

15

Fecha de presentación: enero, 2023

Fecha de aceptación: marzo, 2023

Fecha de publicación: mayo, 2023

EVALUACIÓN DE FACTIBILIDAD

DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO EN UNA VIVIENDA FAMILIAR, EN SAN ANTONIO DE ORIENTE FRANCISCO MORAZÁN, HONDURAS

FEASIBILITY EVALUATION OF A PHOTOVOLTAIC SYSTEM IN A FAMILY HOME, IN SAN ANTONIO DE ORIENTE FRANCISCO MORAZÁN, HONDURAS

Marco Antonio Ramos Espinal¹

E-mail: marco.ramos@unah.edu.hn

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1389-4026>

¹Universidad Nacional Autónoma de Honduras. Honduras.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Ramos Espinal, M. A. (2023). Evaluación de factibilidad de un sistema fotovoltaico en una vivienda familiar, en San Antonio de Oriente Francisco Morazán, Honduras. *Universidad y Sociedad*, 15(3), 156-166.

RESUMEN

En la presente investigación se evalúa la factibilidad de implementar un sistema fotovoltaico en una vivienda familiar, sin embargo, no se conoce de estudios de experiencias de personas viviendo con esa tecnología (Fox, 2023) para el suministro de energía y agua caliente en Francisco a través del diseño del sistema eléctrico correspondiente, en una lotificación ubicada en las afueras de Tegucigalpa, Honduras, en el Municipio de San Antonio de Oriente, siempre en el Departamento de Francisco Morazán. Para definir el diseño eléctrico convencional se utilizó el Código Nacional Eléctrico de los Estados Unidos de América, y para el diseño fotovoltaico, se usó la metodología desarrollada en la asignatura de energía solar fotovoltaica y energía solar térmica del Máster en Energía Renovable. Para la evaluación de la factibilidad, se usaron las herramientas de la Ingeniería Económica a través del Valor Presente Neto (VPN), la Tasa Interna de Retorno (TIR), el Periodo de Recuperación (PR) y el Costo Capitalizado (CC), y se logró determinar que desde el punto de vista económico la inversión en la implantación en el sistema fotovoltaico, no es atractiva debido a los precios de los equipos y materiales requeridos, sin embargo, contribuye a la disminución de la factura por energía y coadyuva a disminuir los efectos del cambio climático. La instalación eléctrica fue diseñada considerando todas las normas de seguridad para que la conducción y uso de la energía eléctrica sea adecuada, la disposición de sistema fotovoltaico fue dimensionado para responder ante las cargas eléctricas por la iluminación y por el sistema de bombeo de agua de uso normal en los hogares para fines domésticos.

Palabras clave: Energía eléctrica, demanda, diseño eléctrico, sistema fotovoltaico.

ABSTRACT

In the present investigation, the feasibility of implementing a photovoltaic system in a family home is evaluated, for the supply of energy and hot water in Francisco through the design of the corresponding electrical system, in a subdivision located on the outskirts of Tegucigalpa, Honduras, in the Municipality of San Antonio de Oriente, always in the Department of Francisco Morazán. To define the conventional electrical design, the National Electrical Code of the United States of America was used, and for the photovoltaic design, the methodology developed in the subject of photovoltaic solar energy and solar thermal energy of the Master in Renewable Energy was used. For the feasibility evaluation, the Economic Engineering tools were used through the Net Present Value (NPV), the Internal Rate of Return (IRR), the Recovery Period (PR) and the Capitalized Cost (CC), and It was possible to determine that from the economic point of view the investment in the implementation in the photovoltaic system is not attractive due to the prices of the equipment and materials required, however, it contributes to the reduction of the energy bill and helps to reduce the effects of climate change. The electrical installation was designed considering all safety regulations so that the conduction and use of electrical energy is adequate, the layout of the photovoltaic system was sized to respond to electrical charges for lighting and for the water pumping system for use. normal in homes for domestic purposes.

Keywords: Electric energy, demand, electrical design, photovoltaic system.

INTRODUCCIÓN

El uso de la energía y sobre todo el costo de la misma es un factor determinante para que las grandes empresas logren ser competitivas y exitosas, sin embargo, a nivel familiar, ese costo en países pobres como Honduras, llega a convertirse en un valor clave con el poder de desequilibrar la deteriorada economía de dichas familias.

A pesar del gran desarrollo que las diversas tecnologías de las energías renovables han alcanzado, en Honduras, a nivel doméstico familiar, los hogares que si cuentan con el servicio, la dependencia es casi absoluta de la energía suministrada por la compañía de energía eléctrica, considerando que a 2009, la electricidad representaba el 11% y la leña un 42.8% de la matriz energética (Flores, 2012). Entonces, no es frecuente a nivel residencial familiar encontrar instalaciones de sistemas energéticos renovables en las edificaciones habitacionales, en casas, edificios de oficinas, etc., razón que motiva realizar una investigación en la cual se pueda determinar la factibilidad de realizar una instalación eléctrica domiciliar que no dependa únicamente de la electricidad producida por la compañía que comercializa en Honduras sino que también sea alimentado con una fuente alternativa renovable. Estudios demuestran análisis financieros de proyectos de 10 MWp (Singh et al., 2022) Agra, Meerut, Gorakhpur, Kanpur, Allahabad, and Varanasi of Uttar Pradesh (UP pero a nivel de Honduras, y en casos particulares domésticos es necesario avanzar en estudios.

Honduras por ser un país de la América Central, se ubica en zona tropical y recibe buena cantidad de radiación solar, lo que hace suponer que con la instalación de sistemas solares se podrá lograr contar con una fuente de energía renovable que cubra parte de las necesidades de una residencial, sin embargo, se desconoce la configuración que podría mostrar indicadores económicos adecuados en la realidad hondureña.

Sin lugar a dudas, con la instalación de paneles solares sobre los techos de una casa en Honduras se obtendrá energía, sin embargo, no se requiere que alimente una pequeña lámpara y pueda cargar un teléfono celular nada más, sino, que se tome una parte considerable de la carga, caliente agua y mueva una bomba de agua sumergible.

En concreto se quiere contestar la siguiente pregunta:

¿Es factible implementar un sistema fotovoltaico en una vivienda familiar, para el suministro de energía y agua caliente, en Francisco Morazán, Honduras?

La solución al problema de investigación representa la motivación de poder dilucidar cuan factible es en el

medio hondureño lograr la instalación con un desempeño aceptable y con indicadores económicos favorables para el inversionista.

En Honduras, el costo de la energía eléctrica es elevado, y el comportamiento al alza ha sido una constante en los últimos diez años desde el golpe de estado de 2009. La argumentación que normalmente se escucha por las autoridades del sector se basa en el hecho que la factura petrolera también se incrementa permanentemente y la generación de energía esta directamente relacionada con compra de combustibles fósiles. En vista de lo anterior, existe la necesidad a nivel residencial de estudiar la factibilidad de implementación de sistema de energía renovable, específicamente fotovoltaico que ayude al menos en dos sentidos: (a) disminución de la factura energética residencial mensual y (b) ayudar a la mitigación del cambio climático. Por lo que países como Honduras, necesitan encontrar nuevas metodologías de evaluación, pero más allá de eso mecanismos para financiar proyectos a gran escala (Schmidt et al., 2012). Según Yu et al., (2018, p. 1) conexiones de tandem de módulos fotovoltaicos representan una promesa de disminución de costos para los sistemas fotovoltaicos. También, nuevos diseños y desarrollos prometen nuevas posibilidades para países pobres (*Design considerations for photovoltaic energy harvesting in wearable devices | Scientific Reports, s/f*) así como el subsidio y colaboración de países desarrollados (*City-level analysis of subsidy-free solar photovoltaic electricity price, profits and grid parity in China | Nature Energy, s/f*), reduciendo la pobreza rural (Zhang et al., 2020) China has implemented a large-scale initiative to systematically deploy solar photovoltaic (PV

Los resultados de la investigación dilucidaran las dudas asociadas a la factibilidad de la implementación de un sistema fotovoltaico en una residencia familiar, mediante el cual se atiende el suministro de energía y agua caliente y serviría para disponer de una base adecuada para la toma de decisiones, sobre si implementar dichos sistemas, cuándo realizar la inversión, el monto de la inversión, el valor esperado que debe pagarse por la energía con y sin el proyecto. Dicho conocimiento es fundamental ya que, en Honduras, no es frecuente ver residencias con sistemas fotovoltaicos, pero si proyectos habitacionales, tanto en las principales ciudades como en las zonas rurales y es probable que existe la suposición de que desarrollar proyectos de este tipo es sumamente caro y no se obtienen beneficios tangibles.

Mediante el presente se logra evaluar la factibilidad de implementar un sistema fotovoltaico en una vivienda familiar, para el suministro de energía y agua caliente, en

Francisco Morazán, Honduras, a través del diseño de la instalación eléctrica correspondiente.

A través de:

- Calcular la demanda de energía eléctrica para una vivienda de 180 metros cuadrados mediante la determinación de carga usando los métodos tradicionales indicados en el código nacional eléctrico de los Estados Unidos de América.
- Dimensionar las características generales de la instalación eléctrica tradicional usando el código nacional eléctrico de los Estados Unidos de América.
- Estimar los costos de la instalación eléctrica tradicional para conocer el monto de la obra eléctrica, a través de la consulta de precios en casas comerciales y cámaras de construcción ubicadas en Honduras.
- Calcular la configuración del sistema fotovoltaico para el suministro de energía y agua caliente a través del diseño eléctrico del sistema que pueda soportar diversos porcentajes de carga del sistema total.
- Establecer la factibilidad de la implementación de un sistema fotovoltaico para suministro de energía y agua caliente, en diversos escenarios a través de la tasa interna de retorno, el costo capitalizado, el valor presente neto y el periodo de recuperación de la inversión.

Elementos de la Instalación eléctrica residencial

Una instalación eléctrica residencial está compuesta por diversos elementos que permiten que la corriente eléctrica pueda fluir hasta cada tomacorriente donde se conectan los diversos aparatos que la usan, incluye

- Conductores
- Aparatos de medida
- Paneles de control
- Dispositivos de protección
- Canalizaciones

La instalación eléctrica debe garantizar la seguridad de las personas y la propiedad (NFPA, 2016, pp. 70–30) lo cual implica que debe ser eficiente, económica y segura (Bratu & Campero, 1990, p. 1)

La instalación eléctrica comienza donde la acometida de la empresa de energía termina, y luego pasa por los dispositivos de medición de energía para internarse en el hogar, en la Figura 1. se muestra un diagrama unifilar de la instalación eléctrica de una casa.

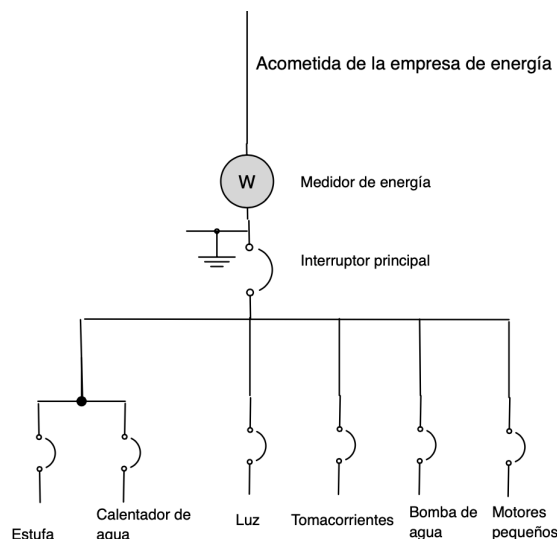


Figura 1. Diagrama unifilar de una instalación típica en una casa

Fuente. Elaboración propia

La acometida de la empresa de energía normalmente está constituida por conductores de aluminio, los cuales luego son empalmados con los conductores alimentadores de la instalación eléctrica de la casa. Esta conexión se hace a través de un empalme remachado normalmente hecho también de aluminio y que contiene grasa especial para mejorar la reacción química que se da entre el aluminio y el cobre de los alimentadores.

Antes de ingresar a la residencia, los conductores alimentadores pasan por el equipo de medición y además se conectan las partes necesarias en una puesta a tierra. Los alimentadores que son los conductores más gruesos de la instalación eléctrica llegan a un panel de control, el cual en ocasiones según la carga eléctrica que van alimentar pueden disponer de un interruptor principal.

En Honduras se utiliza mucho en las instalaciones eléctricas residenciales o de casa dispositivos de protección termo magnéticos especificados según la corriente eléctrica, el nivel de voltaje y la protección contra cortocircuitos. Si bien es cierto, la protección contra sobre voltajes en los tableros de control de las residencias o casas habitacionales en Honduras no es muy frecuente y también pueden ser instalados.

Las instalaciones eléctricas residenciales normalmente cuentan con un solo panel de control, el cual incluye todos los dispositivos de protección de todos los circuitos de la casa, pero también existen mejores diseños e implementaciones en donde no se dispone de un solo panel de

control, si no que las cargas, son arregladas por su naturaleza; por ejemplo, la estufa y el calentador de agua por ser resistivas son acomodados adentro de un solo panel de control, el cual dispone de los interruptores termo magnéticos adecuados, además, este panel incluye su propio sistema de aterrizaje dispuesto en una zona diferente al de la entrada de energía. Controlar las emisiones de carbón con el uso de energías renovables es una tarea que se puede alcanzar con el uso de sistemas fotovoltaicos (Helveston et al., 2022, p. 1)², yet countries sometimes implement policies that increase costs by restricting the free flow of capital, talent and innovation in favour of localizing benefits such as economic growth, employment and trade surpluses^{3,4}. Here we assess the cost savings from a globalized solar photovoltaic (PV) a nivel global 68,661 instalaciones a nivel global (Kruitwagen et al., 2021)³. Geospatial data describing the energy system are required to manage generation intermittency, mitigate climate change risks, and identify trade-offs with biodiversity, conservation and land protection priorities caused by the land-use and land-cover change necessary for PV deployment. Currently available inventories of solar generating capacity cannot fully address these needs¹⁻⁹. Here we provide a global inventory of commercial-, industrial- and utility-scale PV installations (that is, PV generating stations in excess of 10 kilowatts nameplate capacity.

Del mismo modo los circuitos para aparatos pequeños y para iluminación son alojados en otro tablero o panel de control que también está sólidamente conectado a tierra en sus partes correspondientes. Finalmente, es posible encontrar un panel adicional el cual conecta a los motores que son utilizados por ejemplo en la bomba de agua o en los motores de los portones eléctricos u otras aplicaciones similares.

El diseño eléctrico normalmente utilizado en ciudades como Tegucigalpa incluye una sola conexión a tierra, sin embargo, es probable encontrar otras instalaciones en las que se incluye pequeñas redes de tierra que mejoran la conexión de las partes correspondientes al suelo. Los conductores utilizados son de cobre y su denominación depende de la ampacidad, que es la capacidad para llevar corriente máxima en amperios usando para identificar sus grosores los mil circular, “un mil circular abreviado mc, MC milc, “es el área de un círculo que tiene un diámetro de 0.001 plg.” (Richter & Schwan, 1982, p. 93).

Los tomacorrientes de aparatos pequeños, las tomas especiales, los interruptores de pared para las luminarias, las luminarias, constituyen los otros elementos de una instalación común en Honduras. Las canalizaciones utilizadas normalmente incluyen ductos de PVC, ductos metálicos y de un producto denominado poliducto, empotradas

en las paredes utilizando los cielos falsos para hacer las conexiones, con cajas metálicas de paso y los accesorios, como conexiones, codos, tuercas, contratueras, y todos los demás necesarios. El sistema de alimentación es 120/220 V, 1 fase y a 60 Hz.

MÉTODOS

En el presente capítulo se define el diseño metodológico de la investigación, incluye las variables, la muestra, los instrumentos y las técnicas, los procedimientos y la hipótesis de trabajo. El mismo se basa en el enfoque cuantitativo, con alcance descriptivo de corte transversal.

VARIABLES

Las variables consideradas fueron: a) Carga eléctrica en Watts total, (b) carga eléctrica sistema fotovoltaico en Watts, (c) Caudal de agua caliente sanitaria en litros/día, (d) Carga eléctrica por bombeo en Watts, (e) Inversión total sistema convencional en Lempiras y Dólares de los Estados Unidos de América, (f) Tasa interna de retorno en %, (g) Periodo de recuperación en años, (h) costo capitalizado en Lempiras y Dólares de los Estados Unidos de América, (i) valor presente neto de la inversión, (j) factura por energía con y sin proyectos Lempiras y Dólares de los Estados Unidos de América.

MUESTRA

La población fue determinada por las viviendas que puedan ser construidas en un futuro en la zona, denominada “Napoleones del Pedregal III Etapa”, y la muestra es la vivienda en donde se realizó el diseño para la evaluación de la factibilidad.

INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN Y TÉCNICAS

Para conocer el precio de los materiales en Lempiras, se usaron listas de cotizaciones de equipos, accesorios y materiales, los cuales se enviaron a las casas comerciales seleccionadas, y para obtener la muestra de radiaciones se elaboró una tabla con la información proporcionada por la NASA a partir de un archivo ASCII

Procedimientos

a) Para calcular la carga eléctrica para una vivienda de 237.2 metros cuadrados mediante la determinación de carga por iluminación a partir del área y de la carga mínima requerida por metro cuadrado, la estimación de carga por aparatos pequeños y de lavandería usando la placa característica de equipos similares, la carga para motores se realizará usando los datos de placa de los motores recomendados en el código nacional eléctrico de los Estados Unidos de América.

Para dimensionar las características generales de la instalación eléctrica tradicional, se uso demanda de energía y las tablas características de conductores, interruptores, tableros, equipos de protección de sobre corriente, y sobre voltaje usando el código nacional eléctrico de los Estados Unidos de América.

- b) Para definir la configuración del sistema fotovoltaico para el suministro de energía y agua caliente a través del diseño eléctrico del sistema se utilizó la información de radiación diaria que ofrece la NASA, y a partir del valor menos favorable, definir el sistema fotovoltaico y la cantidad de demanda eléctrica que podrá atender el sistema fotovoltaico del sistema total. En el caso del agua caliente, se consideran 35 litros por persona por día, lo que en 4 personas da 140 litros de agua caliente.(Funiber, 2012, p. 147)
- c) Para el bombeo, se define una bomba de 1hp, la cual empíricamente muestra funcionamiento adecuado en una vivienda de dos plantas, y que para el caso de una sola planta resultará adecuada.
- d) Los costos de la instalación eléctrica tradicional ser definieron mediante la cotización de materiales en casas comerciales y cámaras de construcción ubicadas en Honduras, y la definición del costo de la misma para varios escenarios, considerando los materiales permitidos en diversas partes de la instalación.
- e) Para establecer la factibilidad de la implementación de un sistema fotovoltaico para suministro de energía y agua caliente, se realizó la definición de la inversión inicial incluyendo el componente fotovoltaico y su flujo de efectivo, también se realizó la estimación del costo de la energía en el mismo horizonte de tiempo, a partir de esos flujos se construirán diversos escenarios y los indicadores económicos de la tasa interna de retorno, el costo capitalizado, el valor presente neto y el periodo de recuperación de la inversión, utilizando software especializado como Excel y los gráficos de la VAN y TIR.

RESULTADOS

Demanda de energía eléctrica

Ubicación del lugar: Latitud 13.995, Longitud -87.0241

Para la determinación de la demanda de energía eléctrica, primero se determinó la carga por iluminación, o sea 33 Watt/m²; el área de construcción de la vivienda se muestra en la siguiente Tabla 1:

Tabla 1. Área de construcción del proyecto

| # | Espacio | Área m ² |
|----|-----------------------|---------------------|
| 1 | Habitación principal | 44.5 |
| 2 | H1 | 20.6 |
| 3 | H2 | 20.6 |
| 4 | H3 | 21.5 |
| 5 | Alacena y cocina | 18.1 |
| 6 | Comedor y desayunador | 17.7 |
| 7 | Sala y vestíbulo | 27.0 |
| 8 | Estar familiar | 32.0 |
| 9 | Estudio | 15.5 |
| 10 | Recibidor | 3.8 |
| 11 | Acceso | 15.9 |
| | Total | 237.2 |

Fuente. Elaboración propia a partir de los cálculos realizados

Dicha área es calculada en base a la distribución en planta del diseño arquitectónico por parte del Arq. Jorge R. Zelaya López, que muestra a continuación en la Figura 2



Figura 2.Planta Arquitectónica

Fuente. Elaborado por Arq. Jorge R. Zelaya López, julio 2020

Por lo tanto, la carga de iluminación es como se muestra en la Ecuación 1:

$$\text{Carga de iluminación} = 33 \frac{\text{Watt}}{\text{m}^2} \times 237.2 \text{ m}^2 = 7,827.6 \text{ Watt} \quad (1)$$

Los circuitos para aparatos pequeños se considera 3000 W, el circuito de lavandería de 1500 W. En el caso de los motores, se requieren dos, uno de 0.375 kW para el portón del garage y uno de 0.746 kW para el motor de la bomba de agua, ambos de 1 fase y 60 Hz. La carga de la estufa eléctrica es de 8 kW, y de acondicionadores de aire, tal como se muestra en la Tabla 2

Tabla 2. Carga eléctrica de las unidades de aire acondicionado según locales a enfriar I

| # | Espacio | Área m ² | BTU | kW |
|----|-----------------------|---------------------|-------|------|
| 1 | Habitación principal | 44.5 | 24000 | 7.0 |
| 2 | H1 | 20.6 | 18000 | 5.3 |
| 3 | H2 | 20.6 | 18000 | 5.3 |
| 4 | H3 | 21.5 | 18000 | 5.3 |
| 5 | Alacena y cocina | 18.1 | | |
| 6 | Comedor y desayunador | 17.7 | | |
| 7 | Sala y vestíbulo | 27.0 | | |
| 8 | Estar familiar | 32.0 | | |
| 9 | Estudio | 15.5 | 12000 | 3.5 |
| 10 | Recibidor | 3.8 | | |
| 11 | Acceso | 15.9 | | |
| | Total | 237.2 | 90000 | 26.4 |

Fuente. Elaboración propia a partir de los cálculos realizados

Con todos los datos, y usando el método opcional del NEC (NFPA, 2016, pp. 70–75), se tiene en la Tabla 3 los cálculos de la carga eléctrica.

Tabla 3. Carga eléctrica por el método opcional

| # | Espacio | Watts (W) brutos | Watts netos |
|----|--|------------------|-------------|
| 1 | Iluminación 237.2 m ² a 33 W/m ² | 7827.6 | |
| 2 | Circuitos para aparatos pequeños | 3000.0 | |
| 3 | Círculo para lavandería | 1500.0 | |
| 4 | Estufa | 8000.0 | |
| 5 | Motor de 1/2 hp para portón | 375.0 | |
| 6 | Motor de 1 hp para bomba de agua | 750.0 | |
| 7 | Unidad de aire 24000 BTU | 7000.0 | |
| 8 | Unidad de aire 18000 BTU | 5300.0 | |
| 9 | Unidad de aire 18000 BTU | 5300.0 | |
| 10 | Unidad de aire 18000 BTU | 5300.0 | |
| 11 | Unidad de aire 12000 BTU | 3500.0 | |
| | Los primeros 10000 Watts a 100% | | 10000.0 |

| | | | |
|--|-----------------|---------|---------|
| | El resto al 40% | | 15141.0 |
| | Total | 47852.6 | 25141.0 |
| Fuente. Elaboración propia a partir de los cálculos realizados | | | |

Según la tabla 310.15(B) (16) (NFPA, 2016, pp. 70–150), para los alimentadores, el conductor 1/0 tiene una Ampacidad de 150 A, la cual cubre perfectamente el 125% de capacidad para cargas continuas (Richter & Schwan, 1982, p. 117), cuyo valor es . En el caso del conductor neutro, , por lo que el conductor adecuado es el número 2, por lo tanto se tiene para los alimentadores 2 conductores 1/0 y un conductor 2, AWG, dichos conductores provocarían la siguiente caída de voltaje, a partir de la resistencia (NFPA, 2016, pp. 70–689):

Cálculo de circuitos derivados

Para los circuitos derivados se procede de la siguiente manera, primero se elabora un bosquejo de los circuitos de toma corrientes y luego de los circuitos de iluminación. A partir de lo cual se define los calibres de los conductores, el número de ellos por circuito y dado que el ambiente en el que estarán instalados es seco, se define el aislamiento THHN.

DISCUSIÓN

Valor presente neto

Con el objeto de verificar la factibilidad de la instalación del sistema fotovoltaico, se define algunos supuestos:

1. En una vivienda como la proyectada, no existe la posibilidad de generar ingresos por venta de energía, sin embargo, se considera como ingresos posibles el ahorro que por concepto del sistema fotovoltaico podría darse en diferentes porcentajes del costo de la energía eléctrica.
2. Se usa como valor de energía consumida, el promedio de agosto de 2017 y julio de 2020, en una vivienda similar, dicho valor es de 395.3 kWh con un precio anual de USD 929.5.
3. La inversión del proyecto incluyendo el sistema fotovoltaico asciende a USD 8,825.67 y sin el componente fotovoltaico, USD 3,032.45.
4. Para el cálculo del valor presente neto, se usa un horizonte de diez años, con una tasa de 10%

A continuación, se muestra los cálculos del valor presente neto;

| VPN | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Con proyecto | 20 % | | | | | | | | | | |
| Ingresos | | 185.9 | 185.9 | 185.9 | 185.9 | 185.9 | 185.9 | 185.9 | 185.9 | 185.9 | 185.9 |
| | | | | | | | | | | | |
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Costos | 8,825.7 | 743.6 | 743.6 | 743.6 | 743.6 | 743.6 | 743.6 | 743.6 | 743.6 | 743.6 | 743.6 |
| BN | -8,825.7 | -557.7 | -557.7 | -557.7 | -557.7 | -557.7 | -557.7 | -557.7 | -557.7 | -557.7 | -557.7 |
| VPN | -12,252.5 | | | | | | | | | | |

Figura 3. *Valor presente neto*

Fuente. Elaboración propia

Nota: considerando que se disminuye el costo de la energía en 20%, elaboración propia a partir de los datos obtenidos.

Tal como se observa, cuando el ingreso equivale al 20% del costo de la energía, el valor presente neto es negativo y con un valor de - 12, 252.5, lo cual se asocia con un proyecto no adecuado desde el punto de vista económico. Para que una inversión sea económicamente rentable, se requiere que al menos el valor presente neto sea en el peor de los casos igual a cero, de manera que el flujo del futuro generado por el proyecto supere la inversión inicial, tal como lo establece los postulados de la Ingeniería Económica (Sepúlveda et al., 1985, p. 67)

En la siguiente Figura 4, se observa el valor presente neto bajo consideración de un 25%

| | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Con proyecto | 25 % | | | | | | | | | | |
| Ingresos | | 232.4 | 232.4 | 232.4 | 232.4 | 232.4 | 232.4 | 232.4 | 232.4 | 232.4 | 232.4 |
| | | | | | | | | | | | |
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Costos | 8,825.7 | 697.1 | 697.1 | 697.1 | 697.1 | 697.1 | 697.1 | 697.1 | 697.1 | 697.1 | 697.1 |
| BN | -8,825.7 | -464.7 | -464.7 | -464.7 | -464.7 | -464.7 | -464.7 | -464.7 | -464.7 | -464.7 | -464.7 |
| VPN | -11,681.3 | | | | | | | | | | |

Figura 4. Valor presente neto,

Fuente. Considerando que se disminuye el costo de energía en 25%, elaboración propia a partir de los datos obtenidos

Se observa que, el incremento de 5% en disminución al costo de la energía, hace disminuir el valor presente neto en un 4.66%, sin embargo, sigue siendo un valor desfavorable.

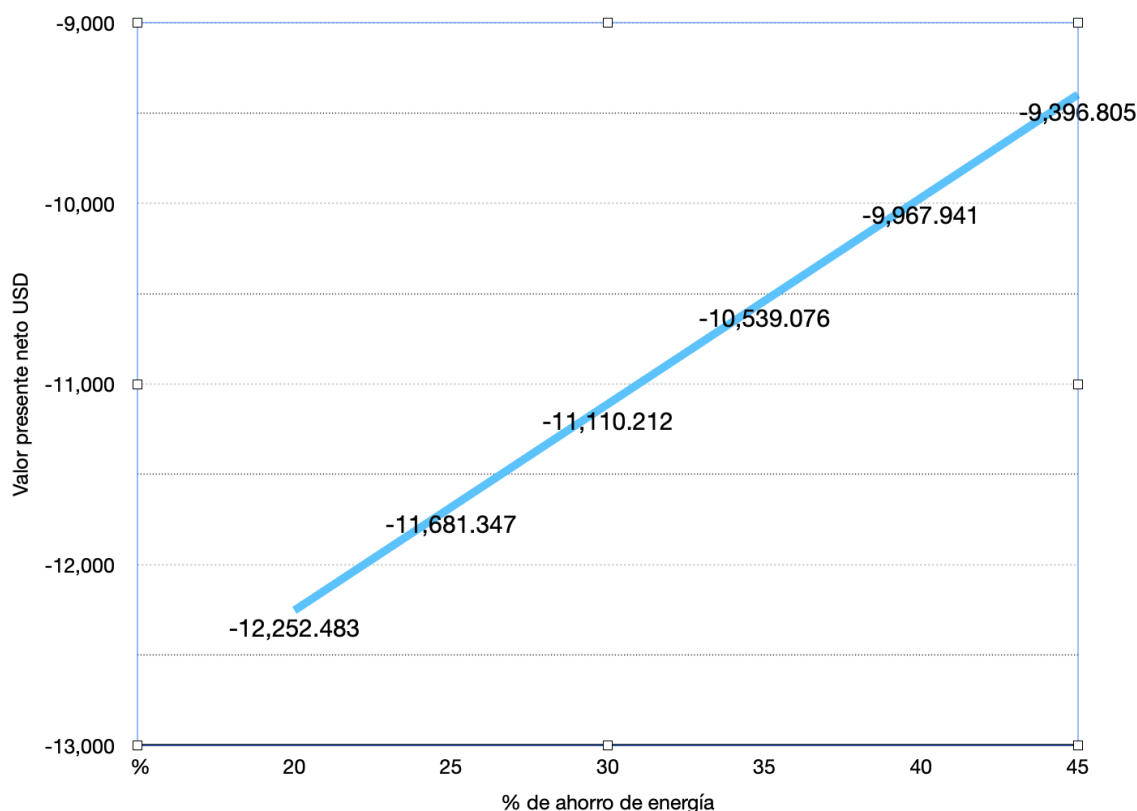


Figura 5. Comportamiento del Valor presente neto

Nota. usando unos diferentes porcentajes de ahorro de energía, elaboración propia a partir de los datos obtenidos.

Tal como se puede observar, el comportamiento del Valor presente neto es a la disminución, sin embargo, no logra llegar a un monto adecuado, por lo que bajo las condiciones indicadas, no es atractivo conforme a la Ingeniería Económica(Blank & Tarquin, 2004, p. 174).

Tasa Interna de retorno

En ninguna condición se puede evaluar la tasa interna de retorno ya que los ingresos definidos, en ninguno de los porcentajes permite encontrar un valor adecuado, por lo que desde el punto de vista de la TIR el proyecto no es atractivo. Lo anterior debido a que según los postulados de la Ingeniería Económica (Fontaine, 1998, p. 74)

Periodo de recuperación

Al evaluar el periodo de recuperación por el esquema tradicional, se observa que no es posible obtener un valor favorable, sin embargo, si se considera la inversión que se realizará únicamente para la parte fotovoltaica, entonces se puede obtener el tiempo en años, el periodo de recuperación del monto invertido, para los diversos porcentajes tal como se indica en la figura 7.4 siguiente;

| % | Ahorro por uso de sistema fotovoltaico | Pr (años) |
|------|--|-----------|
| 20 % | 185.9 | 31 |
| 25 % | 232.4 | 25 |
| 30 % | 278.8 | 21 |
| 35 % | 325.3 | 18 |
| 40 % | 371.8 | 16 |
| 45 % | 418.3 | 14 |

Figura 6. Periodo de recuperación en años de la inversión en el sistema fotovoltaico

Fuente. elaboración propia a partir de los datos obtenidos.

Conforme a la teoría de la Ingeniería Económica, el plazo para la recuperación debería ser un valor aceptable, en tiempo medido a escala de residencia en una vivienda familiar. Si bien se encuentran valores, la cantidad de años es relativamente grande, lo que conforme a la teoría no favorece al proyecto (Sepúlveda et al., 1985, p. 70), sin embargo, con el desarrollo tecnológico, es probable que se logren niveles de eficiencia superiores y que se usen nuevos materiales con costos aceptables (Li et al., 2019) increasing stability and decreasing cost of the related materials and devices. Here we report a simplified synthetic route for 4,4,9,9-tetrahexyl-4,9-dihydro-s-indaceno [1,2-b:5,6-b'] dithiophene by using the catalyst of amberlyst15. Based on this synthetic route and methoxy substitution, two low cost acceptors with less synthetic steps, simple post-treatment and high yield were synthesized. In

addition, the methoxy substitution improves both yield and efficiency. The high efficiency of 13.46% was obtained for the devices with MO-IDIC-2F (3,9-bis(2-methylene-5 or 6-fluoro-(3-(1,1-dicyanomethylene

Costo capitalizado

Para realizar el análisis del costo capitalizado se supone lo siguiente:

1. El mantenimiento del sistema fotovoltaico se realizará cada 5 años, con una inversión del 10% del valor de inicial, la tasa de referencia es de 10%
2. El mantenimiento de la instalación convencional es cada 10 años, con un monto del 10% de la inversión inicial y una tasa de referencia de 10%.

Los resultados se muestran en la figura 7 a continuación;

| Costo capitalizado | | | |
|---------------------------|----------|--------------|----------|
| Fotovoltaico | USD | Convencional | USD |
| Inversión Inicial | 5,793.22 | | 3,032.45 |
| Mantenimiento 10% | 579.32 | | 303.25 |
| Cada | 5 | | 10 |
| Tasa de referencia | 10 % | | 10 % |
| Costo capitalizado | 6,152.93 | | 3,149.37 |

Figura 7. Costo capitalizado en Dólares de los Estados Unidos, para el proyecto fotovoltaico y la instalación eléctrica convencional

Fuente. Elaboración propia a partir de los datos obtenidos.

Tal como se observa, la inversión es mayor en el caso del sistema fotovoltaico que en el sistema convencional, lo que a futuro representa una desventaja para el sistema de energía renovable desde el punto de vista de la Ingeniería Económica (Portus G., 1997, p. 211).

CONCLUSIONES

Mediante el desarrollo de la investigación se determinó la demanda energética para la residencia proyectada, usando para tal efecto el método opcional definido en el Código Nacional Eléctrico de los Estados Unidos (NEC). Dicha demanda es conforme a los requerimientos de una vivienda de las dimensiones indicadas y para el confort de las personas que la habitarán y haciendo uso adecuado y eficiente de la misma.

Las dimensiones de las características generales de la instalación eléctrica fueron definidas obteniéndose los alimentadores, circuitos derivados y todas las demás asociadas al sistema. El cual es un diseño funcional, muy

utilizado en Honduras, y que cumple con los requisitos mínimos de seguridad garantizando que el funcionamiento del sistema es correcto. Se definieron los costos de la instalación eléctrica tradicional para conocer el monto de los materiales de la obra eléctrica, a través de la consulta de precios en casas comerciales ubicadas en Honduras. Se procuró en todo momento, disponer de un diseño funcional, económico que no sacrifique la seguridad y que pudiese implicar aumentar los riesgos, por lo que el valor al que asciende es adecuado, y se garantiza la adquisición de materiales que cumplen los requerimientos.

El sistema fotovoltaico fue configurado, tomando como base la radiación solar histórica en sitio de la obra, incluyendo la iluminación, un motor y el bombeo. Sin embargo, es pertinente indicar que no basta con realizar la instalación sino que hace falta mantenimiento importante, sobre todo en países como Honduras en donde el polvo está por todas partes, por lo que se vuelve necesario mantenimiento y limpieza (Tayel et al., 2022)

La factibilidad de la implementación de un sistema fotovoltaico para suministro de energía y agua caliente, en diversos escenarios, a través de la tasa interna de retorno, el costo capitalizado, el valor presente neto y el periodo de recuperación de la inversión mostró que el sistema no es factible desde el punto de vista económico, sin embargo, los desarrollos de investigación y desarrolladores de tecnología son importantes y quizá mejorar las condiciones de vida de las personas pobres en Honduras al contar con energía y de paso salvando o contribuyendo a salvar el mundo (Fu et al., 2022)

Pese a que no resultó económicamente factible, el proyecto conviene desde el punto de vista ambiental pues podría en el mejor de los casos llegar a sustituir hasta un 45% de la energía requerida para el funcionamiento de un hogar común en Honduras

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Blank, L., & Tarquin, A. (2004). *Ingeniería Económica*. McGraw Hill.
- City-level analysis of subsidy-free solar photovoltaic electricity price, profits and grid parity in China | *Nature Energy*. (s/f). Recuperado el 1 de febrero de 2023, de <https://www.nature.com/articles/s41560-019-0441-z#citeas>
- Design considerations for photovoltaic energy harvesting in wearable devices | *Scientific Reports*. (s/f). Recuperado el 1 de febrero de 2023, de <https://www.nature.com/articles/s41598-022-22232-x#citeas>
- Flores, W. (2012). El sector energético de Honduras: Diagnóstico y política energética. *San Pedro Sula, Honduras*. 20p.
- Fontaine, E. R. (1998). *Evaluación Social de Proyectos* (12a ed.). Alfaomega Grupo Editor.
- Fox, N. (2023). Increasing solar entitlement and decreasing energy vulnerability in a low-income community by adopting the Prosuming Project. *Nature Energy*, 8(1), Art. 1. <https://doi.org/10.1038/s41560-022-01169-5>
- Fu, H., Yao, J., Zhang, M., Xue, L., Zhou, Q., Li, S., Lei, M., Meng, L., Zhang, Z.-G., & Li, Y. (2022). Low-cost synthesis of small molecule acceptors makes polymer solar cells commercially viable. *Nature Communications*, 13(1), Art. 1. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-31389-y>
- Funiber. (2012). *Energía solar térmica*. Funiber.
- Helveston, J. P., He, G., & Davidson, M. R. (2022). Quantifying the cost savings of global solar photovoltaic supply chains. *Nature*, 612(7938), Art. 7938. <https://doi.org/10.1038/s41586-022-05316-6>
- Kruitwagen, L., Story, K. T., Friedrich, J., Byers, L., Skillman, S., & Hepburn, C. (2021). A global inventory of photovoltaic solar energy generating units. *Nature*, 598(7882), Art. 7882. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03957-7>
- Li, X., Pan, F., Sun, C., Zhang, M., Wang, Z., Du, J., Wang, J., Xiao, M., Xue, L., Zhang, Z.-G., Zhang, C., Liu, F., & Li, Y. (2019). Simplified synthetic routes for low cost and high photovoltaic performance n-type organic semiconductor acceptors. *Nature Communications*, 10(1), Art. 1. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-08508-3>
- NFPA. (2016). *National electrical Code 2017*. NFPA.
- Portus G., L. (1997). *Matemáticas financieras* (4a ed.). McGraw Hill.
- Richter, H., & Schwan, W. (1982). *Manual Práctico de Instalaciones Eléctricas*. Cecsa.
- Schmidt, T. S., Born, R., & Schneider, M. (2012). Assessing the costs of photovoltaic and wind power in six developing countries. *Nature Climate Change*, 2(7), Art. 7. <https://doi.org/10.1038/nclimate1490>
- Sepúlveda, J. A., Souder, W. E., & Gottfried, B. S. (1985). *Teoría y Problemas de Ingeniería Económica*. McGraw Hill.

- Singh, S., Alharthi, M., Anand, A., Shukla, A., Sharma, A., & Panchal, H. (2022). Performance evaluation and financial viability analysis of grid associated 10 MWP solar photovoltaic power plant at UP India. *Scientific Reports*, *12*(1), Art. 1. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-26817-4>
- Tayel, S. A., Abu El-Maaty, A. E., Mostafa, E. M., & Elsaadawi, Y. F. (2022). Enhance the performance of photovoltaic solar panels by a self-cleaning and hydrophobic nanocoating. *Scientific Reports*, *12*(1), Art. 1. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-25667-4>
- Yu, Z. J., Carpenter, J. V., & Holman, Z. C. (2018). Techno-economic viability of silicon-based tandem photovoltaic modules in the United States. *Nature Energy*, *3*(9), Art. 9. <https://doi.org/10.1038/s41560-018-0201-5>
- Zhang, H., Wu, K., Qiu, Y., Chan, G., Wang, S., Zhou, D., & Ren, X. (2020). Solar photovoltaic interventions have reduced rural poverty in China. *Nature Communications*, *11*(1), Art. 1. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-15826-4>