

Rentabilidad de la Inversión en Infraestructura Sostenible: Evaluación del Retorno Financiero (ROI) en Proyectos de Eficiencia Hídrica y Energética en Hoteles

Profitability of Investment in Sustainable Infrastructure: Evaluation of Financial Return (ROI) in Water and Energy Efficiency Projects in Hotels

Ricardo Antonio Ortiz¹, Jose Crespo², Expedito Raul Ramos³, Carlos Chen⁴ y Michael Castillo⁵

¹Universidad de Panamá, ricardoantonio.ortiz@up.ac.pa, <https://orcid.org/0000-0002-6828-544X>, Panamá

²Universidad de Panamá, jose.crespo@up.ac.pa, <https://orcid.org/0009-0003-3175-2766>, Panamá

³Universidad de Panamá, Ramosfuentes.626@up.ac.pa, <https://orcid.org/0009-0007-4116-6276>, Panamá

⁴Universidad de Panamá, carlos.chen@up.ac.pa, <https://orcid.org/0000-0001-9288-6635>, Panamá

⁵Universidad de Panamá, michael.castillo-g@up.ac.pa, <https://orcid.org/0009-0007-0466-863X>, Panamá

Información del Artículo

Trazabilidad:

Recibido 10-11-2025

Revisado 11-11-2025

Aceptado 14-12-2025

Palabras Clave:

Inversión sostenible

ROI

Eficiencia energética

Eficiencia hídrica

Infraestructura hotelera

RESUMEN

La inversión en infraestructura sostenible en hoteles, particularmente en proyectos de eficiencia hídrica y energética, ha ganado relevancia en el contexto de aumento de costos operativos y presión regulatoria. Este artículo evalúa la rentabilidad financiera de dichas inversiones mediante el análisis de retorno de inversión (ROI), período de recuperación y valor actual neto (VAN) en una muestra de 25 hoteles de 4 y 5 estrellas en Latinoamérica que han implementado proyectos de sostenibilidad en los últimos 5 años. La metodología emplea un enfoque cuantitativo basado en el análisis de datos financieros y operativos pre y post-implementación, complementado con entrevistas a gerentes de operaciones. Los resultados indican que los proyectos de eficiencia energética presentan un ROI promedio del 32.5% con período de recuperación de 3.2 años, mientras que los proyectos de eficiencia hídrica muestran un ROI del 28.5% con recuperación en 3.8 años. La combinación de ambos tipos de proyectos genera sinergias que incrementan el ROI al 41.2% y reducen el período de recuperación a 2.8 años. Se concluye que la inversión en infraestructura sostenible no solo es ambientalmente responsable, sino financieramente rentable, con retornos superiores a los de inversiones tradicionales en el sector hotelero.

ABSTRACT

Investment in sustainable infrastructure in hotels, particularly in water and energy efficiency projects, has gained relevance in the context of rising operational costs and regulatory pressure. This article evaluates the financial profitability of such investments through analysis of return on investment (ROI), payback period, and net present value (NPV) in a sample of 25 four and five-star hotels in Latin America that have implemented sustainability projects in the last 5 years. The methodology employs a quantitative approach based on analysis of financial and operational data pre and post-implementation, complemented by interviews with operations managers. Results indicate that energy efficiency projects present an average ROI of 32.5% with a payback period of 3.2 years, while water efficiency projects show an ROI of 28.5% with recovery in 3.8 years. The combination of both types of projects generates synergies that increase ROI to 41.2% and reduce the payback period to 2.8 years. It is concluded that investment in sustainable infrastructure is not only environmentally responsible but financially profitable, with returns superior to traditional investments in the hotel sector.

Keywords:

Sustainable investment.

ROI.

Energy efficiency.

Water efficiency.

Hotel infrastructure

INTRODUCCIÓN

El Desafío de la Infraestructura Sostenible en Hotelería

La industria hotelera es intensiva en consumo de recursos, particularmente energía y agua. Un hotel promedio consume entre 200 y 400 kWh de energía por metro cuadrado al año y entre 300 y 500 litros de agua por huésped por noche, dependiendo de la categoría y los servicios ofrecidos (Bohdanowicz & Martinac, 2007). Estos consumos representan no solo un impacto ambiental significativo, sino también una parte sustancial de los costos operativos, que en muchos hoteles alcanza el 10-15% de los ingresos totales. En las últimas dos décadas, la presión regulatoria, el aumento de los precios de la energía y el agua, y la creciente demanda de turistas conscientes con el medio ambiente han impulsado a los hoteleros a considerar inversiones en infraestructura sostenible. Sin embargo, la decisión de invertir en estos proyectos enfrenta una barrera fundamental: la necesidad de demostrar su rentabilidad financiera en un sector caracterizado por márgenes operativos ajustados y horizontes de inversión cortos (Butler, 2008).

El sector hotelero global representa aproximadamente el 1% de las emisiones de carbono a nivel mundial y consume cerca de 5.000 millones de metros cúbicos de agua al año, equivalente al consumo anual de 100 millones de personas (UNWTO, 2023). Esta huella ambiental ha llevado a gobiernos y organismos internacionales a establecer metas cada vez más exigentes de reducción de consumo. El Pacto Verde Europeo, por ejemplo, exige una reducción del 55% de las emisiones para 2030, afectando directamente a cadenas hoteleras con operaciones en ese continente. En América Latina, países como Costa Rica y México han implementado programas de certificación turística sostenible que incentivan la adopción de tecnologías eficientes (ICT, 2022).

Paralelamente, los costos de la energía y el agua han experimentado incrementos sostenidos en la última década. Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2023), las tarifas eléctricas en la región aumentaron un 45% en promedio entre 2015 y 2023, mientras que las tarifas de agua potable se incrementaron un 38% en el mismo período. Esta tendencia, que se espera continúe debido a la presión sobre los recursos naturales y la necesidad de inversión en infraestructura, hace que la eficiencia en el consumo sea no solo una opción ambiental, sino una necesidad financiera para la supervivencia de los hoteles.

Tipos de Proyectos de Eficiencia

Los proyectos de eficiencia energética en hoteles abarcan un amplio espectro de tecnologías y medidas:

- **Iluminación eficiente:** Sustitución de bombillas convencionales por tecnología LED, que puede reducir el consumo de iluminación entre un 50% y un 70% (Dubey et al., 2017).
- **Sistemas de climatización (HVAC):** Modernización de equipos, instalación de variadores de frecuencia y sistemas de control automatizados (BMS), con ahorros potenciales del 20-40% (Xuchao et al., 2010).
- **Energías renovables:** Instalación de paneles solares fotovoltaicos o térmicos, que pueden cubrir entre el 10% y el 30% de la demanda energética del hotel (Dalton et al., 2009).
- **Cogeneración:** Sistemas de generación combinada de calor y electricidad, particularmente rentables en hoteles con alta demanda de agua caliente sanitaria.

En el ámbito de la eficiencia hídrica, los proyectos más comunes incluyen:

- **Dispositivos de bajo flujo:** Aireadores, cabezales de ducha eficientes y sanitarios de doble descarga, con ahorros del 20-30% (Gössling, 2015).
- **Reutilización de aguas grises:** Sistemas que tratan y reutilizan aguas de lavabos y duchas para riego o descarga de inodoros.
- **Captación de agua de lluvia:** Almacenamiento y tratamiento de aguas pluviales para usos no potables.
- **Detección y reparación de fugas:** Programas de mantenimiento preventivo que reducen pérdidas significativas.

Tecnologías emergentes en eficiencia energética

Además de las tecnologías consolidadas, en los últimos años han surgido innovaciones que prometen mejorar aún más la eficiencia energética en hoteles. Los sistemas de Internet de las Cosas (IoT) permiten el monitoreo y control en tiempo real del consumo energético por habitación, ajustando automáticamente la climatización y la iluminación en función de la ocupación (Borges et al., 2021). Los gemelos digitales

(digital twins), que crean réplicas virtuales de los edificios para simular y optimizar el consumo, están siendo implementados por cadenas como Marriott y Hilton en sus nuevos desarrollos (Deloitte, 2023).

Marco Conceptual: Evaluación de Inversiones

La evaluación financiera de proyectos de inversión se basa en indicadores que permiten comparar la rentabilidad de diferentes alternativas. Los más utilizados en el sector hotelero son:

- **Retorno sobre la inversión (ROI):** $(\text{Beneficio neto} / \text{Inversión inicial}) \times 100$. Mide la rentabilidad relativa de la inversión.
- **Período de recuperación (Payback):** Tiempo necesario para recuperar la inversión inicial con los flujos de caja generados.
- **Valor actual neto (VAN):** Suma de los flujos de caja futuros descontados a una tasa que refleja el costo de oportunidad del capital.
- **Tasa interna de retorno (TIR):** Tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero.

Estudios previos han aplicado estos indicadores a proyectos de eficiencia energética en hoteles, reportando períodos de recuperación que oscilan entre 2 y 7 años dependiendo de la tecnología y el contexto (Bohdanowicz & Martinac, 2007; Dalton et al., 2009).

Brecha de Investigación y Objetivos

A pesar de la creciente literatura sobre eficiencia energética e hídrica en hotelería, existe una brecha en la evaluación comparativa de la rentabilidad financiera de diferentes tipos de proyectos, particularmente en el contexto latinoamericano. La mayoría de los estudios se centran en casos individuales o en regiones desarrolladas, y rara vez comparan proyectos de energía y agua de forma integrada.

Este estudio aborda esta brecha mediante el análisis de datos financieros y operativos de 25 hoteles en Latinoamérica que han implementado proyectos de eficiencia energética, hídrica o combinados en los últimos 5 años. Los objetivos específicos son:

1. Calcular el ROI, período de recuperación y VAN de proyectos de eficiencia energética en hoteles.
2. Calcular el ROI, período de recuperación y VAN de proyectos de eficiencia hídrica en hoteles.
3. Comparar la rentabilidad de ambos tipos de proyectos e identificar sinergias en proyectos combinados.

Identificar los factores críticos que determinan el éxito financiero de las inversiones en infraestructura sostenible.

MATERIALES Y MÉTODOS

Marco de Investigación y Muestra

El estudio es de naturaleza cuantitativa, basado en el análisis de datos financieros y operativos de 25 hoteles de 4 y 5 estrellas ubicados en destinos turísticos de Panamá, Costa Rica, México y Colombia. Los hoteles fueron seleccionados por haber implementado al menos un proyecto de eficiencia energética o hídrica en el período 2019-2024, y por disponer de datos completos pre y post-implementación.

La muestra se distribuye de la siguiente manera:

- 10 hoteles con proyectos de eficiencia energética (iluminación LED, HVAC, paneles solares)
- 8 hoteles con proyectos de eficiencia hídrica (dispositivos de bajo flujo, reutilización de aguas)
- 7 hoteles con proyectos combinados (energía + agua)

Variables del Estudio

Tabla 1: Variables e Indicadores del Estudio

Categoría	Variable	Indicador	Unidad	Fuente
Características del hotel	Categoría	4 estrellas / 5 estrellas	Categoría	Registros
	Número de habitaciones	Capacidad hotelera	Unidades	Registros
	Antigüedad	Años desde construcción	Años	Registros

Inversión	Monto invertido	Inversión total en el proyecto	USD	Estados financieros
	Tipo de proyecto	Energía / Agua / Combinado	Categoría	Registros
	Tecnología implementada	Descripción de equipos	Texto	Registros
Ahorros	Ahorro energético	Reducción consumo kWh/año	%	Facturas
	Ahorro económico energía	USD ahorrados por año	USD	Facturas
	Ahorro hídrico	Reducción consumo m³/año	%	Facturas
	Ahorro económico agua	USD ahorrados por año	USD	Facturas
	Ahorro mantenimiento	Reducción costos mantenimiento	USD	Registros
Rentabilidad	ROI	(Beneficio anual / Inversión) × 100	%	Calculado
	Payback	Inversión / Beneficio anual	Años	Calculado
	VAN	Valor actual neto (tasa 10%)	USD	Calculado
	TIR	Tasa interna de retorno	%	Calculado
Contexto	Incentivos fiscales	Existencia de subsidios	Sí/No	Entrevista
	Tarifa energética	Costo kWh	USD	Facturas
	Tarifa hídrica	Costo m³	USD	Facturas

Técnicas de Análisis

Para el análisis de los datos se emplearon las siguientes técnicas:

- Análisis descriptivo: Cálculo de medias, medianas y rangos para cada tipo de proyecto.
- Pruebas t de Student: Para comparar la rentabilidad entre tipos de proyecto.
- Análisis de sensibilidad: Evaluación del impacto de variaciones en tarifas energéticas e hídricas sobre el ROI.
- Análisis de correlación: Entre tamaño del hotel, monto invertido y rentabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características de los Proyectos Analizados

La Tabla 2 presenta las características generales de los proyectos incluidos en la muestra.

Tabla 2: Características de los Proyectos por Tipo

Variable	Proyectos energía (n=10)	Proyectos agua (n=8)	Proyectos combinados (n=7)
Inversión promedio (USD)	285,000	145,000	380,000
Rango de inversión (USD)	80,000 – 650,000	45,000 – 280,000	150,000 – 750,000
Tamaño promedio hotel (habitaciones)	210	185	235
Categoría 4 estrellas / 5 estrellas	6/4	5/3	4/3
Con incentivos fiscales (%)	40%	25%	43%

Los proyectos de eficiencia energética requieren inversiones promedio más altas (USD 285,000) que los proyectos hídricos (USD 145,000), debido a la mayor complejidad tecnológica y al costo de equipos como paneles solares o sistemas de climatización. Los proyectos combinados, lógicamente, presentan la inversión más elevada (USD 380,000).

Rentabilidad de Proyectos de Eficiencia Energética

Tabla 3: Indicadores de Rentabilidad - Proyectos de Energía

Indicador	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	Desviación estándar
Ahorro energético (%)	28.5%	27.0%	15.0%	45.0%	8.2%
Ahorro anual (USD)	82,500	75,000	24,000	195,000	42,500
ROI (%)	32.5%	30.2%	18.5%	58.0%	10.8%
Payback (años)	3.2	3.1	1.8	5.2	0.9
VAN (tasa 10%, USD)	285,000	220,000	45,000	680,000	185,000
TIR (%)	24.5%	22.0%	14.0%	42.0%	8.5%

Los proyectos de eficiencia energética muestran un ROI promedio del 32.5% y un período de recuperación de 3.2 años. La variabilidad es significativa, con proyectos de iluminación LED mostrando los mejores retornos (ROI > 40%, payback < 2.5 años) y proyectos de paneles solares los períodos de recuperación más largos (4-5 años) debido a la mayor inversión inicial.

Rentabilidad de Proyectos de Eficiencia Hídrica

Tabla 4: Indicadores de Rentabilidad - Proyectos de Agua

Indicador	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	Desviación estándar
Ahorro hídrico (%)	32.5%	30.0%	18.0%	55.0%	10.5%
Ahorro anual (USD)	38,500	32,000	12,000	85,000	22,500
ROI (%)	28.5%	26.8%	15.2%	48.5%	9.8%
Payback (años)	3.8	3.5	2.2	6.5	1.2
VAN (tasa 10%, USD)	125,000	95,000	25,000	280,000	78,000
TIR (%)	21.5%	19.8%	11.5%	36.0%	7.8%

Los proyectos de eficiencia hídrica presentan un ROI promedio del 28.5% y un período de recuperación de 3.8 años. Los dispositivos de bajo flujo (aireadores, sanitarios eficientes) muestran los mejores retornos, mientras que los sistemas de reutilización de aguas grises requieren inversiones más altas y períodos de recuperación más largos.

Rentabilidad de Proyectos Combinados

Tabla 5: Indicadores de Rentabilidad - Proyectos Combinados

Indicador	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	Desviación estándar
Ahorro energético (%)	32.5%	31.0%	20.0%	48.0%	8.5%
Ahorro hídrico (%)	35.5%	34.0%	22.0%	52.0%	9.2%
Ahorro anual total (USD)	145,000	128,000	65,000	280,000	62,000
ROI (%)	41.2%	39.5%	28.5%	62.0%	10.5%
Payback (años)	2.8	2.6	1.8	4.2	0.7
VAN (tasa 10%, USD)	485,000	420,000	180,000	950,000	225,000
TIR (%)	32.5%	30.2%	22.0%	48.0%	8.2%

Los proyectos combinados muestran un ROI significativamente superior (41.2%) y un período de recuperación más corto (2.8 años) que los proyectos individuales. Esta sinergia se explica por:

- Economías de escala en la gestión de proyectos
- Ahorros compartidos en costos administrativos
- Complementariedad de tecnologías (ej., paneles solares que también alimentan bombas de agua)

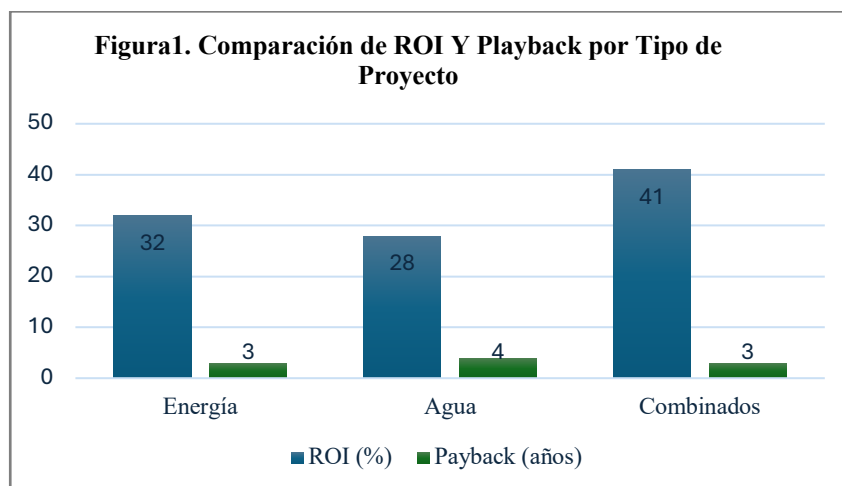


Fig. 1: Comparación de ROI y Payback por Tipo de Proyecto

Figura 1. Comparación de rentabilidad (ROI) y período de recuperación (payback) para proyectos de eficiencia energética, hídrica y combinados. Los proyectos combinados muestran el mejor desempeño en ambos indicadores.

Análisis de Sensibilidad

Tabla 6: Análisis de Sensibilidad del ROI ante Variaciones en Tarifas

Escenario	Variación tarifa	ROI Energía	ROI Agua	ROI Combinados
Pesimista	-20%	24.5%	21.5%	32.5%
Base	0%	32.5%	28.5%	41.2%
Optimista	+20%	40.5%	35.5%	50.5%

El análisis de sensibilidad muestra que la rentabilidad de los proyectos es altamente sensible a las variaciones en las tarifas de energía y agua. Un incremento del 20% en las tarifas mejora el ROI de proyectos combinados hasta el 50.5%, mientras que una reducción del 20% lo disminuye al 32.5%, aún por encima de muchos proyectos de inversión alternativos.

Factores Críticos de Éxito

A partir de las entrevistas con gerentes de operaciones, se identificaron los siguientes factores críticos para el éxito financiero de los proyectos:

1. **Diagnóstico preciso:** Realizar auditorías energéticas e hídricas detalladas antes de la inversión.
2. **Selección de tecnología adecuada:** Adaptada a las características específicas del hotel (clima, ocupación, perfil de huéspedes).
3. **Incentivos fiscales:** Aprovechar programas gubernamentales de subsidios o beneficios tributarios.
4. **Capacitación del personal:** Asegurar que los empleados operen correctamente los nuevos equipos.
5. **Monitoreo continuo:** Verificar que los ahorros proyectados se materialicen y mantener los equipos en óptimas condiciones.

Discusión e Implicaciones Estratégicas

- **La rentabilidad de la sostenibilidad:** Los resultados confirman que la inversión en infraestructura sostenible en hoteles no solo es ambientalmente responsable, sino financieramente atractiva, con ROIs superiores al 30% en la mayoría de los casos y períodos de recuperación inferiores a 4 años.
- **Priorización de inversiones:** Los proyectos de eficiencia energética, particularmente iluminación LED y optimización de HVAC, ofrecen los retornos más rápidos y deberían ser priorizados en

hoteles con recursos limitados. Los proyectos hídricos, aunque con ROIs ligeramente inferiores, son igualmente importantes en regiones con estrés hídrico o tarifas elevadas.

- **Sinergias de proyectos combinados:** La evidencia muestra que abordar simultáneamente eficiencia energética e hídrica genera sinergias que mejoran significativamente la rentabilidad, probablemente debido a la complementariedad de las tecnologías y a economías de escala en la implementación.
- **Implicaciones para la gestión hotelera:** Los resultados justifican la inclusión de proyectos de eficiencia en los planes de inversión de los hoteles, no como una partida de "responsabilidad social", sino como una oportunidad de negocio con retornos atractivos y riesgos moderados.

Limitaciones del estudio: La muestra se limita a hoteles de alta categoría en Latinoamérica, y los resultados pueden no ser generalizables a hoteles de menor categoría o en otras regiones. Los datos de ahorros provienen de estimaciones de los hoteles y no han sido auditados externamente en todos los casos.

CONCLUSIÓN

Este estudio ha demostrado que la inversión en infraestructura sostenible en hoteles, particularmente en proyectos de eficiencia energética e hídrica, genera retornos financieros atractivos y períodos de recuperación razonables. Los proyectos de eficiencia energética presentan un ROI promedio del 32.5% con payback de 3.2 años, los proyectos hídricos un ROI del 28.5% con payback de 3.8 años, y los proyectos combinados un ROI del 41.2% con payback de 2.8 años.

La contribución principal de este artículo es triple:

- **Empírica:** Aporta evidencia cuantitativa sobre la rentabilidad de proyectos de eficiencia en el contexto latinoamericano, una región con escasos estudios previos.
- **Comparativa:** Por primera vez, compara sistemáticamente la rentabilidad de proyectos energéticos, hídricos y combinados en una muestra homogénea.
- **Práctica:** Proporciona a los administradores hoteleros información valiosa para priorizar inversiones y justificar la asignación de recursos a proyectos de sostenibilidad.

Se concluye que la inversión en infraestructura sostenible debe ser considerada una oportunidad de negocio con retornos financieros superiores a muchas inversiones tradicionales en el sector hotelero. Los hoteles que lideren esta transición no solo reducirán su impacto ambiental y sus costos operativos, sino que mejorarán su competitividad en un mercado cada vez más consciente de la sostenibilidad.

REFERENCIAS

- BID (Banco Interamericano de Desarrollo). (2022). Financiamiento verde para el turismo sostenible en América Latina. BID.
- Bohdanowicz, P., & Martinac, I. (2007). Determinants and benchmarking of resource consumption in hotels. *Energy and Buildings*, 39(1), 82-95.
- Borges, L. A., et al. (2021). Internet of Things applications in smart hotels: A systematic review. *International Journal of Hospitality Management*, 95, 102-115.
- Butler, J. (2008). The compelling "hard case" for green hotel development. *Cornell Hospitality Quarterly*, 49(3), 234-244.
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). (2023). Panorama de las tarifas eléctricas en América Latina. CEPAL.
- Copeland, T., & Antikarov, V. (2001). *Real options: A practitioner's guide*. Texere.
- Deloitte. (2023). Digital twins in hospitality: The future of hotel management. Deloitte Insights.
- Dalton, G. J., Lockington, D. A., & Baldock, T. E. (2009). Case study feasibility analysis of renewable energy supply options for small to medium-sized tourist accommodations. *Renewable Energy*, 34(4), 1134-1144.
- Dubey, R., Gunasekaran, A., & Papadopoulos, T. (2017). Green supply chain management: Theoretical framework and future research directions. *Benchmarking: An International Journal*, 24(1), 2-25.
- Deng, S., & Burnett, J. (2002). Energy use and management in hotels in Hong Kong. *International Journal of Hospitality Management*, 21(4), 371-380.

- Chan, W. W., & Lam, J. C. (2003). Energy-saving supporting tourism sustainability: A case study of hotel swimming pool heat pump. *Journal of Sustainable Tourism*, 11(1), 74-83.
- FIDE (Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica). (2021). Evaluación de proyectos de eficiencia energética en hoteles de Cancún. FIDE Publicaciones.
- Gössling, S. (2015). New performance indicators for water management in tourism. *Tourism Management*, 46, 233-244.
- ICT (Instituto Costarricense de Turismo). (2022). Informe de sostenibilidad hotelera 2022. ICT.
- IRENA (International Renewable Energy Agency). (2022). Renewable power generation costs in 2021. *IRENA*.
- Sloan, P., Legrand, W., & Chen, J. S. (2013). Sustainability in the hospitality industry: Principles of sustainable operations. Routledge.
- UNWTO (World Tourism Organization). (2023). Tourism and climate change: Policy recommendations. UNWTO Publications.
- Warren, C., & Becken, S. (2017). Saving energy and water in tourist accommodation: A systematic review. *Journal of Cleaner Production*, 142, 4229-4243.
- Warren, C., & Becken, S. (2017). Saving energy and water in tourist accommodation: A systematic review. *Journal of Cleaner Production*, 142, 4229-4243.
- Xuchao, W., Priyadarsini, R., & Eang, L. S. (2010). Benchmarking energy use and greenhouse gas emissions in Singapore's hotel industry. *Energy Policy*, 38(8), 4520-4527.