

RECEPCIÓN: 21/5/2025
APROBACIÓN: 18/10/2025

05

Análisis de viabilidad técnico-económico en la construcción y utilidad de una valla publicitaria para interiores alimentada por fuentes fotovoltaicas

Technical-economic feasibility analysis in the construction and usefulness of an indoor billboard powered by photovoltaic sources

Resumen

La presente investigación analizó la viabilidad técnico-económica de la construcción y utilidad de una valla publicitaria alimentada por un sistema fotovoltaico. Para ello, se dimensionó e implementó un sistema fotovoltaico integrado por un panel solar, dispositivos de control y almacenamiento de energía. Los resultados técnicos presentaron un dispositivo autónomo, alimentado con energía renovable y un sistema de almacenamiento que brinda confiabilidad del suministro eléctrico durante el día y noche, lo que garantiza un sistema eficiente que permite satisfacer las necesidades de demanda eléctrica. El análisis económico de este proyecto se lo desarrolló mediante los indicadores financieros tales como el valor actual neto (VAN), tasa interna de retorno (TIR) y periodo de recuperación de la inversión (PIR), los mismos que demuestran factibilidad económica y un ahorro en el consumo eléctrico por ser un sistema aislado, y por esta razón se considera que la valla publicitaria será un activo que genere ahorros significativos en su implementación.

Palabras clave: fotovoltaico, PIR, Rentabilidad, TIR, VAN

Nataly Cabrera Sarmiento

Instituto Superior Tecnológico del Austro ISTA
nataly.cabrera@instecclrg.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-1457-3075>
Cuenca-Ecuador

Santiago Ayabaca Landín

Instituto Superior Tecnológico del Austro ISTA
santiago.ayabaca@instecclrg.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-3811-9253>
Cuenca-Ecuador

Ney Jhon Carvajal Martínez

Instituto Superior Tecnológico del Austro ISTA
ney.carvajal@instecclrg.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0004-9910-3794>
Cuenca-Ecuador

Jenny Guadalupe Casquete Paredes

Instituto Superior Tecnológico del Austro ISTA
jenny.casquete@instecclrg.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0001-6244-9167>
Cuenca-Ecuador

Abstract

The present research analyzed the technical-economic viability of the construction and usefulness of a billboard powered by a photovoltaic system. For this purpose, a photovoltaic system composed of a solar panel, control devices and energy storage was sized and implemented. The technical results presented an autonomous device, powered with renewable energy and a storage system that provides reliability of the electrical supply during the day and night, which guarantees an efficient system that allows meeting the needs of electrical demand. The economic analysis of this project was developed through financial indicators such as the net present value (NPV), internal rate of return (IRR) and investment recovery period (IRP), which demonstrate economic feasibility and savings. in electrical consumption because it is an isolated system, and for this reason it is considered that the billboard will be an asset that generates significant savings in its implementation.

Keywords: photovoltaic, PIR, Profitability, TIR, VAN

Introducción

Actualmente, Ecuador atraviesa una crisis energética que ha ocasionado fuertes repercusiones en los sectores productivos y en la población en general (Reyes, 2024). Esta situación se enmarca en un contexto mundial de transformación energética, caracterizado por un crecimiento sin precedentes de las fuentes renovables, especialmente la solar y la eólica (International Renewable Energy Agency (IRENA), 2019). La disminución de los recursos fósiles y los efectos del cambio climático sobre los sistemas naturales obligan a buscar alternativas de generación limpia y sostenible.

La Agencia Internacional de Energía señala que resulta imprescindible incrementar de forma masiva la inversión en tecnologías limpias (Birol, 2022). Entre ellas, se destaca la energía solar fotovoltaica por su capacidad de transformar la radiación solar en electri-

cidad a través de paneles solares (APPA Renovables, s.f.).

Asimismo, Maldonado y Velastegui (2022) señalan que los sistemas fotovoltaicos ofrecen ventajas, como un bajo impacto ambiental, independencia energética y confiabilidad al disponer de almacenamiento mediante baterías. No obstante, destacan también ciertas limitaciones, como la variabilidad climática y los altos costos iniciales. Por su parte, Encalada y Sancho (2022) evidencian en su investigación sobre microgeneración fotovoltaica en Cuenca que los meses con mayor radiación solar permiten alcanzar un óptimo desempeño de los sistemas, mientras que los periodos nublados reducen su eficiencia.

En este marco, la implementación de sistemas fotovoltaicos en vallas publicitarias constituye una alternativa novedosa que

permite cubrir necesidades de comunicación comercial y, al mismo tiempo, contribuir a la disminución del consumo eléctrico convencional. De esta forma, se consigue autonomía energética, ahorro económico y reducción de impactos ambientales.

Por otro lado, en el contexto normativo ecuatoriano, la Ley de Régimen Tributario Interno (Consejo de Educación Superior, 2018) establece un IVA del 0% para los paneles solares y permite deducciones fiscales por depreciación acelerada de maquinaria y equipos de energías renovables. Esto fortalece la viabilidad financiera del proyecto y fomenta la adopción de este tipo de soluciones.

En este contexto, la investigación parte de la problemática actual de la crisis energética en Ecuador, la cual ha incrementado los costos de producción y evidenciado la vulnerabilidad de la dependencia hacia fuentes convencionales de electricidad (Reyes, 2024). Esta situación genera la necesidad de buscar alternativas sostenibles y autónomas que garanticen el suministro energético en diferentes sectores, incluyendo el publicitario.

La justificación del estudio radica en que la implementación de sistemas fotovoltaicos en vallas publicitarias representa una propuesta innovadora que combina comunicación comercial con generación limpia de energía. Este tipo de infraestructura no solo reduce el consumo eléctrico de la red y los

costos operativos, sino que también aporta a la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero y al cumplimiento de políticas de sostenibilidad energética en el país (Birol, 2022; APPA Renovables, s.f.).

Con base en lo expuesto, el objetivo general de la investigación es evaluar la viabilidad técnico-económica para construir e implementar una valla publicitaria autónoma alimentada por energía solar. Para ello, se realizó el dimensionamiento del sistema, el análisis de su eficiencia operativa y la valoración de su rentabilidad financiera mediante indicadores como el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Período de Recuperación de la Inversión (PIR).

Marco teórico

La transición energética global ha impulsado el estudio y la aplicación de tecnologías basadas en fuentes renovables, entre las cuales la energía solar ocupa un lugar destacado debido a su disponibilidad, abundancia y bajo impacto ambiental (IRENA, 2019; Birol, 2022). Este marco teórico aborda los principales conceptos relacionados con los sistemas fotovoltaicos, sus aplicaciones y los criterios económicos que permiten evaluar la viabilidad de proyectos como el que se plantea en esta investigación.

Energía solar fotovoltaica

La energía fotovoltaica consiste en la transformación directa de la radiación solar en electricidad a través de celdas semiconductoras dispuestas en módulos o paneles solares (APPA Renovables, s.f.). Estos sistemas pueden operar de manera conectada a la red eléctrica o de forma autónoma mediante almacenamiento en baterías, lo que los hace versátiles para aplicaciones residenciales, comerciales e industriales.

De acuerdo con Ordoñez y Vaca (2020), Ecuador posee condiciones privilegiadas debido a su ubicación en la línea ecuatorial, lo que garantiza una radiación solar estable durante todo el año. Datos del proyecto POWER de la NASA (2024) indican que el país cuenta con una hora solar pico promedio de 6,54 horas diarias, lo que representa una ventaja competitiva en la implementación de tecnologías solares.

Aplicaciones y experiencias previas

Diversos estudios han explorado la factibilidad de sistemas fotovoltaicos en distintos ámbitos. Maldonado y Velastegui (2022) destacan que estas instalaciones ocupan poco espacio, no contaminan y, con un adecuado banco de baterías, permiten independencia de las empresas distribuidoras de energía. Sin embargo, advierten que la variabilidad climática y los altos costos iniciales constituyen desventajas relevantes.

En el ámbito residencial, Encalada y Sancho (2022) analizaron la operación de sistemas fotovoltaicos domiciliarios en Cuenca, determinando que los meses con mayor radiación solar permiten alcanzar un rendimiento óptimo. Por su parte, Romero y Flores (2019) comprobaron la factibilidad de sistemas de microgeneración solar para autoconsumo, confirmando que constituyen una alternativa viable para reducir costos energéticos y dependencia de la red.

Estas experiencias demuestran que la energía fotovoltaica puede aplicarse con éxito en contextos diversos y que sus beneficios dependen en gran medida de un dimensionamiento correcto y de condiciones climáticas favorables.

Indicadores de viabilidad económica

Para evaluar proyectos de inversión, la literatura especializada propone indicadores financieros que permiten determinar su rentabilidad y factibilidad. El Valor Actual Neto (VAN) mide la diferencia entre el valor presente de los flujos de caja futuros y la inversión inicial, reflejando la ganancia neta que genera un proyecto (Contreras, 2020; Pascual, 2007). La Tasa Interna de Retorno (TIR) indica la rentabilidad porcentual del proyecto y se considera favorable cuando supera la tasa mínima de interés exigida por los inversionistas (Fernández, 2025). Finalmente, el Período de Recuperación de la Inversión (PIR) mide el tiempo necesario para recuperar el capital invertido (Váquiro, 2024).

Estos indicadores constituyen herramientas fundamentales para tomar decisiones de inversión, pues permiten comparar beneficios esperados con los riesgos y costos asociados al proyecto.

Aspectos ambientales

Un componente clave en la implementación de proyectos fotovoltaicos es su contribución a la sostenibilidad ambiental. Según Ortega (2012), el análisis costo-beneficio debe incluir no solo los aspectos económicos, sino también el impacto social y ambiental. En este sentido, el uso de paneles solares contribuye a reducir las emisiones de CO₂ y el consumo de energía convencional, aportando al cumplimiento de los objetivos de mitigación del cambio climático.

Sin embargo, se debe considerar el impacto ambiental asociado a la fabricación y disposición final de los paneles y baterías. La normativa ecuatoriana, recogida en la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC) (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2018), también establece parámetros técnicos como la caída máxima de tensión permitida en instalaciones eléctricas, lo cual garantiza seguridad y eficiencia en el funcionamiento de los sistemas.

Marco legal y tributario

El marco normativo ecuatoriano ha implementado incentivos fiscales que fomentan la adopción de energías renovables. La Ley de Régimen Tributario Interno (Consejo de Educación Superior, 2018) establece que los paneles solares tienen un IVA del 0%, lo cual reduce el costo de inversión. Asimismo, permite deducciones adicionales en la depreciación de equipos utilizados para la generación limpia, lo que mejora la rentabilidad de los proyectos a largo plazo.

En conjunto, la literatura y los marcos normativos coinciden en que los sistemas fotovoltaicos son una alternativa viable y sostenible para enfrentar la crisis energética. No obstante, su éxito depende de un correcto diseño técnico, de la gestión eficiente de los costos de inversión y de políticas públicas que respalden su implementación. Este marco conceptual constituye la base sobre la cual se desarrolla el análisis técnico y financiero del presente proyecto de valla publicitaria fotovoltaica.

Metodología

La investigación se desarrolló con un enfoque aplicado y experimental, orientado a determinar la factibilidad técnica y económica de la implementación de una valla publicitaria autónoma alimentada por un sistema fotovoltaico.

Las etapas metodológicas fueron:

- 1. Revisión documental:** recopilación de literatura científica y normativa relacionada con la crisis energética, la energía solar y experiencias previas de implementación en Ecuador y otros países (APPA Renovables, s.f; Birol, 2022; IRENA, 2019; Encalada y Sancho, 2022; Maldonado y Velastegui, 2022).
- 2. Definición de la demanda energética:** análisis del consumo eléctrico de un televisor de 40'' (Yáñez, 2023), considerando su potencia máxima y las horas de uso previstas en la valla publicitaria.
- 3. Dimensionamiento eléctrico:**
 - Cálculo de la energía máxima diaria (EMD) en Wh.
 - Estimación de la corriente máxima diaria y aplicación de un factor de seguridad.

- Determinación del número de paneles solares necesarios, considerando la irradiación solar promedio de la NASA (2024).
 - Dimensionamiento de la batería en función de la autonomía requerida y la profundidad de descarga (Romero et al., 2024).
 - Selección del controlador e inversor de acuerdo con la capacidad y eficiencia del sistema.
4. **Simulación computacional:** validación del dimensionamiento mediante la herramienta HOMER, analizando el comportamiento en diferentes condiciones climáticas.
 5. **Implementación del prototipo:** adquisición de materiales (Caballero, 2025), montaje de la estructura, instalación de equipos y pruebas de funcionamiento bajo los lineamientos de seguridad.
 6. **Evaluación económica y financiera:** cálculo de inversión inicial, flujo de caja, depreciación (Pascual, 2007) y aplicación de indicadores VAN, TIR y PIR (Contreras, 2020; Fernández, 2025; Váquiro, 2024).
 7. **Análisis costo-beneficio:** cuantificación de beneficios frente a los costos, con base en la metodología propuesta por Ortega (2012).
 8. **Evaluación ambiental:** identificación de impactos positivos y negativos, considerando emisiones, ahorro energético y ciclo de vida del sistema (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2018).
 9. **Discusión comparativa:** contraste de los resultados con investigaciones previas (Romero y Flores, 2019; Encalada y Sancho, 2022; Maldonado y Velastegui, 2022).

Resultados

El estudio permitió dimensionar, implementar y evaluar un sistema fotovoltaico autónomo para la alimentación de una valla publicitaria interior, obteniéndose resultados tanto técnicos como financieros que respaldan su factibilidad.

En la parte eléctrica técnica se pueden destacar los siguientes resultados:

Definición de la demanda energética

Al realizar un dimensionamiento fotovoltaico, se calcula el número de paneles solares para un funcionamiento adecuado durante el día y una autonomía eficiente en la noche. Para ello, se estima el consumo promedio diario de la televisión de 40" que se instalará en la valla publicitaria, utilizando los datos presentados en la Tabla 1, obtenidos de la ficha técnica del equipo.

Tabla 1

Consumo de un televisor de 40"

Potencia (W)	Cantidad (UN)	Potencia Total (W)	Horas de uso al día (h)	Energía (Wh)
180	1	180	6	1080

Potencia Máxima: 180W

Con esto, calculamos la energía máxima diaria (EMD) consumida por el dispositivo.

EMD = potencia total x horas de uso al día

EMD=potencia total x horas de uso al día

EMD=180W x 6h=1080Wh

Dimensionamiento eléctrico

Inversor 300W

$$\text{Energía Diaria Total Real} = \frac{\text{Energía máxima diaria}}{\text{máxima eficiencia del inversor}}$$

$$\text{Energía Diaria Total Real} = \frac{1080Wh}{0.90} = 1200Wh \quad (1)$$

$$\text{Corriente máxima diaria} = \frac{\text{Energía diaria real}}{\text{Tensión del sistema}}$$

$$\text{Corriente máxima diaria} = \frac{1200 Wh}{12V} = 100Ah \quad (2)$$

Para un correcto dimensionamiento al valor de la corriente máxima, se lo multiplica para un factor de reserva del 25%, con el fin de tomar en cuenta pérdidas asociadas al inversor. De esta manera, se obtiene:

$$\text{Corriente maxima diaria} \times F.S = 100Ah \times 1.25 = 125Ah$$

Cálculo del número de paneles solar

En este cálculo resulta necesario conocer el factor de irradiancia solar del Ecuador. Debido a que el país se encuentra sobre la línea ecuatorial, el recurso solar es relativamente constante a lo largo del año, lo que representa una ventaja significativa al momento de realizar estudios de la radiación (Ordoñez y Vaca, 2020). En el Ecuador, los mapas de radiación solar muestran que aproximadamente el 75% del territorio nacional presenta niveles de radiación elevados, por encima de 2.8 kWh/m². En general, el país dispone de niveles suficientemente altos de radiación para implementar tecnologías solares, como las solares térmicas y fotovoltaicas, pudien-

do crear así una diversificación de la matriz energética nacional.

El proyecto POWER, desarrollado por la NASA, proporciona conjuntos de datos solares y meteorológicos que respaldan la generación de energía renovable, la eficiencia energética de los edificios y las necesidades agrícolas. De este proyecto se obtuvo que, para la zona de estudio ubicada en Ecuador, la hora solar pico estimada es de 6.54 h. (NASA, 2024). Por lo tanto, se tiene:

$$HSP = 6.54h$$

Este valor corresponde a la hora solar pico del día y sirve para definir la cantidad de paneles solares necesarios en el proyecto. Ahora bien, con la siguiente ecuación se obtiene el número de paneles necesarios para el sistema.

$$\text{Número de paneles en serie} = \frac{\text{Voltaje del sistema}}{\text{Voltaje del panel}}$$

$$\text{Número de paneles en serie} = \frac{12V}{36,22V} = 0,33 \rightarrow 1 \text{ panel de } 330W \quad (3)$$

Dimensionamiento de la batería

Resulta necesario dimensionar la capacidad de almacenamiento de la batería, indispensable para el funcionamiento del sistema.

N= número de días de autonomía, sin recibir una carga determinada de energía solar.

$$\# \text{ de baterías en paralelo} = \frac{\text{Corriente máxima diaria} \times N}{\text{Profundidad de descarga} \times \text{Capacidad de batería}}$$

$$X \text{ de baterías en paralelo} = \frac{125Ah \times 1}{10,50 \times 35Ah} \quad (2)$$

$$\text{Profundidad de descarga} = 10,50V = 8,33\% = 0,83$$

$$\text{Número de baterías en paralelo} = \frac{125Ah \times 1}{0,83 \times 35Ah} = \frac{125}{29,05} = 4,30Ah \quad (4)$$

$$\text{Número de baterías en serie} = \frac{\text{Voltaje del sistema}}{\text{Voltaje batería}} = \frac{12V}{12V} = 1 \quad (5)$$

Selección del controlador

Corriente máxima=Paneles en serie $\times I_{se}FS$

Corriente máxima=11,7A (6)

Donde:

I_{se} = Corriente de cortocircuito

FS = Factor de seguridad

Selección del inversor

$$Potencia\ máxima\ inversor = \frac{Potencia\ máxima\ diaria \times FS}{Eficiencia\ del\ inversor}$$

$$Potencia\ máxima\ inversor = \frac{180\ W \times 1,25}{0,90} = 250\ W \quad (7)$$

Simulación computacional

Para este caso, el número de paneles solares que se calculó para la construcción de la valla publicitaria fue de un panel de 330W, disponible y de uso común en el mercado local; además de una batería para el almacenamiento de la energía producida por el sistema. Esto se pudo conocer gracias a los cálculos realizados y con la validación de la simulación obtenida mediante la herramienta de software HOMER (Figura 1, 2,3 y 4) para calcular un rendimiento óptimo del sistema para abastecer todos los componentes integrados.

Figura 1

Configuración del consumo total del sistema fotovoltaico en el simulador HOMER

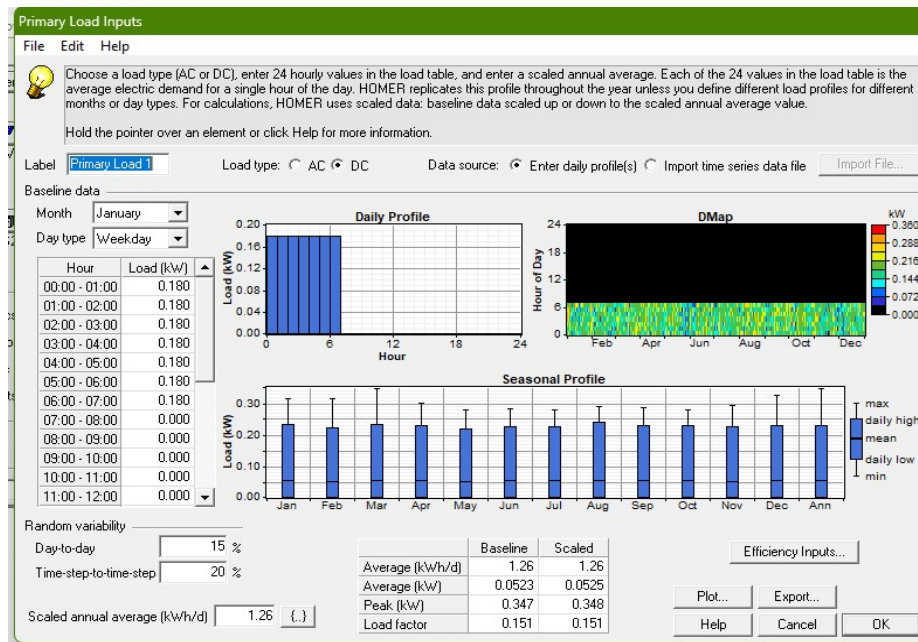


Figura 2

Panel solar con sus parámetros eléctricos

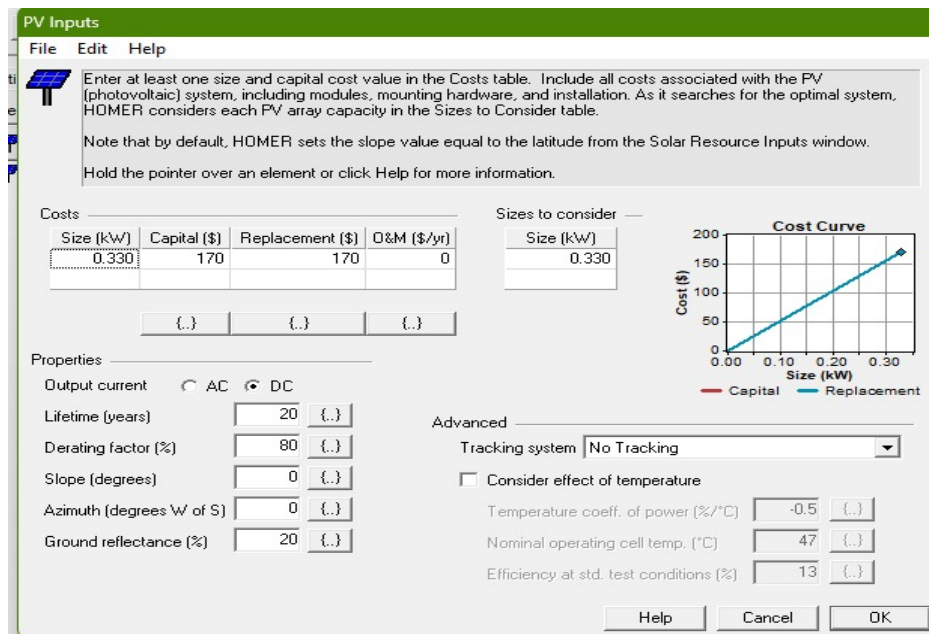


Figura 3

Batería con sus parámetros eléctricos

Battery Inputs

File Edit Help

Choose a battery type and enter at least one quantity and capital cost value in the Costs table. Include all costs associated with the battery bank, such as mounting hardware, installation, and labor. As it searches for the optimal system, HOMER considers each quantity in the Sizes to Consider table.

Hold the pointer over an element or click Help for more information.

Battery type: **Copy of Surrette 4KS25P** Details... New... Delete

Battery properties

Manufacturer: Rolls/Surrette
Website: www.rollsbattery.com

Nominal voltage: 14 V
Nominal capacity: 35 Ah (0.49 kWh)
Lifetime throughput: 36,564 kWh

Costs

Quantity	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/yr)
1	80	80	0.00

(...) (...) (...)

Sizes to consider

Batteries
1

Cost Curve

Cost (\$)

Quantity

— Capital — Replacement

Advanced

Batteries per string: 1 (14 V bus)

☒ Minimum battery life (yr): 4 (...)

Help Cancel OK

Figura 4

Inversor con sus parámetros eléctricos

Converter Inputs

File Edit Help

A converter is required for systems in which DC components serve an AC load or vice-versa. A converter can be an inverter (DC to AC), rectifier (AC to DC), or both.

Enter at least one size and capital cost value in the Costs table. Include all costs associated with the converter, such as hardware and labor. As it searches for the optimal system, HOMER considers each converter capacity in the Sizes to Consider table. Note that all references to converter size or capacity refer to inverter capacity.

Hold the pointer over an element or click Help for more information.

Costs

Size (kW)	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/yr)
250.000	70	70	0

(...) (...) (...)

Sizes to consider

Size (kW)
250.000

Cost Curve

Cost (\$)

Size (kW)

— Capital — Replacement

Inverter inputs

Lifetime (years): 15 (...)

Efficiency (%): 90 (...)

☒ Inverter can operate simultaneously with an AC generator

Rectifier inputs

Capacity relative to inverter (%): 100 (...)

Efficiency (%): 85 (...)

Help Cancel OK

Implementación del prototipo

Las características del panel solar seleccionado se presentan en la Tabla 2 (Sunpal, 2024):

Tabla 2

Características del panel solar seleccionado

Potencia (W)	330
Voltaje de salida(V):	42.91
Peso(kg):	19,5
Dimensión (mm):	1755 x 1038 x 35
Orientación celular	W +86551

Nota. Adaptado de Sunpal, 2024.

A continuación, la Tabla 3 presenta las características de los demás componentes seleccionados para el sistema fotovoltaico.

Tabla 3*Equipos del sistema fotovoltaico y sus características técnicas*

Magnitudes	Panel Solar	Batería	Controlador de carga solar	Inversor de onda senoidal puro DC/AC
Voltaje Nominal (V)		12	12-24	
Voltaje MPPT (V)	36.22			
Voltaje Fotovoltaico (V)			50	
Voltaje Entrada (V)				12
Voltaje Salida (V)	42.91			120
Corriente Nominal (A)		35	2	
Corriente Salida (V)	9.36			
Corriente MPPT (A)	8.44			
Corriente de Carga (A)		13.75		
Potencia máx. (W)	330			300
Potencia de entrada (W)			260	

Cálculo de la caída de tensión

También es necesario garantizar que la caída de tensión no exceda valores que puedan afectar el funcionamiento de los equipos (Romero et al., 2024). La NEC recomienda que la caída de tensión en los circuitos alimentadores y circuitos ramales no debe superar el 3%, ni exceder el 5% en conjunto (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2018).

La caída de tensión en el cable se calcula utilizando la fórmula:

Primero, se calcula la resistencia del cable por unidad de longitud
Para ello, se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Caída de tensión (V)} = \frac{(\text{Corriente (A)} \times \text{Resistencia del cable } (\Omega) \times \text{Distancia (m)})}{1000} \quad (7)$$

Primero, se calcula la resistencia del cable por unidad de longitud $\frac{\Omega}{m}$

Para ello, se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Resistencia del cable} = \left(\frac{\Omega}{m}\right) = \rho \times \left(\frac{l}{A}\right)$$

Donde:

ρ = resistividad del material del cable (para el cobre, $\rho = 1.68 \times 10^{-8} \Omega m$)

l = longitud del cable $30m$

A = sección del conductor (3.31 mm^2)

$$\text{Resistencia del cable } \frac{\Omega}{m} = 1.68 \times 10^{-8} \Omega m \times \left(\frac{30 m}{3.31 \text{ mm}^2}\right) = 0.0015 \frac{\Omega}{m} \quad (8)$$

Ahora, se calcula la caída de tensión del cable:

$$\nabla V = \text{Caída de tensión (V)} = \frac{(9.3 \text{ A} \times 0.0015 \frac{\Omega}{m} \times 30 \text{ m})}{1000} = 0.42 \text{ V} \quad (9)$$

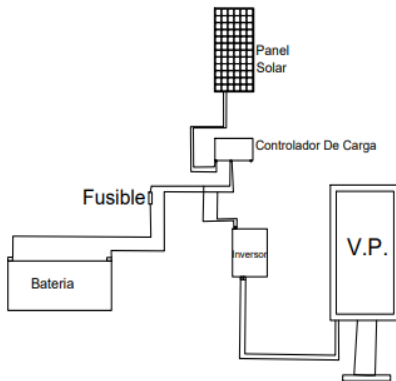
Por tanto, la caída de tensión en el cable es aproximadamente:

$$\text{Caída de Tension}(\%) = \left(\frac{42}{120} \right) \times 100 \approx 0.35\% \quad (10)$$

El porcentaje calculado de caída de tensión, que es del 0,35 %, se encuentra dentro de los límites establecidos por la normativa ecuatoriana de instalaciones eléctricas, la cual permite una pérdida máxima del 5 %, de acuerdo con la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC), Sección: Instalaciones Eléctricas (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2018).

Figura 5

Diagrama del sistema fotovoltaico



Caída de tensión= 0.42
%de caída de tensión= 0.35%

El voltaje en el controlador será aproximadamente:

Voltaje en el controlador=Voltaje de salida del panel solar-Caída de tensión

Voltaje en el controlador=41.2 V-0.42 V

Voltaje en el controlador=40.78 V

Implementación del sistema fotovoltaico

En esta fase se lleva a cabo la adquisición de todos los componentes, equipos y materiales seleccionados, así como el montaje correspondiente de cada uno de ellos, siguiendo las consideraciones y recomendaciones técnicas de los fabricantes. Estas medidas buscan preservar la seguridad de los operarios y garantizar el correcto funcionamiento del sistema fotovoltaico. El proceso completo se detalla en el Anexo 1.

Análisis del consumo y rendimiento del sistema fotovoltaico

Resulta necesario mencionar que la cantidad de energía generada por el sistema fotovoltaico fue registrada durante los días posteriores a la presentación del proyecto, periodo en el cual se observaron variaciones en la radiación solar, con semanas de baja irradiancia y otras con niveles más elevados. Estas fluctuaciones se reflejan en los valores obtenidos, que se presentan en la Tabla 4.

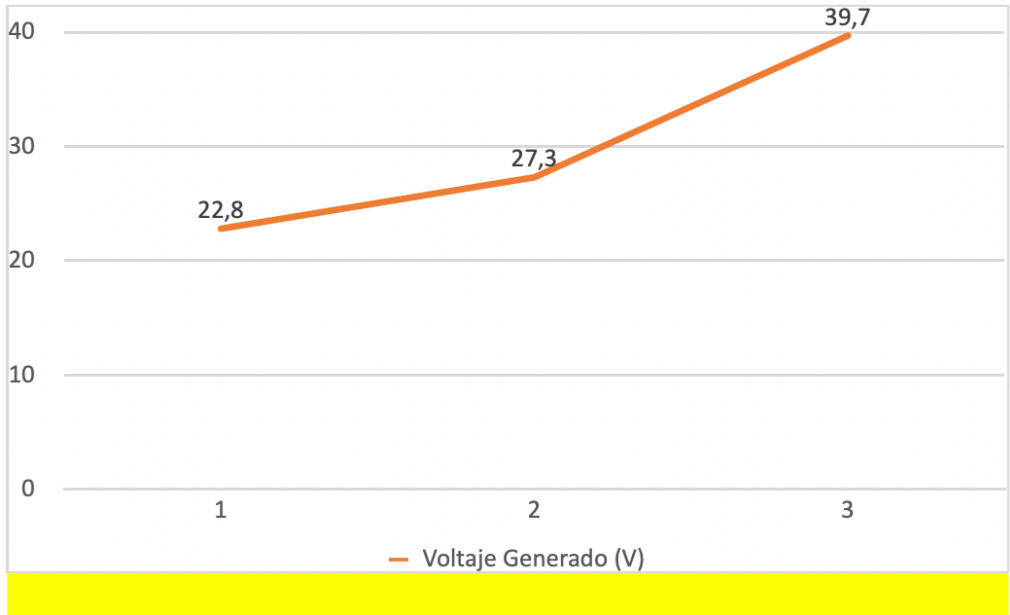
Tabla 4

Energía generada por el sistema fotovoltaico

Semana	Condición del Clima	Voltaje Generado (V)
1	Día con lluvia.	22.8V
2	Dia nublado	27.3V
3	Día soleado.	39.7V

Figura 3

Voltaje generado por el panel solar



Asimismo, se detalla el funcionamiento de la valla publicitaria, usando el panel solar por el día y el sistema autónomo, la batería cargada, hasta el punto de descarga por la noche, como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5

Consumo del sistema fotovoltaico

Día	Tarde (horas)	Noche (horas)	Total (horas)	Voltaje inicial de la batería	Voltaje final de la batería	Potencia (W)	Consumo (kWh)
1	3	4	7	14.4 V	12.6V	180	1.26
2	3	4	7	14.4 V	12.6V	180	1.26
3	3	4	7	14.4 V	12.6V	180	1.26

En la parte económica financiera se pueden destacar los siguientes resultados:

Análisis económico del sistema fotovoltaico

Para la construcción del proyecto, se consideraron los costos de materia prima y mano de obra, los cuales ayudan a determinar el costo real de inversión. Con estos datos se realizaron cálculos financieros necesarios para evaluar la rentabilidad de la construcción de la valla de publicidad fotovoltaica, utilizando los principales indicadores financieros: TIR, VAN Y PIR. Estos indicadores permiten valorar la viabilidad económica del proyecto y tomar decisiones fundamentadas sobre su rentabilidad y sostenibilidad financiera.

Costos para la implementación de la valla fotovoltaica

La materia prima son todos los materiales requeridos para realizar la fabricación de los diferentes bienes y servicios para satisfacer las necesidades de las personas (Caballero, 2025).

A continuación, se detallan los elementos necesarios para la instalación fotovoltaica:

Tabla 6

Lista de equipos y materiales con valores expresados en dólares

Cantidad	Descripción	Valor (USD)
<i>Equipos</i>		
1	Panel solar 330W Monocristalino	170,00
1	Controlador PWM 20 Ah	40,00
1	Inversor 300 W	70,00
1	Batería de 12 V 34 AH gel	80,00
1	Estructura publicitaria	483,00
1	Televisión 40"	200,00
<i>Mano de obra</i>		
1	Técnico eléctrico	270,00
1	Asistente eléctrico	180,00
1	Contador	150,00
<i>Materiales</i>		
1	Barra de 4 neutros dorados, breakers de 10A y 20A, toma corriente y tornillos	22,25
1	Transporte	34,00
30	Metros de cable, amarras, espiral para cable	66,55
Costo Total del Proyecto		1.765,80

También se realiza el flujo de caja, los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7*Flujo de caja*

Descripción	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
Inversión Inicial	-1.765,80				
Ingresos		1.420,00	1.620,00	1.800,00	1.980,00
Gastos					
Mantenimiento		120,00	120,00	120,00	120,00
Depreciación		441,45	441,45	441,45	441,45
Utilidad Antes de Impuestos		858,55	1.058,55	1.238,55	1.418,55
Impuestos		-	-	-	
Utilidad Neta		858,55	1.058,55	1.238,55	1.418,55
Depreciación		441,45	441,45	441,45	441,45
Flujo Neto de Caja		1.300,00	1.500,00	1.680,00	1.860,00

Para García (2017), la viabilidad, en términos empresariales, hace referencia a la capacidad de un proyecto o negocio para progresar y mantener su rentabilidad económica a largo plazo. En este sentido, el concepto de viabilidad implica la posibilidad de ejecutar un proyecto de manera sostenible en el tiempo, garantizando su continuidad operativa y financiera. En el análisis financiero, se estiman parámetros como el VAN y TIR y el PIR, con el propósito de evitar o limitar los posibles perjuicios económicos que conlleva este tipo de proyecto y, con ello, analizar su viabilidad.

Valor Actual Neto (VAN)

Es la herramienta que determina la rentabilidad de un proyecto de inversión en un tiempo determinado y mide la cantidad de dinero que se recupera en el proyecto a lo largo de su vida útil. Para Pascual (2007), “el VAN mide la deseabilidad de un proyecto en términos absolutos, este calcula la cantidad total en que ha aumentado el capital como consecuencia del proyecto” (p. 2).

Para el análisis del Valor Actual Neto se consideran los flujos de caja futuros, bajo el principio de que el valor del dinero en el presente es mayor que en el futuro. El VAN se

calcula restando la inversión inicial del valor presente de los flujos de efectivo netos esperados, lo que permite determinar la rentabilidad del proyecto (Contreras, 2020).

El cálculo del VAN se realizó con base en los parámetros financieros definidos, y los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 8.

Tabla 8

Indicador Van

Detalle	Valor (USD)	Observaciones
Tasa de descuento	5%	Tasa de captación actual
Inversión Inicial	-1.765,80	
Flujo Neto de Caja Año 1	1.300,00	
Flujo Neto de Caja Año 2	1.500,00	
Flujo Neto de Caja Año 3	1.680,00	
Flujo Neto de Caja Año 4	1.860,00	
VAN	5.580,11	
(-) Inversión Inicial	-1.765,80	
VAN del proyecto	3.814,31	Positivo

Nota. El VAN, al ser un valor positivo, se analiza como un proyecto viable.

Cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR)

La Tasa Interna de Retorno es la tasa de interés o rentabilidad que se le da a un proyecto de inversión, la misma que se representa como un porcentaje, el cual es rentable si es mayor a 1. Para invertir en un proyecto, se toma en cuenta este indicador, ya que garantiza su rentabilidad y viabilidad. Con los resultados de la TIR se puede tomar la decisión de invertir o no en el proyecto (Fernández, 2025).

El PIR es un instrumento financiero que permite medir el tiempo en que los flujos de efectivo recuperan los costos de inversión de un proyecto. Este indicador puede expresarse en días, meses o años, y revela el periodo necesario para recuperar el capital invertido (Váquiro, 2024)

El cálculo de estos indicadores se presenta a continuación en la Tabla 9.

Tabla 9

TIR y PIR

Detalle	Valor (USD)	Flujo De Efectivo Acumulado (USD)	Observaciones
Inversión Inicial	-1.765,80		
Flujo Neto de Caja Año 1	1.300,00	1.300,00	
Flujo Neto de Caja Año 2	1.500,00	2.800,00	
Flujo Neto de Caja Año 3	1.680,00	4.480,00	
Flujo Neto de Caja Año 4	1.860,00	6.340,00	
TIR del proyecto	73,93%		
Tasa de Descuento	5%		Tasa de captación actual
PIR	1,31		1 año, 3 meses y 21 días

Nota. La TIR, al ser un valor superior a la Tasa de descuento utilizada, se analiza como un proyecto viable.

Costo Beneficio

Según Ortega (2012), el análisis costo-beneficio es una metodología que permite evaluar de forma exhaustiva los costos y beneficios de un proyecto o programa, con el objetivo de determinar si el proyecto es deseable desde el punto de vista del bienestar social. Para lograrlo, los costos y beneficios deben

ser cuantificados y expresados en unidades monetarias.

A continuación, en la Tabla 10 se detalla el análisis costo-beneficio correspondiente a la implementación de la valla publicitaria alimentada con energía fotovoltaica.

Tabla 10

Análisis costo-beneficio

Detalle	Valores (USD)
VAN Ingresos	3.814,31
VAN Egresos	561,45
Egresos + Inversión	2.327,25
Costo Beneficio	1,64

Nota. El costo-beneficio, al ser un valor superior a 1, se analiza como un proyecto viable y aconsejable.

Evaluación de impacto ambiental

Se evalúa el impacto ambiental asociado al uso de una fuente de energía renovable, como la solar, en lugar de la energía convencional. Asimismo, se analiza el impacto negativo durante la instalación, así como el final de la vida útil del panel solar y de la batería.

Por último, se debe determinar la sostenibilidad del proyecto a largo plazo mediante el

análisis del ciclo de vida del sistema fotovoltaico y de los dispositivos que contiene, reduciendo así el uso de recursos no renovables para el mantenimiento o reemplazo de componentes que han llegado a su uso máximo.

En la Tabla 11 se presenta el porcentaje del impacto ambiental generado al construir la valla publicitaria e instalar su sistema fotovoltaico en cualquier empresa interesada en este producto.

Tabla 11

Impacto ambiental generado por la construcción e instalación del sistema fotovoltaico

Aspecto Evaluado	Descripción
Reducción de Emisiones de CO ₂	Disminución de gases de efecto invernadero gracias al uso de energía solar en lugar de energía convencional.
Ahorro en Consumo de Energía Convencional	Impacto positivo por la reducción en el uso de energía de la red eléctrica.
Generación de Residuos durante la Construcción	Evaluación de los residuos generados durante la construcción de la valla y la instalación del sistema fotovoltaico.
Uso de Materiales Sostenibles en la Valla	Análisis de los materiales de bajo impacto ambiental usados en la construcción de la valla.
Impacto Visual y Estético de la Valla	Evaluación del impacto visual de la valla en un entorno para interiores.
Eficiencia Energética del Sistema Fotovoltaico	Medición de la eficiencia del sistema en relación con su impacto ambiental global.

Discusión

La presente investigación evidenció que la implementación de un sistema fotovoltaico autónomo en una valla publicitaria es técnicamente viable y económicamente rentable, aportando al uso de energías renovables como alternativa frente a la crisis energética que atraviesa el Ecuador.

En el análisis económico financiero se han obtenido resultados que avalan la viabilidad del proyecto. El Valor Actual Neto (VAN), al ser un valor positivo, demuestra que el proyecto tiene rentabilidad, ya que el valor actual de los flujos de efectivo futuros excede el costo inicial de la inversión. Por otro lado, el hecho de que la Tasa Interna de Retorno (TIR) sea superior a la tasa de descuento, calculada en función de la tasa de captación del mercado financiero, confirma que la rentabilidad generada por el proyecto excede el rendimiento mínimo esperado, por

lo que resulta financieramente viable. Así también, el Periodo de Recuperación de la Inversión (PIR) demuestra que el proyecto tardará 1 año con 3 meses y 21 días en recuperar la inversión inicial con los flujos de efectivo que genera.

Los resultados obtenidos, tanto en el dimensionamiento del sistema como en la evaluación financiera mediante indicadores como VAN, TIR y PIR, coinciden con lo planteado por Romero y Flores (2019), quienes demostraron la factibilidad de sistemas de microgeneración solar para autoconsumo. Esto confirma que la integración de tecnologías solares no solo es una solución a la dependencia de la red eléctrica, sino también una estrategia eficaz de reducción de costos operativos en el mediano plazo.

En comparación con investigaciones previas, como la de Encalada y Sancho (2022),

quienes diseñaron un sistema fotovoltaico domiciliario para la ciudad de Cuenca, el presente estudio se orienta a un contexto publicitario, lo que amplía el espectro de aplicación de la energía solar en sectores no residenciales. Asimismo, Maldonado y Velástegui (2022) resaltan las ventajas de la independencia energética, pero advierten sobre las limitaciones derivadas de la variabilidad climática, aspecto que también se observó en las pruebas del prototipo al registrarse diferencias de voltaje en días soleados, nublados y lluviosos. Estas comparaciones demuestran que, si bien los beneficios de la energía solar son consistentes en distintos ámbitos, su desempeño depende fuertemente de las condiciones ambientales y del dimensionamiento adecuado de los sistemas.

No obstante, el estudio presenta ciertas limitaciones relacionadas con la inversión inicial, la vida útil de las baterías y la escalabilidad del sistema, factores que pueden influir en la adopción masiva de esta tecnología en entornos similares. En este sentido, es necesario considerar investigaciones futuras que exploren alternativas de almacenamiento más eficientes y menos costosas, así como modelos de financiamiento que faciliten la implementación en pequeñas y medianas empresas. A pesar de estas limitaciones, el proyecto constituye un aporte relevante a la búsqueda de soluciones sostenibles frente a la crisis energética en Ecuador, ya que

demuestra que es posible integrar energías limpias en infraestructuras urbanas con un impacto positivo tanto económico como ambiental.

Finalmente, desde el punto de vista eléctrico-técnico, el proyecto permitió validar el proceso de dimensionamiento, garantizando que los componentes seleccionados respondan a las necesidades de consumo de la valla. El cálculo de la energía máxima diaria (EMD), la corriente de diseño y el factor de seguridad aplicado aseguraron que el sistema pudiera operar tanto en condiciones diurnas como nocturnas, gracias al almacenamiento en baterías. Asimismo, la simulación con HOMER y las pruebas experimentales confirmaron que un solo panel de 330 W junto con la batería seleccionada era suficiente para abastecer la carga de manera estable, incluso considerando pérdidas en el inversor y variaciones de radiación. Además, el análisis de la caída de tensión demostró que las pérdidas se mantuvieron por debajo del 1%, cumpliendo la normativa nacional (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2018) y asegurando un rendimiento eléctrico adecuado. Estos resultados consolidan el aporte técnico del estudio, al demostrar que con un dimensionamiento correcto y un diseño cuidadoso se puede lograr un sistema eficiente, confiable y aplicable en contextos urbanos publicitarios.

Conclusiones

1. Viabilidad técnica del sistema

El proyecto permitió comprobar que es posible diseñar e instalar un sistema fotovoltaico autónomo para una valla publicitaria, garantizando el suministro de energía en condiciones tanto diurnas como nocturnas, gracias al respaldo de las baterías. Aunque la radiación solar puede variar por factores climáticos, el dimensionamiento correcto de los componentes y las pruebas de funcionamiento confirmaron que el sistema es capaz de cubrir la demanda eléctrica de forma estable y confiable.

2. Rentabilidad y evaluación económica

El análisis financiero evidenció que la inversión es viable y rentable. Los cálculos del Valor Actual Neto (VAN) mostraron que los flujos de caja proyectados superan los costos iniciales, mientras que la Tasa Interna de Retorno (TIR) se ubicó por encima del costo de capital, asegurando beneficios económicos adicionales. A esto se suman los ahorros en consumo eléctrico y los incentivos fiscales aplicables a proyectos de energías renovables, lo que fortalece la sostenibilidad económica a mediano plazo.

3. Impacto en el mercado y sostenibilidad social

La incorporación de esta tecnología en espacios publicitarios, además de generar un ahorro en costos energéticos, responde a la creciente demanda de soluciones sostenibles. La experiencia de implementación en la ciudad de Azogues demostró que este tipo de iniciativas puede integrarse en entornos urbanos con alta necesidad de espacios de comunicación, aportando no solo a la rentabilidad empresarial, sino también al desarrollo de prácticas responsables frente a la crisis energética.

4. Proyección y modelo replicable

El proyecto no solo se limita a su utilidad inmediata, sino que plantea un modelo de referencia para futuras implementaciones de sistemas fotovoltaicos en infraestructuras urbanas. Su carácter replicable abre la posibilidad de escalar la iniciativa hacia otras ciudades y sectores, consolidando una estrategia que combina beneficios financieros, eficiencia energética y compromiso ambiental.

Referencias bibliográficas

- APPA Renovables. (s.f). *¿Qué es la energía fotovoltaica?* <https://www.appa.es/appa-fotovoltaica/que-es-la-energia-fotovoltaica/>
- Birol, F. (2022). *Un llamado a la energía limpia*. Fondo Monetario Internacional. <https://www.imf.org/es/Publications/fandd/issues/2022/12/a-call-to-clean-energy-fatih-birol>
- Caballero, F. (2025). *Materia prima: Qué es, su importancia y ejemplos*. Economipedia. https://economipedia.com/definiciones/materia-prima.html#google_vignette
- Consejo de Educación Superior. (2018). *Ley De Régimen Tributario Interno*. <https://www.ces.gob.ec/lotaip/2018/Agosto/Anexos-literal-a2/LEY%20DE%20REGIMEN%20TRIBUTARIO%20INTERNO,%20LRTI.pdf>
- Contreras, R. (2020). *VAN valor actual neto*. Libro de Finanzas. <https://www.libro-definanzas.com/2020/05/van-valor-actual-neto.html>
- Encalada, A., & Sancho, J. C. (2022). *Análisis de costos para la operación de sistemas fotovoltaicos domiciliarios para la ciudad de Cuenca* [Tesis de Pregrado, Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21587>
- Fernández, J. R. (2025). *Tasa interna de retorno (TIR): ¿Qué es y cómo se calcula?* Sage. <https://www.sage.com/es-es/blog/tasa-interna-de-retorno-tir-que-es-y-como-se-calcula/>

- García, I. (2017). *Definición de viabilidad*. EconomíaSimple.net. <https://www.economiasimple.net/glosario/viabilidad>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2018). *Norma Ecuatoriana de la Construcción: NEC-SE-CM Cargas y Materiales*. INEN. <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/documentos-normativos-nec-norma-ecuatoriana-de-la-construccion/>
- International Renewable Energy Agency. (2019). *Global energy transformation: A roadmap to 2050*. <https://www.irena.org/publications/2019/Apr/Global-energy-transformation-A-roadmap-to-2050-2019Edition>
- Maldonado, M., & Velastegui, D. (2022). *Implementación de un sistema fotovoltaico para residencias, en la comuna masa 2* [Tesis de Pregrado, Universidad Politécnica Salesiana]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/22497>
- NASA. (2024). *Prediction of Worldwide Energy Resources (POWER)*. NASA Langley Research Center Atmospheric Science Data Center. <https://asdc.larc.nasa.gov/project/POWER>
- Ordoñez, F., & Vaca, D. (2020). *Mapa Solar del Ecuador 2019*. Escuela Politécnica Nacional. <https://webhistorico.epn.edu.ec/mapa-solar-del-ecuador/>
- Ortega, B. (2012). Análisis Coste-Beneficio. *eXtoikos* (5), 147-149. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5583839>
- Pascual, J. (2007). Los criterios valor actual neto y tasa interna de rendimiento. *E-pública. Revista electrónica sobre la enseñanza de la Economía Pública*, (2), 1-11. <https://www.researchgate.net/publication/28239645>
- Reyes, F. (2024). *Crisis energética en Ecuador: Origen, actualidad y alternativas para esta problemática*. Universidad Bolivariana del Ecuador. <https://ube.edu.ec/Pericias/articulo/23/Crisis%20energ%C3%A9tica%20en%20Ecuador:%20Origen,%20actualidad%20y%20alternativas%20para%20esta%20problem%C3%A1tica>
- Romero, J., & Flores, J. (2019). *Estudio e implementación de un sistema de micro generación solar fotovoltaico para autoconsumo (caso de estudio considerando la*

regulación Nro. ARCONEL 003-18) [Tesis de Pregrado, Universidad de Cuenca].
<https://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/33564>

Romero, J., Sancho, D., Inca, A., & Loján, M. del C. (2024). Implementación de Sistema Solar Fotovoltaico: Evaluación de Sostenibilidad y Eficiencia Energética. *Revista Veritas de Difusão Científica*, 5(2), 1745–1767. <https://doi.org/10.61616/rvdc.v5i2.171>

Sunpal. (2024) 350W-380W Mono Half-cell PERC Solar panel 120 cells 166mm PV module. <https://sunpal.oss-cn-hongkong.aliyuncs.com/wp-content/uploads/sunpalsolar/2024/08/HiMAX4-120Cell-350-380W-SP380M-60H-All-Black.pdf>

Váquiro, J. (2024). *Periodo de recuperación de la inversión- PR*. Pymes Futuro. <https://www.pymesfuturo.com/pri.htm>

Yáñez, C. (2023). *¿Cuánto consume un televisor en euros y cómo calcularlo?* EVVO. <https://evvohome.com/blogs/news/cuanto-consume-televisor-como-calcularlo#:~:text=Consumo%20energ%C3%A9tico%20con%20pantallas%20LCD,Pulgadas%3A%20Consume%20aproximadamente%20200%20kWh>

ANEXOS

Anexo 1

Construcción de la estructura principal de la valla publicitaria



Anexo 2

Instalación de los componentes de la valla publicitaria



Anexo 3

Instalación y conexión del panel solar seleccionado



Anexo 4

Pruebas de funcionamiento del sistema fotovoltaico.

