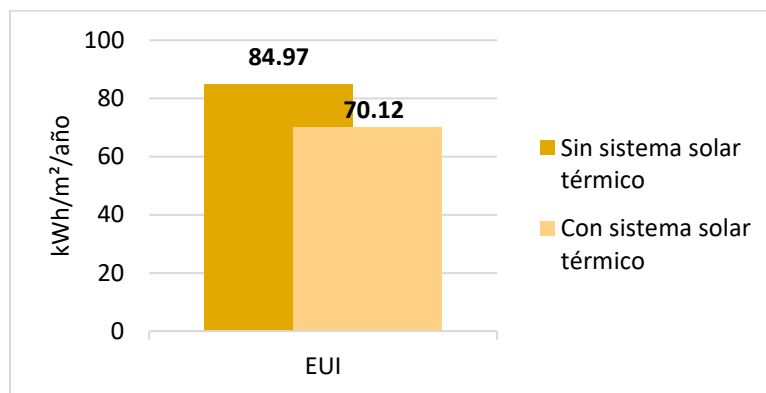
*Consideraciones de diseño para el sistema solar térmico del proyecto.*

Datos técnicos del colector	Modelo: LPC-47-1510-30-ACF
Tipo de superficie de captación	Cristal de Borosilicato
Área de captación	1.1 m <sup>2</sup>
Ángulo	30.0 °
Eficiencia	0.5
Producción diaria (50°C)	90.0 L/por colector
Cant. Colectores	21
Condiciones de diseño	
Demanda promedio por persona (50°C)	60.0 L
Factor de simultaneidad	0.75
Demanda real	1890.0 L
Cobertura	100%
$EUI_{SHW}$	14.85 kWh/m <sup>2</sup> /año

A partir de los parámetros de diseño anteriores, se modeló el impacto del sistema solar térmico en el EUI de la línea base mediante *cove.tool*, en su sección de “Optimización”. Como resultado, se determinó que el 100 % de la energía requerida para la generación de agua caliente de uso doméstico en el edificio podría ser suministrada por el sistema solar, lo que representa un ahorro del 17.47 % respecto a la energía total prevista para la operación del inmueble (Figura I. 2).

### Figura I. 2

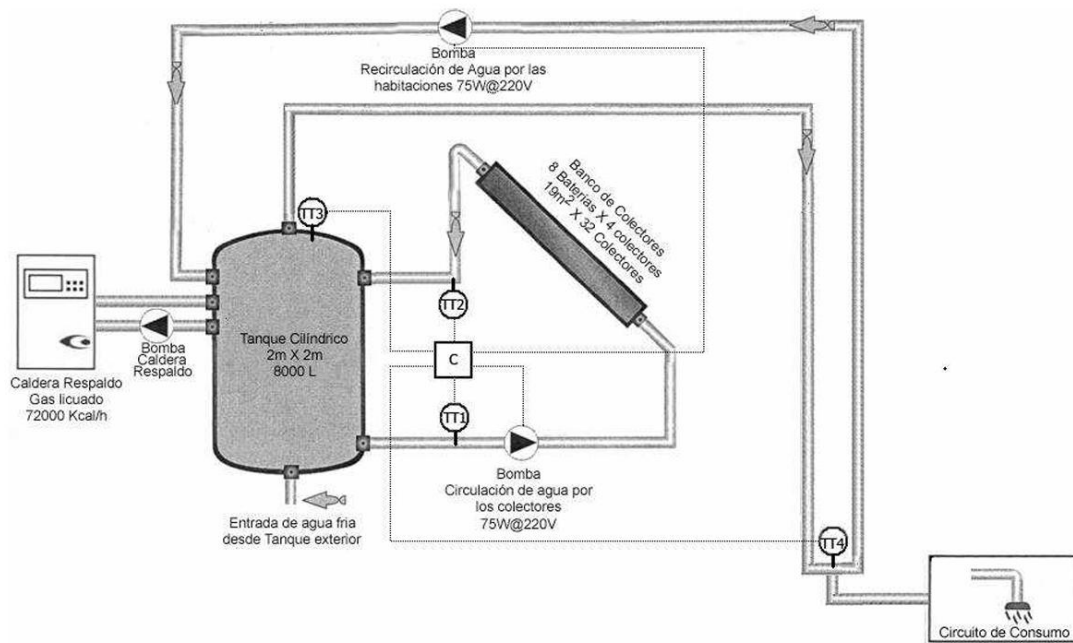
*Incidencia prevista del sistema solar térmico en el uso de energía del proyecto.*



En edificios de uso terciario, donde los sistemas solares térmicos son de mayor envergadura que en edificaciones residenciales, es esencial contar con control automatizado y monitoreo continuo para garantizar su correcto funcionamiento según la tipología del sistema (circulación, intercambio, conexión, etc.). El control regula las bombas de circulación (primaria y/o secundaria) según la diferencia de temperatura entre entrada y salida, asegurando el movimiento del líquido caloportador según la demanda y el potencial térmico, minimizando el consumo eléctrico y maximizando la eficiencia del sistema (Figura I. 3).

**Figura I. 3**

*Control automatizado para sistema solar térmico.*



*Nota:* Tomado de “Redes Inalámbricas para el Monitoreo y Control en tiempo real de Sistemas de Calentamiento de agua con Colectores Solares”, por Pullés, Pino, et al, 2011, disponible en [https://www.researchgate.net/publication/277766210\\_Nets\\_Inalámbricas\\_para\\_el\\_Monitoreo\\_y\\_Control\\_en\\_tiempo\\_real\\_de\\_Sistemas\\_de\\_Calentamiento\\_de\\_agua\\_con\\_Colectores\\_Solares](https://www.researchgate.net/publication/277766210_Nets_Inalámbricas_para_el_Monitoreo_y_Control_en_tiempo_real_de_Sistemas_de_Calentamiento_de_agua_con_Colectores_Solares).

## Apéndice J. Guía Técnica

A partir de la presente investigación se elaboró una publicación divulgativa de formato compacto, destinada a facilitar la réplica de este tipo de análisis en proyectos con objetivos similares. El material, titulado *Automatización energética en hoteles cubanos: Guía técnica para el diseño y la evaluación de estrategias de automatización avanzada para espacios habitacionales*, ofrece orientaciones prácticas para el diseño y la evaluación de este tipo de soluciones.

### Figura J. 1

#### *Guía Técnica*



El mismo, no pretende reemplazar las regulaciones y estándares de diseño vigentes, sino complementarlos desde una perspectiva más integral y compleja. Aborda aquellos aspectos que se considera no han sido suficientemente tratados en la normativa actual, con la aspiración de que los criterios aquí presentados puedan, eventualmente, incorporarse a futuras actualizaciones de dicha normativa.

Además de ofrecer lineamientos de diseño, la guía incluye estadísticas energéticas del sector, herramientas para el análisis, validación y evaluación del desempeño potencial, así como referencias económicas y de factibilidad que ilustran el impacto y la pertinencia de las soluciones de automatización energética más recientes en el contexto nacional.

Al mismo tiempo, este texto se ofrece como una invitación —o incentivo— dirigida a otros profesionales comprometidos con el diseño y la sostenibilidad de las edificaciones, a fin de

estimular la elaboración de propuestas y desarrollos similares que contribuyan al perfeccionamiento del marco técnico y regulatorio en este ámbito.

**Autora:** *Arlet Herrera Sánchez*

**Corrección:** *Francisco Álvarez Partida*

**Edición y Diseño Gráfico:** *Adrian Amed García Jardines*

**Disponible en:**

<https://drive.google.com/file/d/1rzXH38ezWJ88tidmXjS6ovguuOdCLH-u/view?usp=sharing>

