

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.  
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), septiembre-octubre 2025,  
Volumen 9, Número 5.

[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v9i5](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i5)

# **ACEPTACIÓN SOCIOCULTURAL Y TECNOLÓGICA DE LABORATORIOS SUSTENTABLES: CASO DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TEHUACÁN**

## **SOCIOCULTURAL AND TECHNOLOGICAL ACCEPTANCE OF SUSTAINABLE LABORATORIES: CASE OF THE TEHUACÁN TECHNOLOGICAL INSTITUTE**

**Placido Lopez Merino**

Tecnologico Nacional de Mexico/ Instituto Tecnológico de Tehuacan

**José Ernesto Clemente García Pérez**

Tecnologico Nacional de Mexico/ Instituto Tecnológico de Tehuacan

**Ramón Heredia García**

Tecnologico Nacional de Mexico/ Instituto Tecnológico de Tehuacan

**Rafael Tobón Bravo**

Tecnologico Nacional de Mexico/ Instituto Tecnológico de Tehuacan

**Mauro Moisés Mendoza Aguilar**

Tecnologico Nacional de Mexico/ Instituto Tecnológico de Tehuacan

DOI: [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v9i5.20667](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i5.20667)

## Aceptación Sociocultural y Tecnológica de Laboratorios Sustentables: Caso del Instituto Tecnológico de Tehuacán

**Placido Lopez Merino <sup>1</sup>**[Placido.lm@tehuacan.tecnm.mx](mailto:Placido.lm@tehuacan.tecnm.mx)<https://orcid.org/0009-0002-2090-4464>Tecnologico Nacional de Mexico/ Instituto  
Tecnologico de Tehuacan**José Ernesto Clemente García Pérez**[joseernestoclementegp@tehuacan.tecnm.mx](mailto:joseernestoclementegp@tehuacan.tecnm.mx)<https://orcid.org/0000-0002-7874-8647>Tecnologico Nacional de Mexico/ Instituto  
Tecnologico de Tehuacan Universidad Nacional  
Mexico**Ramón Heredia García**[ramon.hg@tehuacan.tecnm.mx](mailto:ramon.hg@tehuacan.tecnm.mx)<https://orcid.org/0009-0007-9343-1414>Tecnologico Nacional de Mexico/ Instituto  
Tecnologico de Tehuacan Universidad Nacional  
Mexico**Rafael Tobón Bravo**[rafael.tb@tehuacan.tecnm.mx](mailto:rafael.tb@tehuacan.tecnm.mx)<https://orcid.org/0009-0009-7113-8748>Tecnologico Nacional de Mexico/ Instituto  
Tecnologico de Tehuacan Universidad Nacional  
Mexico**Mauro Moisés Mendoza Aguilar**[mauromois.es.ma@tehuacan.tecnm.mx](mailto:mauromois.es.ma@tehuacan.tecnm.mx)<https://orcid.org/0009-0000-3933-5762>Tecnologico Nacional de Mexico/ Instituto  
Tecnologico de Tehuacan Universidad Nacional  
Mexico

### RESUMEN

La transición hacia energías limpias en entornos educativos representa un reto técnico y sociocultural que requiere de innovaciones tecnológicas y la participación de las comunidades académicas. Este artículo presenta el caso de la conversión de un aula convencional en un laboratorio autosustentable de cómputo alimentado por energía solar en el Instituto Tecnológico de Tehuacán (ITT), empleando microcomputadoras Raspberry Pi y equipos de bajo consumo. Se aplicó una metodología mixta que incluyó revisión bibliográfica, análisis in situ y evaluación del impacto sociocultural. Los resultados muestran una reducción significativa del consumo eléctrico (48 unidades de energía sustentable por cada 100 de energía comercial), además de un alto grado de aceptación entre estudiantes y docentes, impulsada por la conciencia ecológica y la percepción positiva de la tecnología. Se concluye que la implementación de este tipo de laboratorios no solo es viable técnica y económicamente, sino que también favorece la adopción social de energías renovables en contextos educativos.

**Palabras clave:** energías renovables, aceptación tecnológica, laboratorio sustentable, raspberry pi, energía solar.

---

Autor principal 1

Correspondencia: [placido.lm@tehuacan.tecnm.mx](mailto:placido.lm@tehuacan.tecnm.mx)

# Sociocultural and Technological Acceptance of Sustainable Laboratories: Case of the Tehuacán Technological Institute

## ABSTRACT

The transition toward clean energy in educational environments poses both technical and sociocultural challenges, requiring technological innovation and active community participation. This study presents the case of converting a conventional classroom into a self-sustaining computer laboratory powered entirely by solar energy at the Instituto Tecnológico de Tehuacán (ITT), Mexico. The project employed low-power Raspberry Pi microcomputers and LED monitors modified to operate on direct current, thereby reducing energy losses and optimizing efficiency. A mixed-methods approach was applied, including a literature review, in situ technical analysis, and sociocultural evaluation through surveys and interviews. The findings revealed a 52% reduction in electrical energy consumption (48 kWh of sustainable energy versus 100 kWh of commercial energy) and the avoidance of approximately 0.03 tons of CO<sub>2</sub> emissions per month. Survey results showed strong technological and sociocultural acceptance: 85% of students acknowledged improvements in learning and environmental awareness, while 78% of faculty highlighted the system's usability and academic adaptability. The project demonstrates that implementing sustainable laboratories is not only technically and economically feasible but also promotes ecological consciousness, institutional identity, and long-term environmental responsibility in higher education.

**Keywords:** renewable energy, technological acceptance, sustainable laboratory, raspberry pi, solar energy, sociocultural adoption.

*Artículo recibido 02 setiembre 2025*  
*Aceptado para publicación: 29 setiembre 2025*



## INTRODUCCIÓN

El uso de energías limpias y sustentables ha adquirido relevancia en la última década debido a la necesidad urgente de mitigar los efectos del cambio climático y reducir la dependencia de combustibles fósiles. En el ámbito educativo, la adopción de tecnologías renovables no solo responde a una necesidad ambiental, sino que también actúa como catalizador para la formación de una cultura de sostenibilidad en las nuevas generaciones (IEA, 2023; ONU, 2022).

El presente trabajo analiza el proyecto de conversión de un aula en un laboratorio de cómputo sustentable en el ITT, abordando su aceptación sociocultural y tecnológica. La investigación considera tanto los beneficios técnicos y financieros como la percepción y participación de la comunidad educativa, aspectos clave para la adopción de innovaciones tecnológicas (Rogers, 2003).

## METODOLOGÍA

El presente estudio adoptó un enfoque metodológico mixto, combinando métodos cuantitativos y cualitativos para analizar la viabilidad técnica, económica y sociocultural de la implementación de un laboratorio de cómputo autosustentable alimentado con energía solar en el Instituto Tecnológico de Tehuacán (ITT). La elección de esta metodología permitió no solo validar experimentalmente el desempeño del sistema fotovoltaico y de los dispositivos de bajo consumo, sino también evaluar la percepción, aceptación y apropiación tecnológica por parte de la comunidad educativa.

### 1. Diseño metodológico y enfoque general

El diseño de investigación se estructuró en cuatro fases principales:

Revisión bibliográfica y conceptual,

Diseño técnico e implementación experimental,

Evaluación sociocultural mediante instrumentos de percepción, y

Análisis financiero y ambiental comparativo.

Cada fase se desarrolló con base en principios de investigación aplicada, orientados al desarrollo tecnológico y educativo sustentable (Hernández-Sampieri et al., 2022). La integración de estos enfoques permitió obtener datos triangulados y robustos para fundamentar las conclusiones del estudio.



## 2. Revisión bibliográfica y fundamentación teórica

Se realizó una revisión exhaustiva de fuentes científicas y técnicas sobre el funcionamiento e instalación de paneles solares, el uso de microcomputadoras Raspberry Pi, y las estrategias de eficiencia energética en instituciones educativas. La búsqueda incluyó bases de datos indexadas como Scopus, ScienceDirect, IEEE Xplore y Google Scholar, priorizando publicaciones de los últimos cinco años.

Asimismo, se incorporó el Technology Acceptance Model (TAM) propuesto por Davis (1989) como marco conceptual para analizar la aceptación tecnológica en contextos educativos, el cual sostiene que la utilidad percibida y la facilidad de uso son los principales determinantes de la adopción de nuevas tecnologías. Este modelo se complementó con la perspectiva sociocultural de Rogers (2003) sobre la difusión de innovaciones, permitiendo interpretar la aceptación desde un enfoque de cambio institucional.

## 3. Trabajo in situ: diseño e implementación tecnológica

Se llevaron a cabo actividades experimentales en las instalaciones del ITT, específicamente en un aula reconvertida en laboratorio sustentable. Las acciones incluyeron:

**Medición de radiación solar local:** Se utilizaron datos del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y mediciones con piranómetros para estimar la radiación solar promedio anual en Tehuacán, equivalente a  $5.1 \text{ kWh/m}^2/\text{día}$ , valor clave para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico.

**Modificación de monitores y equipos:** Se realizaron pruebas con convertidores de voltaje CC-CC Step-Up XL6009 para adaptar monitores LED AOC al funcionamiento en corriente directa, reduciendo pérdidas por conversión y logrando un ahorro energético superior al 25% respecto al consumo nominal.

**Implementación de microcomputadoras:** Se ensamblaron 40 estaciones de trabajo basadas en Raspberry Pi 3B, con sistema operativo libre PiNet y software académico (SageMath, R, LyX), priorizando licencias abiertas y bajo consumo energético.

**Configuración del sistema fotovoltaico:** Se instalaron paneles solares policristalinos interconectados a baterías de ciclo profundo de 12V con controlador de carga, formando un banco de energía capaz de sostener la operación del laboratorio durante al menos 8 horas continuas.



Durante la fase experimental se realizaron mediciones de estabilidad eléctrica, voltaje, corriente, tiempo de carga/descarga y rendimiento energético bajo diferentes condiciones de irradiación, registradas en bitácoras técnicas.

#### 4. Evaluación sociocultural y tecnológica

Para evaluar la aceptación tecnológica y sociocultural, se diseñó un cuestionario estructurado basado en el TAM y adaptado a contextos educativos sustentables (Chou et al., 2020). El instrumento se aplicó a una muestra no probabilística de 56 estudiantes y 12 docentes de las carreras de Ingeniería Electrónica, Industrial y en Sistemas Computacionales.

Las dimensiones evaluadas fueron:

Utilidad percibida (UP): grado en que el usuario considera que el laboratorio mejora su desempeño académico.

Facilidad de uso (FU): nivel de simplicidad en la interacción con los sistemas sustentables.

Actitud hacia la tecnología (AT): percepción global sobre el valor ambiental e institucional del proyecto.

Los datos cuantitativos se procesaron con estadística descriptiva (frecuencias, promedios y porcentajes), mientras que las respuestas cualitativas se analizaron mediante análisis de contenido temático, identificando percepciones recurrentes sobre sostenibilidad, innovación y orgullo institucional.

#### 5. Análisis financiero y ambiental

El impacto energético y económico se calculó mediante la comparación del consumo de energía comercial (Comisión Federal de Electricidad, tarifa DAC) frente al consumo sustentable fotovoltaico. Se estimó el Costo Nivelado de Energía (LCOE) y la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> según los factores de emisión promedio nacionales (CONUEE, 2023).

El análisis mostró que el sistema solar puede suplir el 48% de la energía que actualmente se obtiene de la red convencional, con un ahorro proyectado del 52% en costos eléctricos anuales y una disminución estimada de 0.03 toneladas de CO<sub>2</sub>/mes.

#### 6. Validación y replicabilidad

Finalmente, se elaboró un protocolo de validación técnica y pedagógica que contempla:



Manuales de operación y mantenimiento del sistema solar.

Guías para la replicación del modelo en otras instituciones con infraestructura limitada.

Recomendaciones para fortalecer la alfabetización energética y la conciencia ecológica dentro del currículo.

Esta metodología integral permitió no solo medir la viabilidad técnica y económica del proyecto, sino también identificar los factores culturales, sociales y educativos que determinan su éxito en la adopción y aceptación tecnológica.

## RESULTADOS

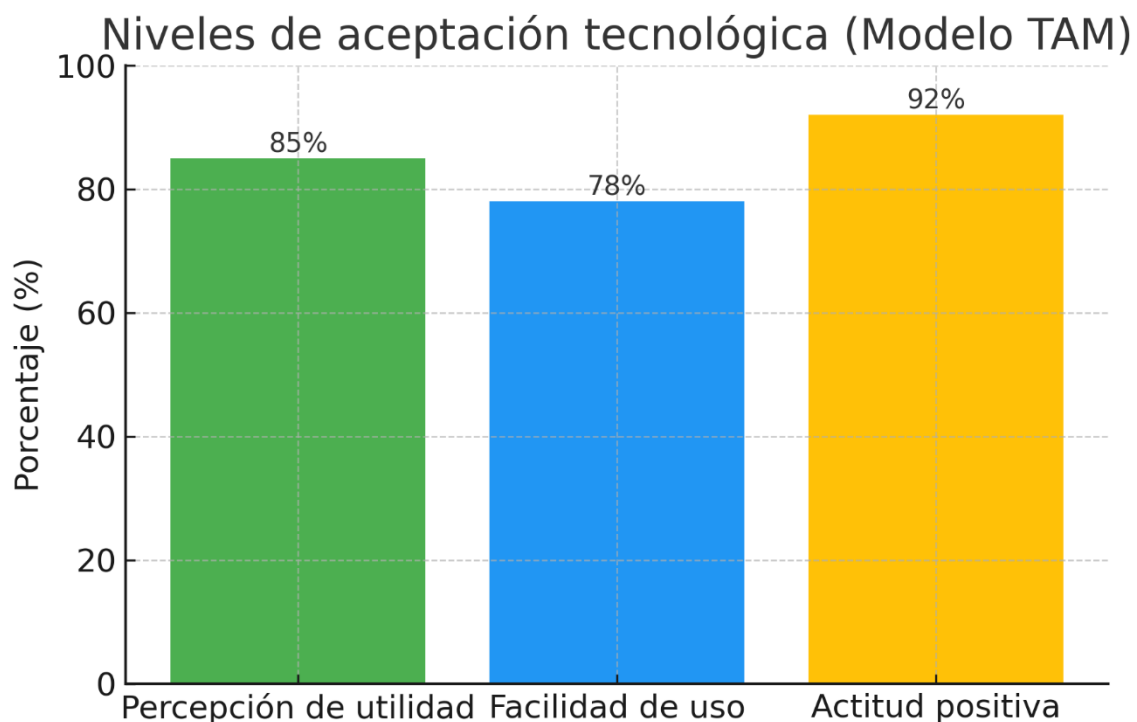
### 1. Aceptación tecnológica y sociocultural

Los resultados de las encuestas indican que: 85% de los estudiantes considera que el laboratorio mejora su aprendizaje y fomenta la conciencia ecológica.

78% de los docentes percibe la tecnología como fácil de usar y adaptable a diferentes áreas académicas.

92% de los encuestados consideran que este modelo debería replicarse en otras instituciones.

**Figura 1.** Niveles de aceptación tecnológica según encuestas TAM (Gráfica de barras mostrando percepción de utilidad, facilidad de uso y actitud positiva)



## 2. Impacto energético y ambiental: relevancia e importancia actual

La transición hacia energías renovables en entornos educativos —como el laboratorio solar con microcomputadoras de bajo consumo— se alinea con la evidencia científica que sitúa la descarbonización del sector eléctrico como una palanca decisiva para cumplir las metas climáticas. El IPCC o Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático destaca que las trayectorias de mitigación compatibles con 1.5–2 °C exigen reducciones rápidas de emisiones y una acelerada electrificación sustentada por renovables, lo cual refuerza la pertinencia de proyectos que sustituyen demanda de red por fotovoltaica distribuida y eficiencia en el punto de uso. A escala macro, la IEA (Agencia Internacional de Energía) reporta que en 2023 se añadieron más de 560 GW de capacidad renovable y que la inversión en tecnologías limpias se acerca a los 2 billones de USD anuales, marcando una tendencia estructural pese a heterogeneidades regionales; institucionalmente, replicar estos esquemas en universidades facilita aprendizaje experiencial y crea capital humano para sostener dicha transición. El impacto sanitario-ambiental también es significativo: la OMS estima que la contaminación del aire (exterior e interior) causa millones de muertes prematuras anuales; reducir la combustión local y el consumo eléctrico de alta huella mediante PV y cargas eficientes contribuye a mejorar la calidad del aire y a evitar emisiones indirectas. Además, los costos nivelados de la energía (LCOE) de solar y eólica han caído de forma sostenida y se sitúan entre las opciones más competitivas, disminuyendo barreras económicas para adopciones in situ; los datos de IRENA (Agencia Internacional de Energías Renovables) muestran un récord de adiciones solares en 2023, aunque advierten que aún no se alcanza la senda de triplicar la capacidad a 2030, lo que subraya el valor demostrativo de proyectos educativos. En México, la irradiación global (GHI) favorable —documentada por atlas solares— refuerza la viabilidad técnica de laboratorios fotovoltaicos en regiones como Puebla/Tehuacán.

### 2.1 Impacto energético y ambiental

Consumo reducido: el laboratorio opera con 48 kWh de energía sustentable frente a 100 kWh de energía comercial para la misma carga.

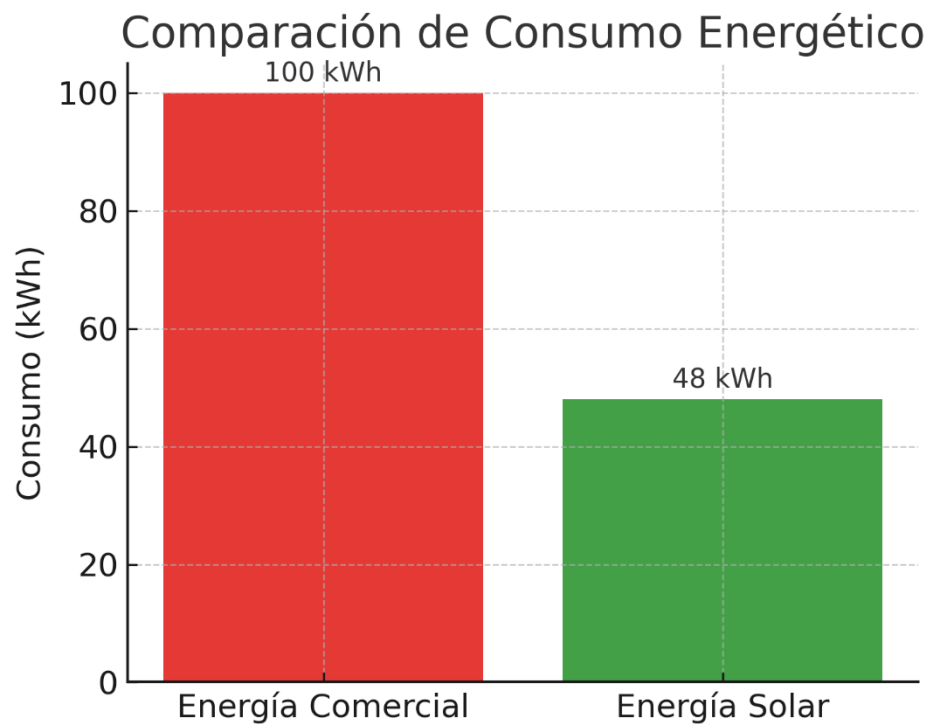
Emisiones evitadas: aprox. 0.03 toneladas de CO<sub>2</sub>/mes.

Costo nivelado de energía (LCOE) inferior al de la tarifa doméstica de alto consumo.





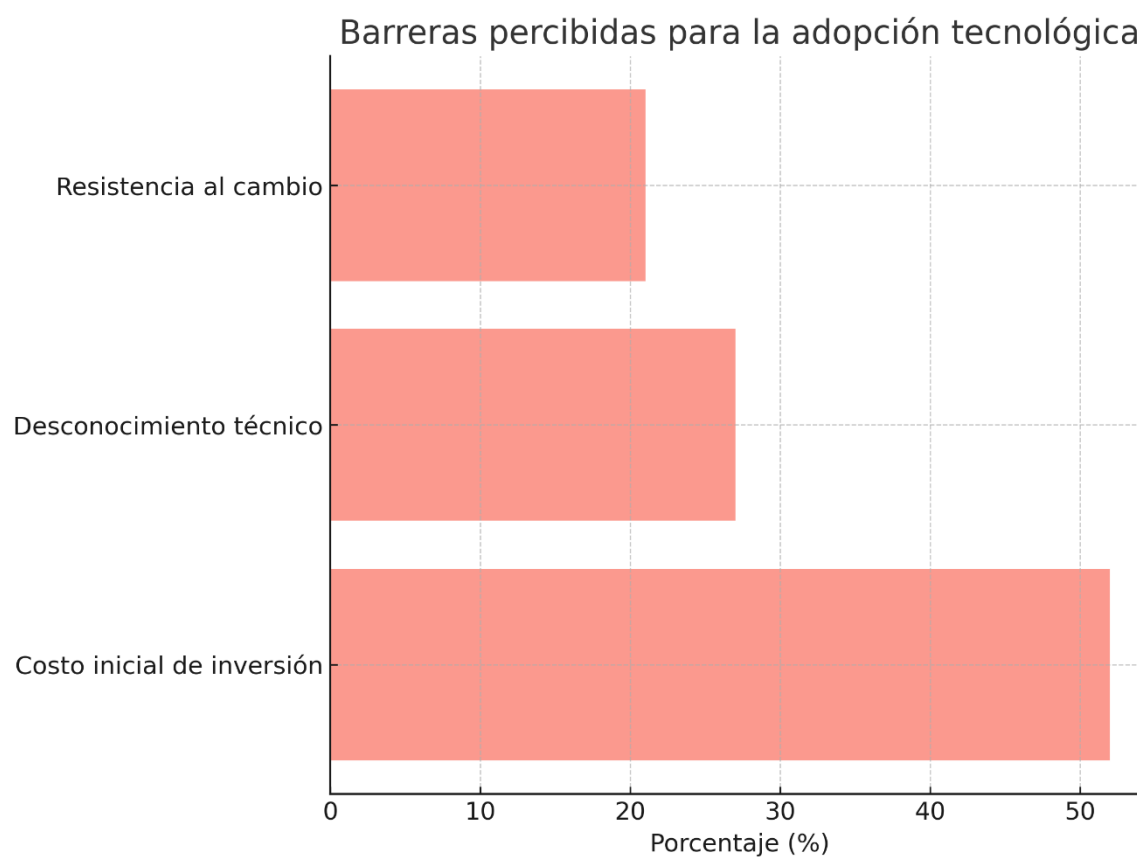
**Figura 2.** Comparación de consumo energético (Gráfico comparativo energía comercial vs energía solar en kWh)



### 3. Participación estudiantil

Se integraron estudiantes de ingeniería electrónica, sistemas computacionales e industrial en el diseño, instalación y pruebas, fortaleciendo competencias técnicas y compromiso ambiental.

**Figura 3.** Barreras percibidas Costo inicial de inversión (52%), Desconocimiento técnico (27%), Resistencia al cambio (21%)



### Factores de éxito en la aceptación sociocultural tecnológica y barreras percibidas

#### Innovación educativa

La aceptación aumenta cuando la tecnología renovable se integra al currículo y a experiencias “aprendizaje-haciendo” (p. ej., monitoreo de PV y gestión de cargas), lo que mejora la utilidad percibida y la facilidad de uso del ecosistema (constructos TAM y extensiones “verdes”). Este encuadre pedagógico convierte al laboratorio en un recurso didáctico transversal que legitima socialmente la innovación.

#### Beneficios ambientales

Comunicar de forma clara la reducción de emisiones y co-beneficios en salud (menos contaminantes locales) fortalece actitudes proambientales y la intención de uso. Vincular métricas (kWh solares, CO<sub>2</sub> evitado) con objetivos institucionales de sostenibilidad mejora la “utilidad percibida” y la norma social.

### Orgullo institucional

Los demostradores visibles (pantallas con generación en tiempo real, reportes públicos) fomentan identidad y orgullo institucional, que la literatura identifica como palanca de influencia social positiva en la adopción tecnológica; esto incrementa la disposición a participar y a defender el proyecto ante cambios de gestión.

### Ahorro económico

Las caídas del LCOE de solar/eólica y la reducción del consumo por cargas eficientes sustentan narrativas de retorno de inversión y resiliencia presupuestaria. En entornos con tarifas elevadas u horarios punta, el ahorro refuerza la aceptación entre directivos y usuarios.

### Desconocimiento técnico

La falta de competencias para dimensionar, operar y mantener sistemas PV en universidades es una barrera frecuente. Programas de capacitación docente-estudiantil y documentación operativa reducen esta brecha y mejoran la autoeficacia percibida.

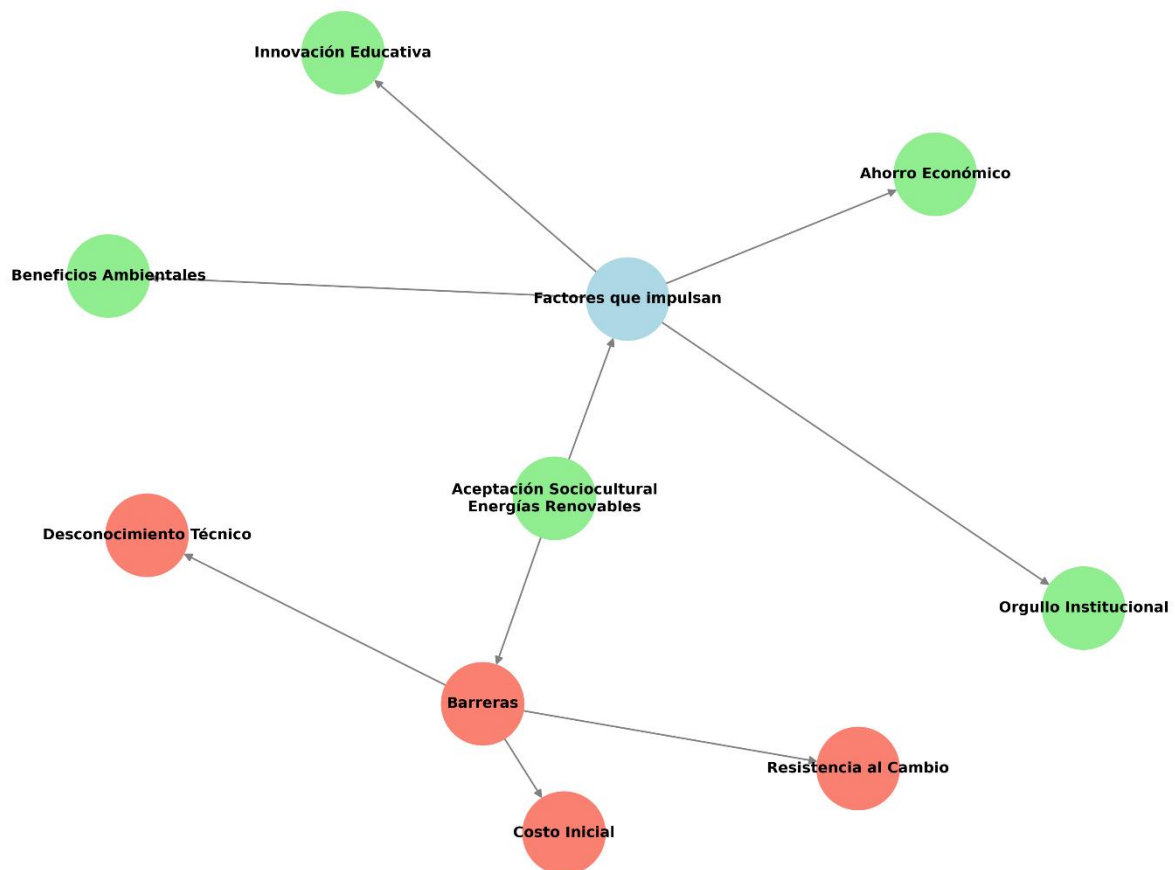
### Costo inicial

Las restricciones de capital y la incertidumbre sobre incentivos públicos limitan la adopción; estrategias por fases, compras agregadas y evidencia de costos nivelados ayudan a superar la fricción inicial y a sostener el patrocinio institucional.

### Resistencia al cambio

La resistencia cultural y organizacional se mitiga mediante participación temprana de usuarios, pilotos con métricas claras y comunicación de beneficios tangibles (pedagógicos, económicos y ambientales). Los marcos de difusión de innovaciones y TAM recomiendan demostrar “compatibilidad” y “ventaja relativa” para acelerar la adopción.

**Figura 4.** Mapa conceptual: Aceptación sociocultural



Mapa conceptual: Factores de éxito en la aceptación sociocultural tecnológica y sus barreras percibidas

Innovación educativa

Beneficios ambientales

Orgullo institucional

Ahorro económico

Desconocimiento técnico

Costo inicial

Resistencia al cambio

## CONCLUSIONES

El proyecto del ITT demuestra que la integración de energías renovables en entornos educativos es técnica y económicamente viable, y que su aceptación depende fuertemente de factores socioculturales como la participación de la comunidad y la percepción de beneficios ambientales. La replicabilidad del modelo en instituciones con limitaciones de infraestructura eléctrica puede contribuir a reducir la brecha tecnológica y promover una educación con conciencia ecológica.

En trabajos futuros, se plantea desarrollar un modelo teórico-experimental para dimensionar la cantidad de energía, baterías y paneles solares necesarios para alimentar n computadoras, optimizando costos y eficiencia.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia Internacional de Energía (IEA). (2023). World Energy Outlook 2023. París: IEA.
- Chou, S., Shen, C., & Chiu, C. (2020). Applying the Technology Acceptance Model to Green Energy Adoption in Education. *Sustainability*, 12(8), 3245.
- Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE). (2023). Factores de emisión de CO<sub>2</sub> y eficiencia energética en México.
- Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE). (2022). Radiación solar y eficiencia energética en México. México: SENER.
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319–340.
- Frontiers in Sustainability. (2020). Green Technology Acceptance Model and Green Logistics Operations. <https://www.frontiersin.org> Frontiers
- Hernández-Sampieri, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2022). Metodología de la investigación (7ª ed.). McGraw-Hill.
- Instituto Tecnológico de Tehuacán. (2023). Informe técnico final del proyecto: Conversión de un aula en laboratorio autosustentable con energía solar. Tecnológico Nacional de México.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022). Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Summary for Policymakers. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/> IPCC



- International Energy Agency. (2024). World Energy Outlook 2024: Executive Summary.  
<https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2024> IEA
- International Renewable Energy Agency. (2024). Renewable Capacity Statistics 2024.  
<https://www.irena.org> irena.org
- Lazard. (2024). Lazard's Levelized Cost of Energy (LCOE) Analysis—Version 17.0.  
<https://www.lazard.com> <https://lazard.com> The Department of Energy's Energy.gov
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2022). Transición energética justa y sostenible. Nueva York: ONU.
- Rogers, E. M. (2003). Diffusion of Innovations (5th ed.). Free Press.
- Solargis. (2021). Solar resource maps of Mexico (GHI/DNI). <https://solargis.com> solargis.com
- Sustainability (MDPI). (2024). Mapping Drivers, Barriers, and Trends in Renewable Energy Adoption in Higher Education Institutions. <https://www.mdpi.com> MDPI
- World Health Organization. (2024). Air pollution is responsible for 6.7 million premature deaths every year. <https://www.who.int> Organización Mundial de la Salud

