

Artículo de Investigación

Estudio Técnico y Económico para la Implementación de Paneles Solares en una Unidad Educativa

Technical and Economic Study for the Implementation of Solar Panels in an Educational Unit

Autores:

Danner Anderson Figueroa Guerra¹, Kevin Anderson Flores Jami², Samantha Marlene Puente Bosquez³, Juan Carlos Pisco Vanegas⁴

¹Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador, dfigueroag@uteq.edu.ec,
<https://orcid.org/0000-0003-1040-5485>

²Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador, kfloresj@uteq.edu.ec,
<https://orcid.org/0009-0003-0671-1516>

³Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador, spuenteb@uteq.edu.ec,
<https://orcid.org/0009-0005-4102-8231>

⁴Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador, jpisco@uteq.edu.ec,
<https://orcid.org/0000-0002-9624-7993>

Autor de Correspondencia: Danner Anderson Figueroa Guerra, dfigueroag@uteq.edu.ec

Reception: 22-March-2025 **Acceptance:** 09-May-2025 **Published:** 20-June-2025

Como citar este artículo:

Figueroa Guerra, D. A., Flores Jami, K. A., Puente Bosquez, S. M., & Pisco Vanegas, J. C. (2025). Estudio Técnico y Económico para la Implementación de Paneles Solares en una Unidad Educativa. *SAPIENS International Multidisciplinary Journal*, 2(3), e-23003. <https://doi.org/10.71068/p2paxd43>

Resumen

El presente estudio desarrolla un análisis técnico-económico para la implementación de un sistema fotovoltaico en la Unidad Educativa Particular Liceo de las Américas. La investigación evalúa la viabilidad de optimizar el consumo energético institucional mediante la instalación de paneles solares, considerando factores críticos como la radiación solar disponible en Santo Domingo de los Tsáchilas, el dimensionamiento óptimo del sistema y el retorno de inversión proyectado. El trabajo incluye un análisis detallado de las cargas eléctricas, diseño del sistema fotovoltaico y cumplimiento de normativas vigentes. Los resultados demuestran la factibilidad técnica y financiera del proyecto, proyectando beneficios significativos en reducción de costos operativos y sostenibilidad ambiental.

Palabras clave: consumo energético, normativas, sostenibilidad, eficiencia energética.

Abstract

This study develops a technical-economic analysis for the implementation of a photovoltaic system at the Liceo de las Américas Private School. The research evaluates the feasibility of optimizing institutional energy consumption through the installation of solar panels, considering critical factors such as the solar radiation available in Santo Domingo de los Tsáchilas, the optimal sizing of the system and the projected return on investment. The work includes a detailed analysis of the electrical loads, design of the photovoltaic system and compliance with current regulations. The results demonstrate the technical and financial feasibility of the project, projecting significant benefits in terms of reduced operating costs and environmental sustainability.

Keywords: energy consumption, regulations, sustainability, energy efficiency.

1. INTRODUCCIÓN

La energía solar fotovoltaica se ha convertido en una alternativa cada vez más atractiva para instituciones educativas que buscan reducir sus costos operativos y su impacto ambiental. En este contexto, la Unidad Educativa Particular Liceo de las Américas enfrenta el desafío de optimizar su consumo energético y disminuir los gastos asociados mediante la implementación de un sistema de paneles solares fotovoltaicos (Castro et al., 2024).

El análisis técnico y económico para la instalación de este sistema requiere un estudio detallado que considere múltiples variables, incluyendo el consumo actual de energía, las características específicas del sitio, la radiación solar disponible y los costos de implementación. La institución presenta un consumo energético significativo que podría ser parcialmente cubierto por energía solar, generando ahorros sustanciales en el largo plazo (Acosta et al., 2023).

La ubicación geográfica de la institución en Santo Domingo de los Tsáchilas ofrece condiciones favorables para el aprovechamiento de la energía solar, con niveles de radiación que permiten una generación eficiente de electricidad. El estudio contempla el

dimensionamiento adecuado del sistema fotovoltaico para maximizar su rendimiento y garantizar un retorno de inversión óptimo.

La implementación de este proyecto no solo representa una oportunidad para reducir costos operativos, sino que también posiciona a la institución como un referente en sostenibilidad ambiental dentro del sector educativo (Linares-Vizcarra et al., 2022). El sistema propuesto se diseña considerando las normativas vigentes y los estándares técnicos requeridos para su conexión a la red eléctrica (Aristizábal & González, 2022).

La evaluación económica del proyecto considera diversos factores como los costos de instalación, mantenimiento, vida útil de los equipos y el ahorro proyectado en la factura eléctrica. Este análisis integral permite determinar la viabilidad de la inversión y establecer un plan de implementación que maximice los beneficios para la institución (Yuan et al., 2014).

2. DESARROLLO

La energía solar fotovoltaica representa una alternativa eficiente y sostenible frente al uso de fuentes de energía convencionales. Este tipo de energía, al no generar emisiones contaminantes durante su operación, contribuye significativamente a la reducción de la huella de carbono institucional. En el caso de la Unidad Educativa Particular Liceo de las Américas, la implementación de un sistema fotovoltaico conectado a la red permite aprovechar las condiciones geográficas favorables de radiación solar presentes en Santo Domingo de los Tsáchilas, con una irradiación anual promedio de 114,545 kWh/m².

El estudio consideró un análisis detallado de cargas eléctricas y perfil de consumo, con el objetivo de dimensionar adecuadamente un sistema capaz de cubrir parte significativa de la demanda.

A través del software PVsyst 7.4, se modeló un sistema fotovoltaico conectado a red, incluyendo variables como la inclinación, orientación, pérdidas por temperatura, y sombreado (Hernandez et al., 2022; Loaiza & Sepúlveda, 2022). Se determinó que el sistema requiere una potencia pico de aproximadamente 97,9 kWp, utilizando paneles solares Bifaciales de alta eficiencia.

Adicionalmente, se seleccionó un inversor trifásico que cumple con los requerimientos técnicos de entrada/salida, y se establecieron las protecciones necesarias conforme a la regulación técnica ecuatoriana (Regulación 008/23 del ARCONEL). Para la conexión a la red eléctrica, se previó el uso de medidores bidireccionales que permitan contabilizar la energía excedente entregada a la red nacional (Ananda et al., 2023).

El desarrollo del proyecto también implicó una comparación entre distintas ofertas de proveedores, identificando precios competitivos y garantizando calidad en los componentes. La elección de la tecnología se basó no solo en criterios técnicos, sino también en aspectos económicos y de durabilidad, proyectando un tiempo de retorno de la inversión cercano a los 5 años, con una vida útil estimada de 25 años (Matos et al., 2024).

De esta manera, el diseño del sistema fotovoltaico se presenta como una solución integral, que optimiza el consumo energético institucional y al mismo tiempo fortalece la cultura de sostenibilidad dentro del entorno educativo (Pesantez et al., 2021).

3. METODOLOGÍA

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, utilizando técnicas descriptivas, analíticas y comparativas para evaluar la viabilidad técnica y económica de un sistema fotovoltaico en la Unidad Educativa. El estudio fue de tipo aplicado, con el propósito de resolver un problema real dentro de un contexto institucional específico.

La metodología se estructuró en cuatro etapas principales. En la primera, se realizó la recolección de datos históricos de consumo eléctrico de la institución, mediante facturas mensuales de energía en media tensión, correspondientes a un año de operación. Posteriormente, se llevó a cabo un análisis tarifario para identificar oportunidades de ahorro mediante autogeneración (González-León et al., 2023).

En la segunda etapa, se efectuó el dimensionamiento técnico del sistema fotovoltaico utilizando el software PVsyst 7.4 (Silva et al., 2023). Para ello, se ingresaron datos meteorológicos obtenidos del portal PVGIS, considerando parámetros como irradiación promedio, temperatura ambiente, pérdidas por orientación e inclinación, y disponibilidad del área útil para la instalación de paneles solares (Barragán et al., 2023). Se aplicaron criterios de diseño conforme a las normas técnicas ecuatorianas vigentes, especialmente la Regulación 008/23.

La tercera etapa consistió en la evaluación económica del proyecto, mediante el análisis de propuestas comerciales de distintos proveedores, costos de inversión inicial, costos operativos anuales y vida útil del sistema. Se calculó el tiempo de retorno de la inversión (TIR), el valor actual neto (VAN) y el índice de beneficio/costo (Alejandra et al., 2023).

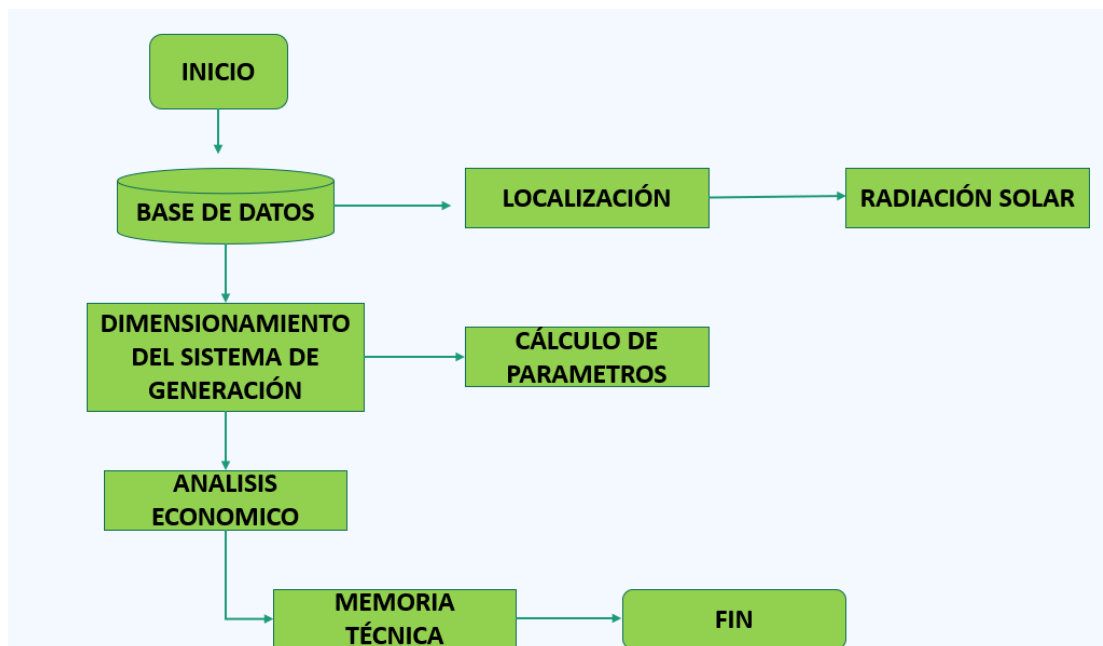
Finalmente, se elaboró la memoria técnica requerida para la aprobación ante la empresa distribuidora de electricidad, incluyendo el diagrama unifilar del sistema, especificaciones técnicas, estudio de protecciones y conexión a red (Ibrik et al., 2020; Castellanos et al., 2023).

Esta memoria fue elaborada conforme a los requisitos de ARCONEL y se encuentra lista para su presentación y validación ante la autoridad competente.

Diagrama de flujo que genera la metodología

Figura 1.

Metodología



Fuente: *Elaboración propia*

El dimensionamiento de un sistema solar fotovoltaico implica la consideración de varios datos esenciales:

1. Demanda de energía: Es fundamental conocer la cantidad de energía que se requiere para abastecer la instalación.

Disponibilidad de radiación solar: Evaluar la radiación solar en el lugar específico de la instalación es crucial para determinar la viabilidad del sistema (Gómez et al., 2018).

El proceso de dimensionamiento de un sistema fotovoltaico aislado consta de las siguientes fases:

1. Evaluación de la demanda energética: Calcular el consumo energético mensual de la instalación para establecer la capacidad necesaria del sistema.
2. Análisis de la radiación solar: Determinar la cantidad de energía solar disponible en el sitio durante el año, lo que ayudará a estimar la producción potencial del sistema
3. Selección de componentes: Elegir los paneles solares, inversores, cables y otros elementos necesarios, considerando su capacidad y eficiencia.

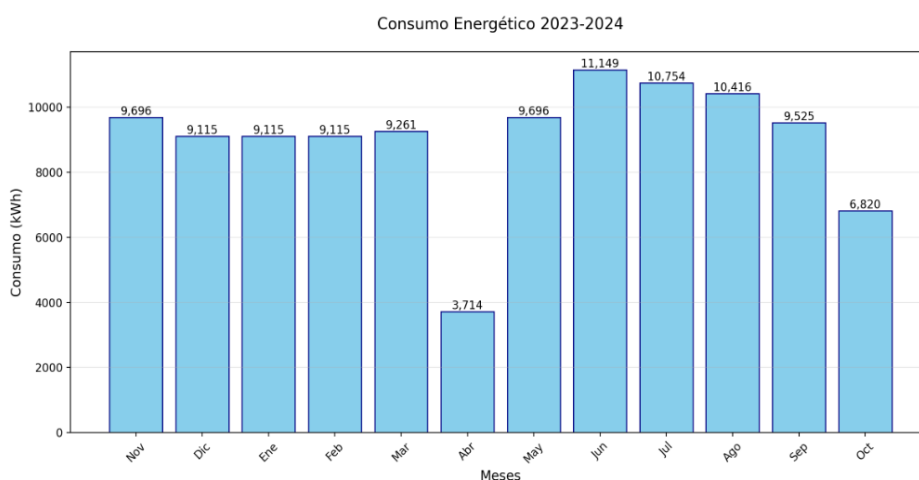
4. Cálculo del tamaño del sistema: Basándose en la demanda de energía y la disponibilidad de radiación, se determinará el tamaño adecuado del sistema fotovoltaico.
5. Consideraciones de instalación: Planificar la ubicación de los paneles, la estructura de montaje y el cableado, asegurando que se maximice la exposición solar y se minimicen las pérdidas.
6. Evaluación de costos: Analizar los costos de inversión y operación del sistema para garantizar la viabilidad económica del proyecto.
7. Cumplimiento normativo: Asegurarse de que el diseño cumpla con las regulaciones y normativas locales relacionadas con la energía solar (Vega et al., 2018).

4. RESULTADOS

De acuerdo con los datos de consumo de la Unidad Educativa Particular Liceo de las Américas, se observa una variación mensual significativa de consumo anual total de 108376 kWh. El mes con menor consumo fue en abril, con apenas 3,714 kWh lo cual podría coincidir con un periodo de vacaciones, reducción de jornada o suspensión temporal de actividades presenciales.

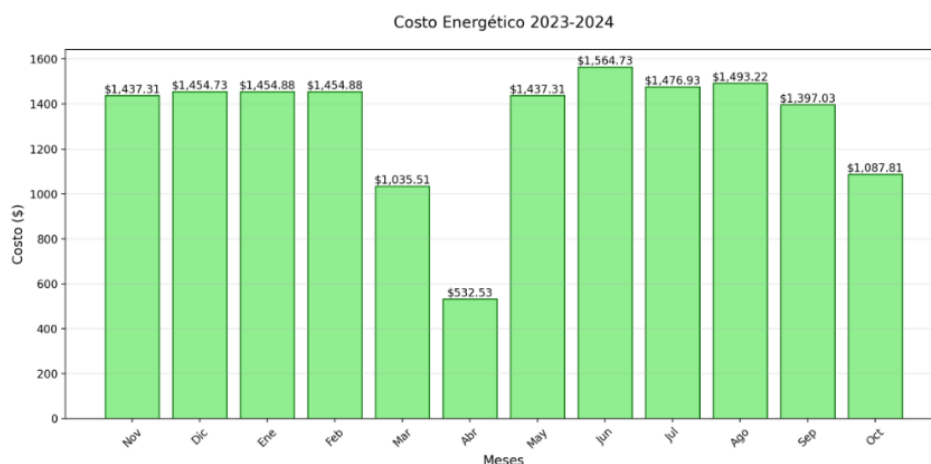
Por lo cual este valor representa un descenso significativo respecto a la media mensual. La diferencia entre el mayor y el menor consumo es de 7,435 kWh, lo que refleja una alta variabilidad mensual y lo importante de contar con un sistema de generación de energía adaptable y eficiente, como lo sería un sistema fotovoltaico.

Figura 2. Consumo anual



Nota: El mes con el consumo más alto es junio, con un total de 11149 kWh, lo que representa el pico máximo en la demanda energética anual. **Fuente:** Elaboración propia

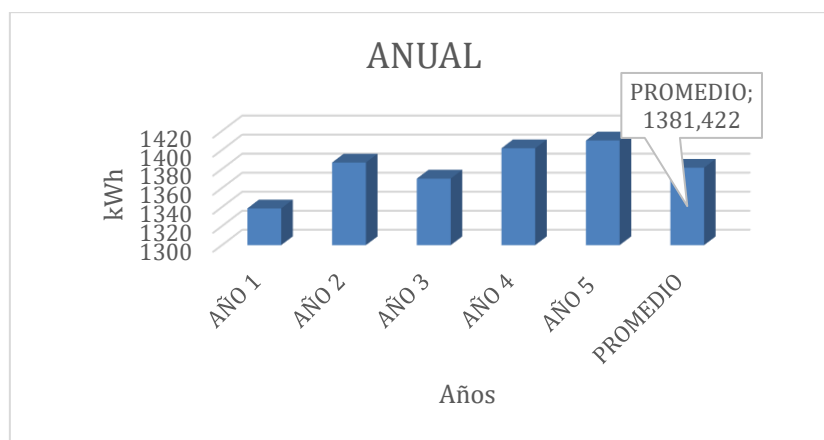
Figura 3. Costo anual



Nota: Según el análisis de los costos energéticos mensuales de la Unidad Educativa Particular Liceo de las Américas, se identifica que el mes de junio registra el mayor costo, alcanzando un total de 15826,87 \$. Este valor corresponde a la suma de los costos de cada mes. **Fuente:** Elaboración propia

Irradiación anual de 5 años

Figura 4. Irradiación mediante barras



Nota: Los datos muestran una progresión variable pero consistente, donde el año 4 y 5 registran los valores más elevados de la serie, superando significativamente el promedio general de 1381,422 kWh. **Fuente:** Elaboración propia.

Mediante el software PVsyst 7.4 se dimensionó un sistema con una capacidad instalada de 97,9 kWp. Se seleccionaron 136 paneles solares Bifaciales marca Luxor de 720 W cada uno, con una eficiencia superior. La orientación óptima establecida fue de 10° hacia el norte, con una inclinación de 8° sobre el plano horizontal, acorde a la latitud de Santo Domingo de los Tsáchilas.

Tabla 1. Resumen global del sistema

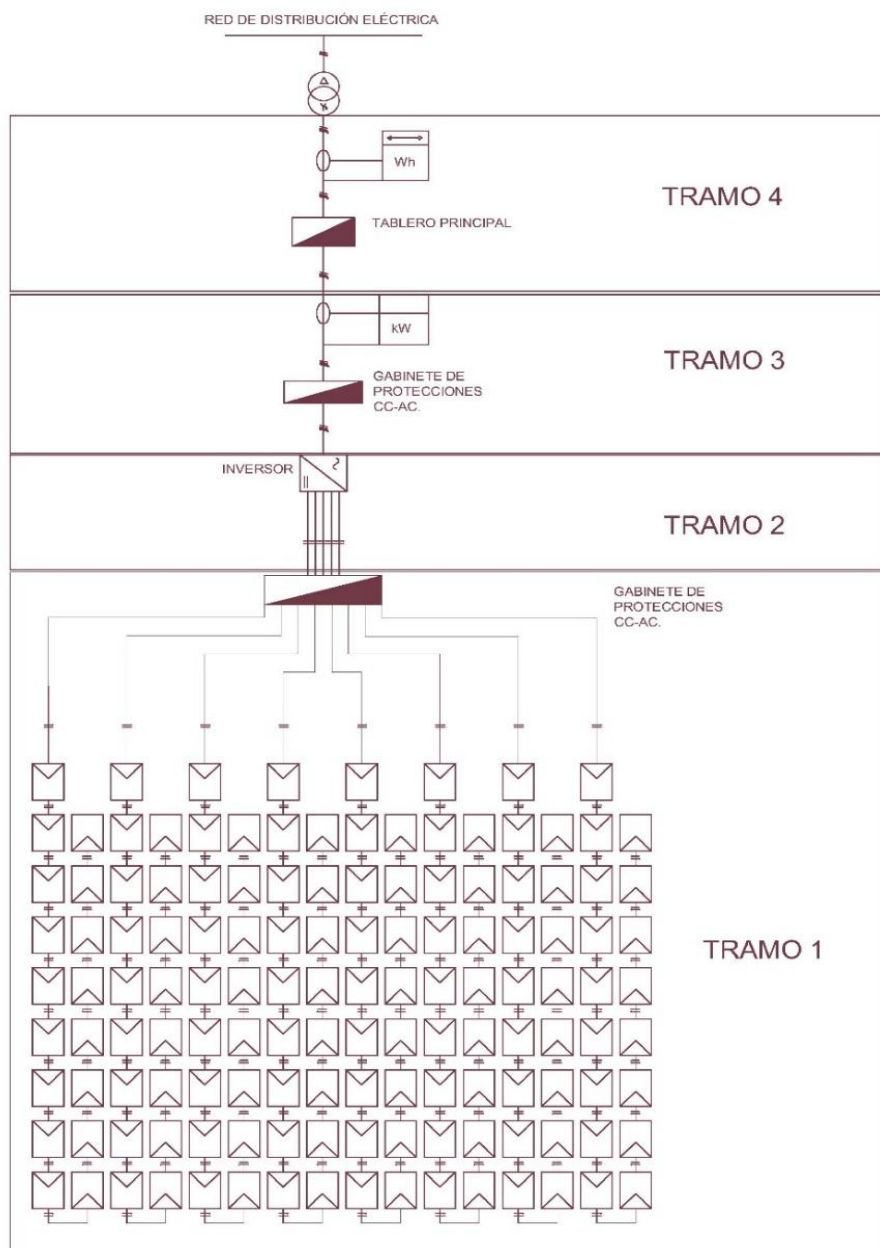
Resumen global del sistema

Numero de módulos	136
Área del modulo	422m ²
Numero de inversores	1
Potencia FV nominal	97,9 kW
Potencia de CA nominal	80 kWCA
Proporción Potencia nominal	1,224

Nota: Se obtuvo para el diseño fotovoltaico el número de módulos es 136 por lo cual se va en serie 17 y en cadena 8 y 1 inversor y que cubra la potencia planeada que es de 92,8 kWp. **Fuente:** Elaboración propia.

Tramos de cableado

Figura 5. Diagrama unifilar

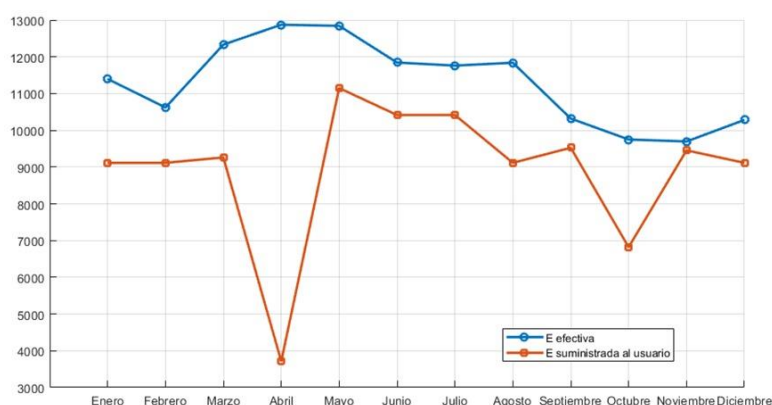


Nota: Tramos del cableado del sistema fotovoltaico conectado a la red, diseñado a la Unidad Educativa Particular Liceo de las Américas. **Fuente:** Elaboración propia

Producción anual

Figura 6.

Energía del usuario y efectiva



Nota: Con una producción anual total de 135,318 kWh en el arreglo fotovoltaico, el sistema logra cubrir la demanda energética comparando con la eficiencia del sistema de suministro que es de 108,038 kWh. **Fuente:** Elaboración propia

Costos asociados con diferentes proveedores

Desde el punto de vista económico, se consideraron las cotizaciones de tres proveedores: Sunpal Power, WonVolt y BR Solar Group. La inversión inicial promedio estimada fue de \$53.016,55 dólares.

Los materiales requeridos por medio del software se tomaron en cuenta para manejar las cotizaciones por medio de empresas y distribuidoras de materiales del sistema solar, para así poder cotizar, y tomar una decisión sobre lo económico que más se establece el cliente.

Tabla 2. Cotización

Cantidad	Descripción	Precio Unitario (\$)	Precio total
136	Panel Solar LX-720-M-210-Bifacial	\$220,00	\$29.920,00
1	Inversor (SUN2000-100KTL-M1)	\$7.900,00	\$7.900,00
136	Anclaje para panel solar	\$40,00	\$5.440,00
1	M. Bidireccional EASTRON SDM630	\$287,50	\$287,50
1	Bobina cable solar(1000m) AC 16mm ²	\$1.000,00	\$1.000,00
1	Rollo (200m) cable solar CC 70mm ²	\$1.200,00	\$1.200,00
5	Gpv NH 1000V DC Fusible 25 A (373210)	\$43,00	\$215,00
5	Porta fusible 1 polos DC para 10x38mm	\$1,85	\$9,25
1	Interruptor Termomagnético NXM-250S/2300 2P 330A	\$60,00	\$60,00

8	Conectores MC4 4-6 mm2 (Senetic)	\$8,70	\$69,60
		TOTAL	\$46.101,35
		TOTAL, IVA	\$53.016,55
		15%	

Nota: El presupuesto incluye todos los componentes necesarios para una instalación solar de mediana escala, detallando cada elemento con su respectivo precio unitario y total. **Fuente:** Elaboración propia

Costos que intervienen en el sistema fotovoltaico

Los costos asociados a los materiales y la instalación del sistema cuyo costo total asciende a \$53.016,55 dólares. En estos se incluyen los valores correspondientes a los paneles solares, inversores, estructuras de soporte y demás componentes esenciales para la implementación del sistema.

También, se incluyen los gastos relacionados con lo que se muestra durante la instalación y los equipos necesarios para realizar lo que es mantenimientos anuales ya que incluyen en la inversión total del costo de operación anual del sistema fotovoltaico On-Grid dio con un resultado de \$112.588,84 dólares.

Tabla 3. Costos asociados

Cantidad	Descripción	Precio Unitario (\$)	Precio total
1	Transporte	\$345,00	\$345,00
1	Estudio Ambiental	\$690,00	\$690,00
1	Análisis económico	\$345,00	\$345,00
1	Obra civil	\$2.079,64	\$2.079,64
1	Instalación del Sistema Fovoltaiico	\$46.101,35	\$46.101,35
2	Mano de obra	\$981,00	\$981,00
		TOTAL	\$50.541,99
		TOTAL, IVA 15%	\$58.123,29

Nota: Costos que van intervenir en el sistema al momento de proyectar el sistema fotovoltaico en las cuales hay que considerar. **Fuente:** Elaboración propia

Costos de operación anual

Tabla 4. Labores realizadas anuales

Descripción	Precio + IVA (15%)
Salario del operador	\$420,00
Limpieza del sistema fotovoltaico	\$420,00
Reparaciones	\$420,00
TOTAL	\$1.449,00

Nota: Costos que van intervenir en el sistema, pero van hacer servicios prestados ya que no siempre se va a tener en cuenta las instalaciones. **Fuente:** Elaboración propia

Retorno de inversión

La Tasa de Rendimiento Interno (TRI) del 31,84% el proyecto demuestra una rentabilidad excepcional, superando ampliamente las tasas de interés del mercado financiero convencional. Este indicador confirma que la inversión es altamente atractiva desde el punto de vista financiero.

Otro indicador relevante es el período de recuperación de 3.1 años, que señala el periodo requerido para recuperar la inversión inicial mediante los flujos de efectivo producidos por la venta de energía. Es beneficioso tener un periodo de recuperación relativamente breve.

El Retorno de la Inversión (ROI) es de 539.3%, lo que, por cada dólar invertido, el proyecto generará \$5.39 adicionales durante su vida útil. Este retorno extraordinario, combinado con un período de recuperación de solo 3.1 años, confirma que el proyecto es una inversión altamente eficiente y rentable

Se elaboró una memoria técnica conforme a la regulación ARCONEL 008/23, incluyendo diagrama unifilar, protecciones, tipo de inversor, configuración del sistema y justificación normativa. Esta documentación cumple con los requisitos para gestionar la aprobación ante la empresa distribuidora.

Normativa técnica en función de la regulación 008/23

Datos generales del proyecto

Nombre del proyecto: Estudio técnico y económico para la implementación de paneles solares en la Unidad Educativa Particular Liceo de las Américas

Ubicación: Avenida Chone Km 2, Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador.

Coordenadas: Latitud: -0.23953667541592086, Longitud: -79.2154671646772

Altitud: 477 metros sobre el nivel del mar

Propietario: Unidad Educativa

Coordenadas del punto de carga: Coord. X 698651,06 - Coord. Y 9973478,77

Informe de revisión ftv # 1 - 2024

Asunto: aprobación del proyecto eléctrico “Unidad Educativa”

Conforme a lo dispuesto por vuestra Dirección, se ha procedido a la revisión de la carpeta presentada por el Ing. Kevin Flores Jami, en la cual pone a consideración el diseño del proyecto eléctrico fotovoltaico.

La “UNIDAD EDUCATIVA”, ubicado en la Avenida Chone Km 2, Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador, del cual se indica lo siguiente:

Factibilidad

La respuesta de factibilidad fue concedida mediante Oficio Nro. CNEL-GLR-COM-2023-3348-O, 17 de noviembre del 2023.

Generalidades

El proyecto contempla la instalación de un sistema fotovoltaico, que involucra el servicio en baja tensión, por medio de un conjunto de celdas e inversor trifásico cuya capacidad máxima es de 100 kW.

SUBESTACIÓN: S/E MONTONEROS (69 Kv)

ALIMENTADOR: S/E QUEVEDO - # 5 (13,8 Kv)

Características técnicas principales

Parámetros eléctricos (136 paneles)

Máxima Potencia nominal: 720 W

Voltaje de circuito abierto: 51,39 V

Voltaje máximo de potencia: 43,68 V

Corriente máxima de Potencia: 16,49 A

Corriente de cortocircuito I_{sc} : 17,54 A

Eficiencia del módulo: 22,96 %

Norma: IEC 61215

Marca: Luxor Solar GmbH

Número de inversores: 1

Voltaje nominal máximo DC: 1100 V

Potencia nominal AC de salida: 100 kW

Voltaje nominal AC L-L: 380 V / 400 V / 480 V

Rango de frecuencia de la red: 50/60 Hz

Máxima corriente de salida: 133.7 A 480 V, 160.4 A 400 V, 168.8 A 380 V

Factor de potencia: 0.8 capacitivo - 0.8 inductivo

THDI: < 3%

Conexión AC: trifásico

Máxima eficiencia: 98.8%- 480 V, 98.6%- 380 V / 400 V

Norma: IEC 62116

Marca: Huawei (Modelo SUN2000-100KTL-M1)

Detalle del funcionamiento

El sistema fotovoltaico está constituido por 136 módulos de 720 W, conectados de la siguiente manera:

- Está conformado por 8 strings de 17 módulos cada uno, los cuales se conectan a un inversor de 100 kW.

El inversor se conectará en forma On-grid trabajando paralelamente a la red de baja tensión de un transformador trifásico de 100 kVA existente en el predio. Se estima una producción anual de 133.065 kWh/año, dependiendo de la radiación solar.

Condiciones generales

1. El consumidor con micro generación fotovoltaica debe operar en el rango de voltaje entre un 90% y 110 % del voltaje nominal de la red. En caso de operar fuera de este rango, se deberá calibrar las protecciones considerando un tiempo máximo para el despeje de 1 segundo.
2. La puesta en paralelo con el sistema no deberá generar variaciones en el voltaje de la red superiores a $\pm 5\%$.
3. La variación máxima de la frecuencia permitida en la operación en sincronismo con la red será de $\pm 0,5\text{Hz}$.
4. Los consumidores con micro generación fotovoltaica deberán contar con el equipamiento necesario para efectuar maniobras de reconexión a la red de distribución sin que se produzcan daños ni sobre voltajes sobre los niveles indicados en los ítems de arriba. Igualmente, los equipos instalados deberán cumplir los límites de emisión de perturbaciones indicados en la normativa nacional.
5. Se deberá contar con los filtros respectivos en caso de que se produzcan niveles de armónicos superiores a los indicados en la normativa nacional.
6. Todos los elementos metálicos relacionados con la instalación de la generación fotovoltaica, tanto de la sección de corriente continua, como de la de corriente alterna, deberán estar conectadas a un único sistema de puesta a tierra; el cual, deberá ser independiente de la empresa de distribución.
7. Deberá efectuarse una separación galvánica entre la red de distribución de bajo voltaje y las instalaciones del sistema fotovoltaico. por medio de un transformador de aislamiento o cualquier otro medio que cumpla las mismas funciones.
8. La Protección para la interconexión de máxima y mínima frecuencia deberá estar calibrado para 59 y 61 Hz, respectivamente y de máximo y mínimo voltaje $+ 10\%$ y $- 10\%$ respecto al voltaje nominal.
9. La protección anti-isla del inversor deberá funcionar correctamente, para lo cual previa a la energización del sistema micro fotovoltaico se verificará dicha protección por parte del supervisor designado por CNEL.

10. Deberá coordinarse con el área Comercial la instalación del medidor bidireccional y los demás requisitos requeridos de acuerdo a lo indicado en la regulación 003-2018 del ARCONEL.
11. Es de resaltar que las consideraciones de diseño, selección de equipos, cumplimiento de normas técnicas, la correcta instalación de los mismos así como de su mantenimiento son de responsabilidad del proyectista, constructor y propietario, por lo cual no será responsabilidad de CNEL EP Unidad de Negocio Santo Domingo, los daños y perjuicios a personas, propiedades del consumidor o de terceros, causados por instalaciones eléctricas interiores defectuosas, mal funcionamiento de equipos o dispositivos instalados o el no cumplimiento de normas de seguridad en el predio del cliente. Tampoco será obligación de esta Unidad de Negocio la verificación de la situación de las instalaciones eléctricas interiores, ni los equipos o dispositivos instalados en el predio.
12. Cumplir con las disposiciones indicadas en la regulación ARCERNNR-001/2021, a fin de evitar sanciones de desconexión.
13. La caja combinadora o string box y el tablero AC deben estar debidamente señalados con información referente al funcionamiento del sistema fotovoltaico, con la finalidad de evitar inconvenientes o accidentes en caso de realizar maniobras de desconexión emergentes.
14. Previa a la energización, el ajuste de trabajo del factor de potencia del inversor, deberá ser coordinado con el Supervisor asignado por CNEL.
15. Cabe indicar que no se puede incrementar la potencia nominal del SGDA aprobado en este informe, sin autorización de la Distribuidora, ya que esto representa un causal para la inhabilitación del certificado de conexión.

5. DISCUSIÓN

Consumo energético reflejan necesidades específicas del entorno. La Unidad Educativa Particular Liceo de las Américas presenta un consumo anual de 108,376 kWh, con picos en junio debido al uso intensivo de equipos eléctricos. Por su parte, el Bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi registra una demanda semanal máxima promedio de 35.11 kW, con mayor actividad en horarios vespertinos. Estos datos resaltan la importancia de adaptar los sistemas fotovoltaicos a las demandas específicas de cada institución, optimizando su capacidad para cubrir las necesidades energéticas durante los períodos críticos.

En la Unidad Educativa, se instalaron 136 paneles bifaciales Luxor con una potencia total de 92.8 kWp, distribuidos en un área limitada de 548 m². En contraste, el Bloque B utilizó 66 paneles SunPower con una capacidad instalada de 26.4 kW, aprovechando una azotea más amplia (573 m²). Los paneles bifaciales seleccionados para la escuela maximizan la captación en espacios reducidos, mientras que los monocristalinos del Bloque B priorizan eficiencia en condiciones óptimas. Ambos proyectos emplearon inversores avanzados (Huawei SUN2000 y Fronius Symo), asegurando una conversión eficiente y estable.

La diferencia en los costos de implementación entre los sistemas fotovoltaicos diseñados para la Unidad Educativa Particular Liceo de las Américas y el Bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi radica en varios factores técnicos y estratégicos. El sistema de la Unidad Educativa tuvo un costo de USD 43,312.10, significativamente menor que los USD 83,290.88 del proyecto en Cotopaxi, a pesar de que ambos están conectados a la red. Esto se debe principalmente a las diferencias en los componentes seleccionados y el enfoque de diseño. En el caso de la Unidad Educativa, se utilizaron paneles bifaciales Luxor con una potencia nominal de 720 W cada uno, optimizando el espacio disponible (548 m²) y reduciendo costos al priorizar un diseño compacto con un único inversor Huawei SUN2000-100KTL-M1. Por otro lado, el sistema en Cotopaxi empleó paneles SunPower de 400 W distribuidos en dos grupos y requirió un área mayor (573.47 m²), además de incluir dos inversores Fronius Symo, lo que incrementó el costo total.

Ambos proyectos cumplieron con normativas locales e internacionales para garantizar su conexión segura a la red eléctrica. En la Unidad Educativa se implementaron protecciones trifásicas y transformadores para equipos sensibles, mientras que el Bloque B siguió estrictamente las regulaciones ARCONEL 005/18 e incluyó medidas como interruptores termomagnéticos y diferenciales para garantizar la seguridad operativa. El cumplimiento normativo no solo asegura la viabilidad técnica sino también facilita posibles auditorías regulatorias.

6. CONCLUSIÓN

El consumo energético de la Unidad Educativa Particular Liceo de las Américas se consiguió por mediante facturas de pago donde nos permitió identificar el consumo de cada mes, donde el mes de junio es la mayor demanda energética de 11,149 kWh, y el mes de menos consumo fue en abril 3,714 kWh, lo que coincide con el periodo académico. Durante la energía consumida al año es de 108,376 kWh lo que representa un consumo considerable para la institución.

El dimensionamiento técnico realizado mediante el software PVsyst permitió diseñar un sistema fotovoltaico eficiente y adaptado a las necesidades energéticas de la institución. El sistema propuesto consta de 136 paneles bifaciales Luxor (modelo LX-720-M-210-132-GG-Bifacial) y un inversor Huawei SUN2000-100KTL-M1, con una potencia nominal instalada de 97.9 kWp. La producción anual estimada es de 133,168 kWh, lo que supera el consumo anual actual, garantizando una cobertura energética óptima. Se consideraron factores como la inclinación óptima de 10 grados y un ángulo azimut de 7,7 grados, maximizando la captación solar según las condiciones locales.

Se considero que la institución tiene un gasto anual de \$15,826.87, donde identificaron patrones de consumo que permitieron establecer una línea base para proyectar los beneficios económicos y energéticos del sistema fotovoltaico propuesto. Mediante el dimensionamiento realizado en el software PVsyst requerimos los materiales necesarios para el sistema y así evaluamos lo económico en cotizaciones de diferentes proveedores como (SUNPAL POWER, WonVolt y BR SOLAR GROUP) determinando el menor

valor de costo total del proyecto de \$53,016.55 donde incluye paneles solares, inversores, estructuras metálicas, instalación e incluyendo toda la operación anual del sistema se va de \$112.588,84 dólares en total.

Cumple con la regulación Nro. ARCERNNR-008/23 con el límite con inyección a la red si está dentro del límite que es de 97,9 kWp ya que no debe exceder a los 2 MW. El sistema se encuentra en el mismo inmueble que el consumidor regulado que es la modalidad 1a. El sistema no afecta negativamente la calidad de servicio eléctrico ni la operación de la red de distribución, La memoria técnica fue elaborada cumpliendo estrictamente con la normativa vigente (regulación 008/23) emitida por CNEL EP y los estándares internacionales aplicables a sistemas fotovoltaicos conectados a red. Se incluyeron aspectos técnicos esenciales como: Dimensionamiento eléctrico en corriente continua y alterna, diseño e implementación de protecciones, sistema de puesta tierra. al cumplir con todas las normativas técnicas vigentes, este proyecto no solo representa un avance hacia la sostenibilidad energética institucional sino también un modelo replicable para otras instituciones educativas interesadas en adoptar tecnologías limpias y renovables.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Castro Villamar, H. A., Sandoval Sandoval, E. M., & Taco Rivera, J. C. (2024, agosto). Identificación de factores que provocan un mayor consumo de energía eléctrica en Santo Domingo, Ecuador. *Revista Científica Multidisciplinar G-nerando*, 5(2). <https://doi.org/10.60100/rcmg.v5i2.290>
- Acosta, S. L., García Martínez, C. R., Andrade Ochoa, E. D., & Ortega Lopez, F. J. (2023, enero). Innovación y emprendimiento sustentable: Uso de paneles solares para reducir costos en las universidades públicas. *Brazilian Journal of Development*, 9(1), 1402–1411. <https://doi.org/10.34117/bjdv9n1-097>
- Linares-Vizcarra, M. L. del C., Montero Zuñiga, E. T., & Mendoza Aranzamendi, J. A. (2022, diciembre). La energía solar y sus beneficios en la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann en Tacna, Perú. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(6), 7161–7174. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i6.3939
- Aristizábal, C. E., & González, J. L. (2022, abril). Energía solar fotovoltaica en instituciones educativas: caso de estudio ITM campus Robledo. *Semestre Económico*, 24(57), 30–57. <https://doi.org/10.22395/seec.v24n57a2>
- Yuan, J., Sun, S., Shen, J., Xu, Y., & Zhao, C. (2014, noviembre). Wind power supply chain in China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 39, 356–369. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.014>
- Hernandez, J., & Fernández, R. (2022, julio). Evaluación de la huella de carbono de vehículos con motor eléctrico y de combustión interna según la matriz energética de Ecuador: Caso de estudio KIA Soul vs KIA Soul EV. *NOVASINERGIA Revista Digital de Ciencia, Ingeniería y Tecnología*, 5(2), 58–75. <https://doi.org/10.37135/ns.01.10.04>

- Loaiza Elejalde, S., & Sepúlveda Mora, S. B. (2022, enero). Estudio de alternativas de sistemas fotovoltaicos para la Aeronáutica Civil en el Aeropuerto Camilo Daza. *Mundo FESC*, 12(23), 7–22. <https://doi.org/10.61799/2216-0388.1006>
- Ananda, Y. R., Asfani, D. A., Priyadi, A., & Setiadi, H. (2023, julio). Analysis of BESS Virtual Inertia Controller Effect on Frequency Stability Using DIgSILENT PowerFactory Modelling. En 2023 International Seminar on Intelligent Technology and Its Applications (ISITIA) (pp. 280–285). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ISITIA59021.2023.10221150>
- Matos Salazar, J. A., Cavalcanti Cardenas, K. G., & Calle Maraví, J. L. (2024). Evaluación del rendimiento de un sistema fotovoltaico conectado a la red: Caso de estudio campus de la Universidad Nacional Agraria La Molina. *TecnoHumanismo*, 4(2), 201–213. <https://doi.org/10.53673/th.v4i2.290>
- Pesantez, J.-P., Ríos-Villacorta, A., & González-Redrován, J. (2021, abril). Integración de sistemas solares fotovoltaicos en el sector camaronero intensivo y extensivo del Ecuador: Caso de estudio en la provincia de El Oro. *Revista Politécnica*, 47(2), 7–16. <https://doi.org/10.33333/rp.vol47n2.01>
- González-León, C., Torres, J., Serrano, J. P., Rodríguez-Alejandro, A. D. A., & González-Cabrera, N. (2023). Estudio técnico-económico de paneles solares interconectados a la red de distribución. REIBCI. <https://www.reibci.org>
- Silva, F. C. A., Belchior, F. N., & Fonseca, M. N. (2023, marzo). Análise aplicada a sistemas fotovoltaicos off-grid em processos industriais na zona rural. *Revista de Gestão e Secretariado (Management and Administrative Professional Review)*, 14(3), 2676–2679. <https://doi.org/10.7769/gesec.v14i3.1740>
- Barragán Escandón, I. E. (2023). Análisis de factibilidad técnica y económica de un sistema fotovoltaico conectado a la red: Estudio de caso grandes superficies comerciales. Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca. [Tesis de grado]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20023>
- Alejandra, A., Esprella, C., Rodrigo, M., Butrón, J., & Paz-Bolivia, L. (2023). Diseño, instalación y estudio técnico-económico de un sistema solar fotovoltaico domiciliario conectado a la red de energía eléctrica. Universidad Mayor de San Andrés. [Tesis de grado]. <https://www.umsa.bo>
- Ibrik, I. H. (2020, enero). Techno-economic assessment of on-grid solar PV system in Palestine. *Cogent Engineering*, 7(1), 1727131. <https://doi.org/10.1080/23311916.2020.1727131>
- Castellanos Parada, T. V., Mantilla Villalobos, M. A., Rey López, J. M., & Bautista Porras, M. (2023, septiembre). Diseño de un simulador de sistemas fotovoltaicos con conexión a la red usando la técnica de hardware-in-the-loop. *Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería (EIEI ACOFI)*. <https://doi.org/10.26507/paper.3153>
- Gómez, J., Sande, C. U., & González, G. R. (2018). Modelado de un panel fotovoltaico-térmico (PV/T) basado en paneles flexibles de película delgada (thin-film). *Semantics Scholar*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:139297746>

Vega Garita, V., Blanco, M. I., & Pérez, A. (2023, marzo). Análisis técnico-económico de sistemas fotovoltaicos con almacenamiento de energía para clientes con tarifa residencial en Costa Rica. *Ingeniería*, 33(2), 17–41. <https://doi.org/10.15517/ri.v33i2.51818>

Conflicto de Intereses: Los autores afirman que no existen conflictos de intereses en este estudio y que se han seguido éticamente los procesos establecidos por esta revista. Además, aseguran que este trabajo no ha sido publicado parcial ni totalmente en ninguna otra revista.