

Estudio de Factibilidad en el Uso de Sistema de Energía Solar en Institución Educativa

Giuliana C. Brunelli ^{a*}, Julio A. Potschka ^b, Manuel. A. Mazzeletti ^b

^a *Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Oberá, Misiones, Argentina*

^b *LIDEE – Facultad de Ingeniería, UNaM*

e-mails: giulianabr@outlook.es, potschka@fio.unam.edu.ar, armando.mazzeletti@fio.unam.edu.ar

Resumen

Este trabajo analiza la factibilidad técnica y económica de implementar un sistema de generación solar fotovoltaica en una institución educativa de gestión privada en Oberá, Misiones. Se dimensiona un sistema on-grid con 36 paneles monocristalinos de 550 W, evaluando su producción, su impacto en términos de ahorro económico y posterior recuperación de la inversión realizada.

Palabras Clave –Ahorro energético, Energía fotovoltaica, Energía solar, Instituciones educativas, Sustentabilidad

1. Introducción

Según la Agencia internacional de energías renovables (IRENA) [1] las energías renovables son aquellas que se obtienen de fuentes naturales que se reponen constantemente, como la solar, eólica, hidroeléctrica, geotérmica y la biomasa. Estas fuentes desempeñan un papel clave en la transición hacia sistemas energéticos más limpios y sostenibles. Su explotación genera una contaminación nula o mínima, ya que emiten dióxido de carbono (CO₂) en volúmenes considerablemente menores que las fuentes convencionales basadas en combustibles fósiles. Su principal característica es que provienen de fuentes inagotables, como el sol, el viento, el agua o la biomasa. El aumento del consumo energético a nivel mundial, si bien conlleva importantes beneficios económicos y sociales, también genera un impacto ambiental significativo. Las altas emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), en especial de dióxido de carbono (CO₂), son consideradas las principales responsables del calentamiento global, provocando alteraciones en el clima, pérdida de biodiversidad y comprometiendo la sostenibilidad del planeta. Frente a este panorama, se vuelve indispensable adoptar estrategias más sostenibles que promuevan el uso eficiente de los recursos energéticos mediante la eficiencia energética y la incorporación de fuentes limpias, como la energía solar fotovoltaica.

En este sentido, estudios realizados por la Universidad Tecnológica Nacional (UTN), Facultad Regional San Francisco, demostraron mediante un análisis de ciclo de vida que la instalación de una planta solar fotovoltaica no solo permite generar energía eléctrica renovable, sino también reducir significativamente la huella de carbono asociada al consumo eléctrico de origen fósil. En dicho caso, se estimó que las emisiones generadas durante toda la vida útil del sistema (25 años) quedarían ampliamente compensadas en menos de dos años y medio de operación, alcanzando una reducción total de más de 28 toneladas de CO₂ equivalente. Estos resultados reafirman el papel clave que

desempeñan las energías renovables en la mitigación del cambio climático y en la transición hacia un modelo energético más limpio y resiliente. [2]

En Argentina, el uso de energías renovables ha crecido de forma sostenida en los últimos años. Según datos de CAMMESA, al 22 de abril de 2025, las fuentes renovables representaban aproximadamente el 30 % de la capacidad instalada del sistema eléctrico nacional, mientras que el 11,54 % de la demanda eléctrica estaba siendo abastecida en tiempo real por estas fuentes. Este valor, si bien varía a lo largo del día, refleja la energía renovable efectivamente inyectada a la red y consumida en ese momento.

Cabe destacar que, si bien aún no se ha alcanzado de forma sostenida la meta del 20 % de participación renovable en el consumo eléctrico establecida por la Ley N.º 27.191 para 2025, se han logrado avances significativos, como el récord histórico del 37,58 % de cobertura renovable alcanzado el 27 de octubre de 2024. [3][4]

En este trabajo se pretende describir y analizar los pasos para la implementación y el uso de paneles solares teniendo como objetivo general la factibilidad en la implementación de un sistema de generación solar fotovoltaico en una institución educativa pública de gestión privada, en nivel inicial, primaria y secundaria de la ciudad de Oberá, Misiones.

Objetivos específicos

Para alcanzar el objetivo general planteado, se definen los siguientes objetivos específicos:

- Estado del Arte
- Sistemas Fotovoltaicos
- Caracterización del consumo eléctrico en la institución
- Análisis del ahorro energético
- Estimación de amortización y beneficios económicos
- Discusión de resultados
- Conclusiones

2. Estado del arte

En el contexto de la transición energética y la búsqueda de soluciones sostenibles en el ámbito educativo, distintas instituciones de Argentina han comenzado a incorporar sistemas de generación solar fotovoltaica.

Un ejemplo destacado es el de la Escuela Primaria N.º 15 D.E. 17 “Antonio Devoto”, ubicada en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, que en 2023 se convirtió en la primera institución educativa del país en inyectar energía solar a la red eléctrica bajo el régimen de generación distribuida [5]. El sistema instalado, de 40 kW de potencia, fue desarrollado en el marco del programa Escuelas Verdes, impulsado por el Ministerio de Educación porteño [6]. Además de cubrir parcialmente el consumo del establecimiento, la energía excedente se inyecta a la red, generando créditos que permiten reducir el costo de la factura eléctrica. Esta experiencia demostró la viabilidad de integrar tecnología solar en contextos urbanos densamente poblados, y sirvió como modelo replicable para otras instituciones educativas. Por otra parte, en noviembre del 2024 el Instituto María de Nazareth, ubicado en La Calera, se convirtió en el primer colegio de Córdoba en generar el total de su consumo eléctrico con energía solar [7]. Gracias a la instalación de un sistema on grid de 50 kW que abarca la totalidad de su demanda, la

institución no solo redujo a la mitad su consumo energético en un solo mes, sino que logró bajar en un 25% su factura en octubre en comparación con septiembre.

Estos casos reflejan como la instalación de sistemas fotovoltaicos generan resultados favorables en términos de sostenibilidad, ahorro económico y mejora en la infraestructura escolar.

3. Sistemas fotovoltaicos

Un sistema fotovoltaico es un conjunto de dispositivos diseñados para transformar la energía solar en energía eléctrica utilizable. Esta transformación se realiza mediante paneles solares compuestos por celdas fotovoltaicas, generalmente de silicio, que aprovechan el efecto fotovoltaico para generar una corriente continua al ser expuestas a la luz solar. La energía obtenida puede ser utilizada directamente, almacenada o inyectada a la red eléctrica, según el tipo de sistema.

3.1 Tipos de sistemas fotovoltaicos

Los sistemas fotovoltaicos pueden clasificarse en tres grandes grupos, según su forma de operación y conexión. La fig. 1 muestra el esquema del sistema adoptado.

- **Sistemas on-grid:** Están acoplados a la red eléctrica, de manera tal que la energía generada es utilizada prioritariamente en el punto de consumo y el excedente puede inyectarse a la red.
- **Sistemas off-grid:** Funcionan de manera independiente de la red eléctrica. Utilizan baterías para almacenar la energía generada y asegurar el suministro durante las horas sin sol.
- **Sistemas híbridos:** Combinan generación solar con otras fuentes de energía (como grupos electrógenos o la red pública) y suelen incluir almacenamiento en baterías. [8]

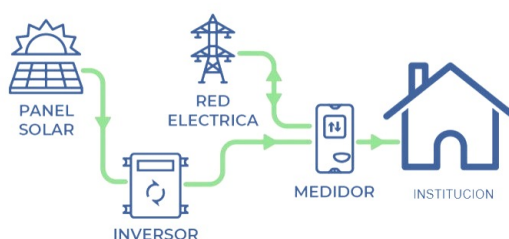


Fig. 1. Esquema de la instalación propuesta con sistema on-grid

Fuente: Enerlife

3.2 Configuración de un sistema on-grid

Como se mencionó anteriormente, este trabajo se aborda el análisis de un sistema on-grid, por su viabilidad técnica y económica en entornos con acceso a red eléctrica. La Fig. (2) presenta una representación esquemática de los componentes básicos de un panel solar fotovoltaico.

- **Paneles solares:** Encargados de captar la radiación solar y transformarla en corriente continua (DC). El kWp es la medida de producción de un sistema fotovoltaico, se refiere a la potencia máxima que un panel solar (o conjunto de ellos) pueden generar en condiciones ideales.

- **Inversor:** convierte la corriente continua generada por los paneles en corriente alterna (AC) compatible con la red eléctrica.
- **Estructura de soporte:** permite fijar los paneles en el techo o suelo con la inclinación adecuada según la latitud y orientación del lugar.
- **Sistema de protección y cableado:** incluye protecciones contra sobretensión, interruptores seccionadores y el cableado eléctrico necesario para la interconexión de todos los componentes.

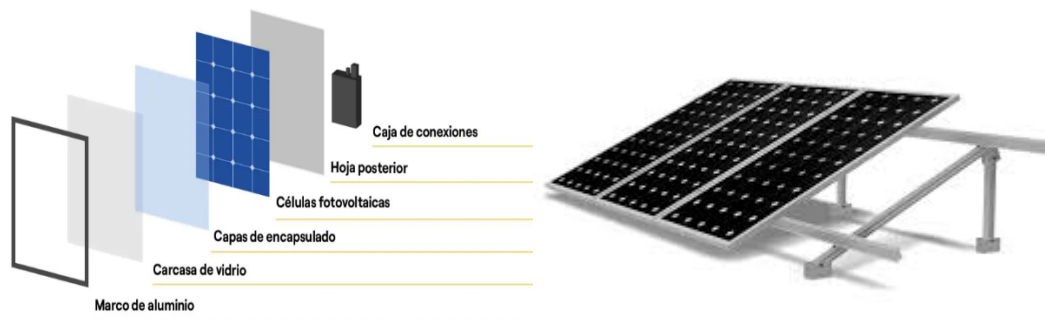


Fig. 2. Representación esquemática de los componentes de un panel fotovoltaico

Fuente: Portal Solar

4. Caracterización del consumo eléctrico en la institución

Se analiza la incorporación de paneles solares a la institución educativa “Instituto Concordia” que se encuentra ubicado sobre la calle Concordia 350, en la ciudad de Oberá. El establecimiento funciona de lunes a viernes, iniciando su actividad a las 5:00 h con el ingreso del personal de limpieza. A partir de las 7:00 h, comienza a incrementarse la actividad con el arribo de los estudiantes, extendiéndose hasta las 13:00 h, momento en que finaliza la jornada escolar. Esta franja horaria define el perfil de consumo eléctrico, concentrado mayormente en horas de la mañana. El uso de energía está asociado principalmente a sistemas de iluminación, computadoras, y equipos de climatización (como aires acondicionados frío/calor). En base al rango horario de funcionamiento, se realizó un perfil de carga teórico con datos reales de potencias instaladas en equipos y junto al consumo histórico, donde figura que durante el mes de marzo del presente año, la institución registró un consumo eléctrico de 3.780 kWh, alcanzando un pico de 6.060 kWh en noviembre del 2024, lo que permite identificar una variación estacional del consumo, se puede visualizar en la fig. 3, donde se observa un pico de demanda energética en las primeras horas de la jornada.

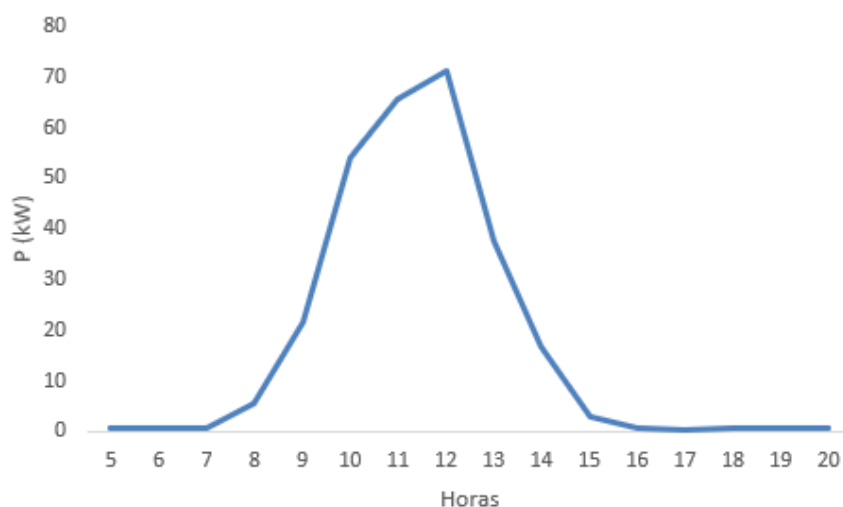


Fig. 3. Perfil de consumo total teórico de la institución por día.

Fuente: Elaboración propia

5. Análisis del ahorro energético

La generación solar en la provincia de Misiones según el sistema Global Solar Atlas [9] esta región presenta un nivel de radiación solar de moderado a alto, con una irradiación total anual promedio de 1.533,3 kWh/kWp y por día 4.20 KWh/kWp aproximadamente, estos valores indican cuánta energía puede generar, en promedio, cada kilovatio de potencia instalada a lo largo del tiempo, lo cual permite dimensionar el potencial de generación solar en la zona. Este valor se concentra principalmente durante el día, alcanzando su mayor intensidad entre las 10:00 y las 14:00 horas con una duración total de irradiación solar que varía entre 6 y 8 horas diarias, dependiendo de las condiciones climáticas.

En la fig. 4 se presenta el perfil real de generación de una planta solar de 310 kW instalada en un aserradero de la zona. Esta curva permite observar el comportamiento típico de generación durante un día soleado, mientras que en la fig. 5 se puede observar el perfil de generación durante un día nublado.

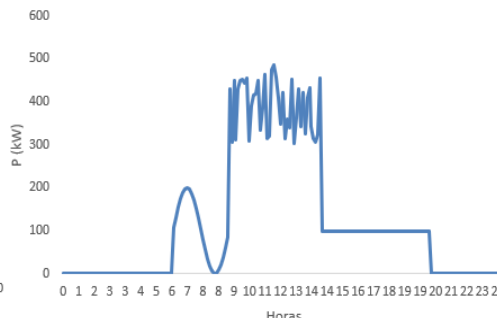
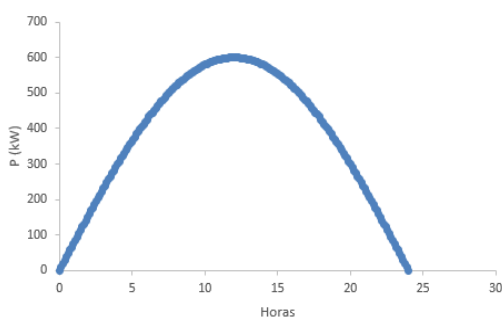


Fig.4. Perfil de generación solar día soleado Fig.5. Perfil de generación solar día nublado

Fuente: Elaborado en base a datos reales de un aserradero de Misiones

A partir del análisis del perfil de consumo energético de la institución, y en base a los datos suministrados por las facturas de energía eléctrica, se calculó el consumo total anual de 47.840 kWh a partir de la tabla 1. Con base en estos datos se dimensiona un

sistema fotovoltaico que permita cubrir un porcentaje de este consumo, considerando la irradiación solar promedio de la zona y las características técnicas unitaria del panel seleccionado.

Tabla 1-Datos históricos de consumo eléctrico en la institución

Abr/24	May/24	Jun/24	Jul/24	Ago/24	Sep/24	Oct/24	Nov/24	Dic/24	Ene/25	Feb/25	Mar/25
5520	5340	4160	3700	3280	3860	4820	6060	5200	920	1200	3780

Según información proporcionada por una empresa especializada en soluciones de energías distribuidas, se recomendó la instalación de 36 paneles solares monocristalinos de 550 W de potencia unitaria, junto con un inversor de 20 kW, con un costo unitario de inversión de C_u 800 \$/Wp más impuestos [10]. Esta configuración responde a lo indicado por fabricantes e instaladores de sistemas fotovoltaicos, quienes establecen que, por una cuestión técnica de configuración, los paneles se agrupan en bloques de 18 unidades. Por lo tanto, se optó por dos bloques de 18 paneles, totalizando 36 unidades conectadas a un único inversor de 20 kW.

La configuración propuesta alcanza una potencia pico instalada de 19,8 kW. Considerando una irradiación solar promedio anual de 1.533,3 kWh/kWp, se puede estimar la generación total anual mediante la fórmula:

$$E_{gn} = P_i * I \quad (1)$$

donde: E_{gn} es la Energía generada anual; P_i es la potencia pico; I es la Irradiación promedio anual. En base a (1) obtenemos la Energía anual generada:

$$E = 19,8 \text{ kWp} * 1.533,3 \text{ kWh/kWp} = 30.360 \text{ kWh}$$

Conociendo el consumo anual de la institución y la energía que se generaría anualmente, procedemos a estimar cuanto podría cubrir esta producción:

$$C = \frac{E_{gn}}{E_c} * 100 \% \quad (2)$$

Donde: C es la cobertura del sistema solar en la instalación; E_c es la energía anual consumida por la institución según datos históricos,

Reemplazando valores en (2) se puede observar que la producción permitiría cubrir aproximadamente el 65 % del consumo eléctrico anual de la institución.

6. Estimación de amortización y beneficios económicos

Una vez definido el sistema fotovoltaico en términos técnicos, se presenta un análisis económico estimativo, considerando la variabilidad estacional de la producción de energía solar que influye directamente en el ahorro proyectado a lo largo del año.

La generación de energía mediante paneles solares no es constante durante todos los meses, ya que depende de factores como la cantidad de horas de luz solar, nubosidad, condiciones meteorológicas y el ángulo de incidencia solar. En Misiones, estas variaciones estacionales son significativas.

Durante el verano y la primavera, cuando los días son más largos y las condiciones climáticas son más favorables, la producción de energía alcanza su punto máximo. Como expresa un informe de “Cambio Energético” empresa internacional que se dedica a la instalación de paneles solares y otros tipos de energías renovables, la producción solar puede ser hasta un 80 % mayor en verano que en invierno. Por el contrario, en invierno la producción se ve reducida por la menor cantidad de horas de sol, mayor nubosidad y un ángulo solar más bajo, lo que puede limitar el rendimiento de los paneles. En dicho informe se muestra un análisis comparativo de una planta, donde los datos obtenidos reflejan una mayor generación en verano y primavera superando los 2.500 kWh por estación, mientras que en invierno se reduce a 1.518,7 kWh evidenciando una caída de casi el 40 % con respecto a los meses de mayor generación. [11]

Teniendo en cuenta este comportamiento estacional, se evaluaron dos escenarios, uno para el período de octubre a marzo, donde se estimó una cobertura del 65% del consumo total con una irradiación promedio de 8 horas diarias, y para el período de abril a septiembre se consideró una cobertura del 40% del consumo, con una irradiación estimada de 5 horas diarias. A partir de estos supuestos y aplicando la potencia total instalada de 19,8 kW, correspondiente a 36 paneles de 550 W cada uno, se estimó la generación mensual efectiva en kWh. El cálculo se realizó en base a la siguiente fórmula:

$$Egm = Pi * hsolar / día * días * C \quad (3)$$

De donde: *Egm* es la energía generada mensual; *Pi* es la potencia instalada; *hsolar/día* son las horas solares por día; *C* es el porcentaje de cobertura que puede cubrir el sistema.

Los valores obtenidos de (3) fueron comparados con el consumo mensual de la institución, y permitieron determinar el ahorro mensual en energía para cada mes. Al sumar los valores correspondientes al año completo, se obtiene un ahorro energético total de 28.137,6 kWh anuales.

Este ahorro energético fue luego valorizado económicamente considerando un costo de 178,448 \$/kWh, lo que resulta en un ahorro aproximado de 5 millones de pesos por año. Con base en estos resultados, el análisis económico proyecta un tiempo de amortización cercano a 3 años para la inversión inicial estimada.

7. Discusión de resultados

El análisis realizado permitió determinar que la instalación propuesta, compuesta por 36 paneles solares monocristalinos de 550 W cada uno, alcanzaría una potencia pico total de 19,8 kWp. Considerando la irradiación solar promedio anual en la ciudad de Oberá, estimada en 1.533,3 kWh/kWp según datos del Global Solar Atlas [9], se proyecta una generación anual de 28.137,6 kWh.

A partir del consumo eléctrico anual histórico de la institución, calculado en 47.840 kWh según registros de facturación del período abril 2024 a marzo 2025, se estimó que el sistema cubriría aproximadamente un 65 % de la demanda total de energía.

En términos económicos, el ahorro anual asociado a la energía generada se estimó en 5 (cinco) millones de pesos argentinos, calculado a partir de la tarifa promedio vigente de

178,448 \$/kWh. Con estos valores, el tiempo de recuperación de la inversión inicial se proyecta en aproximadamente tres años calculado a partir del cálculo mostrado en 4.

$$T_a = (C_u * n_p * P_{up}) / A_{horro_{eg}} \quad (4)$$

donde T_a es el tiempo de amortización en años, C_u es el costo unitario de inversión en \$/W_p, n_p es la cantidad total de paneles, P_{up} es la potencia unitaria por panel y $A_{horro_{eg}}$ es el ahorro anual asociado a la energía generada.

En comparación con experiencias previas en instituciones educativas del país, la Escuela Primaria N.º 15 D.E. 17 “Antonio Devoto” (CABA) alcanzó aproximadamente un 50 % de cobertura con un sistema de 40 kW de potencia [5], mientras que el Instituto María de Nazareth (Córdoba) logró el 100 % de su demanda con un sistema de 50 kW [7].

La ventaja relativa del Instituto Concordia se explica principalmente por la coincidencia entre el horario pico de radiación solar y el horario de mayor demanda eléctrica del establecimiento como se puede observar en las fig. 3 y 4 respectivamente. No obstante, el proyecto presenta limitaciones debido a que la generación eléctrica depende directamente de las condiciones climáticas, lo que implica una disminución en días nublados y durante los meses de invierno debido a la menor irradiancia y menor duración de las horas de sol. Por otra parte, el diseño presenta fortalezas ya que permite la ampliación del sistema mediante la incorporación de un tercer bloque de 18 paneles, lo que elevaría la cobertura de la demanda eléctrica a niveles más altos. Asimismo, la configuración on-grid adoptada, conforme a lo establecido por la Ley 27.424 de generación distribuida, habilita la inyección de excedentes a la red, aspecto que se considera para un análisis futuro del proyecto y que podría generar beneficios económicos adicionales.

En la fig. 6 se presenta un esquema metodológico estimativo que se adoptó para el desarrollo del artículo.

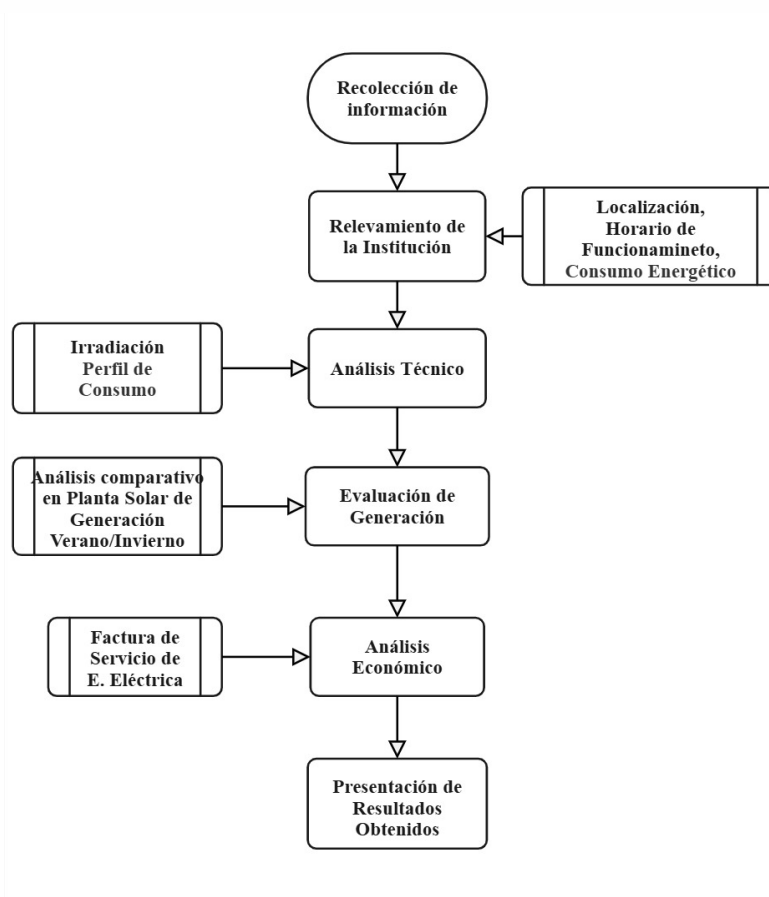


Fig. 6. Diagrama de flujo del procedimiento metodológico adoptado.

Fuente: Elaboración propia

8. Conclusiones

En función de los resultados obtenidos, se concluye que el estudio presenta resultados favorables para la implementación de un sistema de energía fotovoltaica en una institución educativa. El sistema propuesto permite cubrir hasta un 65 % del consumo eléctrico anual, aprovechando la energía solar gracias a la coincidencia horaria con el funcionamiento del establecimiento.

Desde el punto de vista económico, el análisis estimativo arrojó un ahorro anual cercano a los 5 millones de pesos, lo que permite proyectar un tiempo de amortización de aproximadamente 3 años.

Teniendo en cuenta que la vida útil de los paneles se estima en aproximadamente 25 años, el sistema aseguraría más de dos décadas de generación limpia.

Como línea futura de trabajo, se plantea realizar un análisis más detallado del comportamiento del sistema fotovoltaico según la estación del año. Asimismo, profundizar en el estudio de la energía generada durante los fines de semana y los meses de receso escolar, con el objetivo de estimar con mayor precisión el excedente que podría ser inyectado a la red.

9. Referencias Bibliográficas

- [1] International Renewable Energy Agency (IRENA), *Agencia Internacional de las Energías Renovables*, 2009. [Online]. Available: <https://www.irena.org/>. Jul. 25, 2025.
- [2] I. L. Depetris, D. I. Ferreyra, and D. L. Britch, “Estimación de la reducción de la huella de carbono,” *Jornadas de Ciencia y Tecnología*, San Francisco, Córdoba, 2020.
- [3] CAMMESA, “Fuentes Renovables.” [Online]. Available: <https://cammesaweb.cammesa.com/inicio-renovables/>. Jul. 25, 2025.
- [4] Congreso de la Nación Argentina, “Ley N.º 27.191. Modificación de la Ley 26.190,” *Boletín Oficial de la República Argentina*, 2015. [Online]. Available: <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/253626/texto>. Jul. 25, 2025.
- [5] Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, “La primera escuela del país que vuelca energía a la red eléctrica,” 2023. [Online]. Available: <https://buenosaires.gob.ar/laciudad/noticias/la-ciudad-tiene-la-primera-escuela-del-pais-que-vuelca-energia-la-red-electrica> . Jul. 25, 2025.
- [6] Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, “Reconocimiento Escuelas Verdes. Programa Escuelas Verdes.” [Online]. Available: <https://www.buenosaires.gob.ar/educacion/escuelasverdes>. Jul. 25, 2025.
- [7] Max Energía, “Sustentabilidad: luego de instalar paneles solares, un colegio logró reducir el 25 % de la factura de EPEC,” Nov. 14, 2024. [Online]. Available: <https://www.maxenergia.com.ar/2024/11/14/sustentabilidad-luego-de-instalar-paneles-solares-un-colegio-logro-reducir-el-25-de-la-factura-de-epec/> Jul. 14, 2025.
- [8] SuriaEnergy, “Paneles solares. Tipos de instalaciones solares: on-grid, off-grid e híbridos,” Feb. 11, 2018. [Online]. Available: <https://www.suriaenergy.com/tipos-de-instalaciones-solares-ongrid-offgrid-e-hibridos>. Jul. 25, 2025.
- [9] Global Solar Atlas, “Potencia FV específica disponible.” [Online]. Available: <https://globalsolaratlas.info/>. Jul. 25, 2025.
- [10] ENERLAB, *Energías Renovables*. Oberá, Misiones, 2018.
- [11] Cambio Energético, “¿Cuánta energía produce una instalación de paneles solares en invierno?”, Coria (Cáceres), 2009. [Online]. Available: <https://www.cambioenergetico.com/blog/paneles-solares-invierno/> Jul. 25, 2025.