

Dirección de Área de Conocimiento Industria y Producción

“Análisis Técnico, Económico y de Eficiencia Energética para la implementación de un Sistema Fotovoltaico en Almacén de la Empresa Portuaria Nacional, Puerto Corinto”

Trabajo Monográfico para optar al título de
Ingeniero Eléctrico

Elaborado por:

Br. Abelardo Antonio
Blandón Munguía
Carnet: 2018-0157S

Br. Iván Humberto
Centeno Prieto
Carnet: 2018-0164S

Tutor:

Ing. Marlovio José
Sevilla Hernández

29 de agosto de 2025
Managua Nicaragua

Dedicatoria

En el camino hacia cualquier meta importante, es inevitable recorrer senderos llenos de desafíos, dudas, sacrificios y aprendizajes. Esta monografía representa no solo la culminación de una etapa académica, sino también el reflejo del compromiso, la perseverancia y la fe que nos han guiado a lo largo de este proceso. Por ello, deseamos dedicar este esfuerzo a quienes han sido nuestra inspiración y soporte constante. A Dios, autor de la vida y la creación, a quien ofrecemos en primer lugar todo nuestro esfuerzo, tiempo y sacrificio. Reconocemos en Él la fuente del conocimiento y la sabiduría que nos han permitido avanzar con determinación. Agradecemos profundamente por habernos brindado la fortaleza espiritual, la salud y las oportunidades necesarias para culminar con éxito este proyecto, incluso en los momentos más difíciles. A nuestros padres, pilares fundamentales en nuestras vidas. Gracias por ser ejemplo de lucha, amor y entrega. Por su guía constante, por mostrarnos el camino correcto, y por enseñarnos que el verdadero éxito se construye con humildad, disciplina y valores firmes.

Gracias por su fe inquebrantable, por sus palabras de aliento en los días grises y por estar siempre ahí, impulsándonos a seguir adelante sin importar las adversidades. A nuestro tutor Ing. Marlovio José Sevilla Hernández, por su dedicación, orientación y apoyo durante el desarrollo de esta monografía. Su experiencia y compromiso fueron claves para el logro de este trabajo. Agradecemos cada observación, cada consejo y el tiempo brindado para ayudarnos a perfeccionar nuestro proyecto, guiándonos con paciencia y profesionalismo. Esta dedicatoria también es para todas las personas que, de una u otra forma, formaron parte de este proceso: familiares, amigos, docentes y compañeros de clase. Cada palabra de aliento, cada gesto de apoyo y cada momento compartido han dejado huella en este logro. Con esta dedicatoria cerramos un capítulo importante de nuestras vidas, no con un punto final, sino como un punto de partida. Porque lo aprendido y lo vivido en este trayecto continuará guiándonos en los próximos desafíos.

Resumen

Este estudio tiene como finalidad evaluar la factibilidad de implementar un sistema solar fotovoltaico en el área de almacén de la Empresa Portuaria Nacional, Puerto Corinto, Nicaragua. La investigación responde a la necesidad de reducir los altos costos de electricidad derivados del creciente consumo energético en las operaciones portuarias, al tiempo que se contribuye a la sostenibilidad ambiental mediante la utilización de fuentes renovables.

Frente al desafío de la dependencia de fuentes fósiles contaminantes, se propone el uso de una planta solar de 12.76 kWp como alternativa tecnológica eficiente y amigable al medio ambiente. Esta solución permitiría disminuir de manera indirecta las emisiones de gases de efecto invernadero, en especial el CO₂, al tiempo que ofrece beneficios económicos por la reducción del gasto en energía eléctrica.

El análisis técnico, económico y energético planteado en esta investigación tiene como objetivo principal ofrecer una opción viable en función de plan de mejora continua del puerto, con un enfoque en el uso racional de los recursos y el aprovechamiento de energía limpia, con la iniciativa de promover prácticas sostenibles de manera que contribuya a los esfuerzos globales para mitigar el cambio climático.

Índice de Contenido

I.	Introducción	1
II.	Objetivos.....	2
	Objetivo General	2
	Objetivos Específicos.....	2
III.	Justificación	3
IV.	Marco Teórico	4
	5.1 Origen de la Energía Solar.....	4
	5.1.1 Cuerpos Semiconductores Intrínsecos	8
	5.1.2 Cuerpos Semiconductores Extrínsecos	10
	5.1.2.1 Semiconductor Extrínseco - Tipo N	11
	5.1.3 Unión del Semiconductor tipo P con el tipo N	12
	5.2 Efecto Fotovoltaico	13
	5.3 Subsistema de Captación.....	15
	5.3.1 Paneles Monocristalinos	16
	5.3.2 Paneles Policristalinos.....	17
	5.3.3 Paneles Amorfos	18
	5.4 Subsistema Regulador y Convertidor de Corriente.....	19
	5.4.1 Inversores de Onda sinusoidal.....	20
	5.4.2 Onda senoidal Modificada.....	20
	5.4.3 Inversores de conexión a red y de batería	20
	5.4.4 Inversores Monofásicos y Trifásicos.....	21
	5.5 Subsistema de Comunicación y Monitoreo (Data Manager).....	21
	5.6 Sistema Solar ON-GRID (Inyección a la Red)	22
	5.7 Eficiencia Energética	24
	5.7.1 Etiqueta de Eficiencia Energética	25
	5.7.2 Propósitos de la eficiencia energética.....	25
	5.7.3 Ventajas de la eficiencia energética	26
V.	Diseño Metodológico	27
	6.1 Ubicación del Estudio.....	27
	6.2 Enfoque de la Investigación	28
	6.3 Tipo de Estudio.....	28

6.4	Metodología del Proyecto	29
6.5	Fases de la Metodología	29
6.5.1	Recolección de Información y Diagnóstico Inicial.....	29
6.5.2	Análisis Técnico y Dimensionamiento del Sistema Fotovoltaico.....	33
6.5.3	Análisis Económico y Evaluación de Viabilidad	52
6.5.4	Evaluación de Eficiencia Energética y Beneficios Ambientales	57
6.5.5	Elaboración del Plan de Implementación y Documentación Final	59
VI.	Conclusiones.....	68
VII.	Recomendaciones	70
VIII.	Referencias Bibliográficas	71
IX.	Anexos	75

I. Introducción

La creciente demanda de energía y la necesidad de reducir la dependencia de los combustibles fósiles han impulsado el desarrollo y la implementación de fuentes de energía renovable en todo el mundo. Los sistemas fotovoltaicos, que convierten la energía solar en electricidad, representan una solución viable y sostenible para diversas aplicaciones. En este contexto, la Empresa Portuaria Nacional en Puerto Corinto busca mejorar su eficiencia energética y reducir su huella de carbono mediante la implementación de sistemas fotovoltaicos en las áreas administrativas de su bodega de almacén. Este estudio tiene como objetivo realizar un análisis técnico-económico para evaluar la viabilidad y los beneficios potenciales de dicha implementación.

En los últimos años, la búsqueda de fuentes de energía sostenibles y amigables con el medio ambiente ha ganado importancia a nivel global. La creciente conciencia sobre los efectos del cambio climático y la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero han llevado a un renovado interés en la adopción de fuentes de energía renovable. Entre estas fuentes, la energía solar fotovoltaica se ha destacado como una opción atractiva debido a su disponibilidad, su capacidad para generar electricidad de manera limpia y su potencial para reducir los costos operativos a largo plazo.

En el contexto de la industria portuaria, que a menudo es intensiva en energía y se encuentra en constante operación, la adopción de tecnologías energéticas más eficientes se vuelve fundamental. La Empresa Portuaria Nacional de Puerto Corinto, reconoce la necesidad de explorar alternativas energéticas que no solo reduzcan su huella ambiental, sino que también optimicen sus costos de operación. En este sentido, la implementación de sistemas de energía solar fotovoltaica en las áreas operativas y administrativas de la bodega de almacenamiento se presenta como una solución prometedora dentro del plan de desarrollo portuario.

II. Objetivos

Objetivo General

1. Realizar un análisis técnico, económico y de eficiencia energética para el diseño e implementación un sistema fotovoltaico en el almacén de la Empresa Portuaria Nacional en Puerto Corinto, promoviendo el uso de energías renovables y contribuyendo a la sostenibilidad energética.

Objetivos Específicos

1. Evaluar el consumo energético actual del almacén y las condiciones técnicas de la infraestructura eléctrica existente para determinar la viabilidad de la instalación del sistema fotovoltaico.
2. Definir un dimensionamiento técnico del sistema fotovoltaico basado en el análisis de la irradiación solar disponible en Puerto Corinto y las necesidades energéticas del almacén.
3. Elaborar un análisis económico que contemple el costo de inversión, mantenimiento, vida útil del sistema fotovoltaico y el retorno de inversión (ROI), para justificar su implementación.
4. Determinar los beneficios de eficiencia energética que se obtendrían con la implementación del sistema fotovoltaico, evaluando su impacto en la reducción de emisiones de CO₂ y en los costos operativos del almacén.
5. Diseñar un plan de implementación que considere aspectos técnicos, logísticos, normativos y de mantenimiento para asegurar la sostenibilidad del sistema fotovoltaico a largo plazo.

III. Justificación

El presente estudio se enfoca en la continuidad del plan estratégico de desarrollo portuario de la Administración de Puertos de Nicaragua, Puerto Corinto localizado en la costa del Pacífico de Nicaragua, en el departamento de Chinandega, Municipio de Corinto. A partir del proceso de modernización de las instalaciones eléctricas del puerto Corinto y a raíz del aumento de la demanda eléctrica en atención a los servicios portuarios; se plantea la búsqueda de alternativas para la reducción de los altos costos por facturación de energía eléctrica, bajo el enfoque de línea verde que apunta a la disminución de la dependencia de los sistemas tradicionales de generación de energía no renovables, que destruyen nuestro medio ambiente debido a la producción de gases de efecto invernadero y otros residuos de forma indirecta. Dada esta problemática se hace necesaria la realización de un estudio técnico-económico para la implementación de esta tecnología enfocada en fuentes de energía renovable, como lo es la generación solar fotovoltaica. Lo que ha llevado a la búsqueda de soluciones para abordar este desafío energético, con el propósito de reducir la demanda de energía de la red y disminuir las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) de manera indirecta por kilovatio hora mediante la integración de una planta o sistema fotovoltaico con capacidad de 12.7 kWp con el fin de lograr beneficios económicos y ambientales apuntando hacia la internacionalización de un puerto eficiente, competitivo y moderno. Como continuidad al Plan Estratégico de Desarrollo Portuario Sostenible bajo la producción de energía limpia y amigable al medio ambiente y con el propósito de reducir el consumo energético, las emisiones de CO₂ y lograr ahorros económicos, se promueve el uso de tecnología limpia y sostenible de una fuente renovable e infinita; que no produce ninguna contaminación acústica, ni contaminación por vertidos de sustancias líquidas peligrosas, para el medio ambiente, contribuyendo significativamente a la reducción del calentamiento global. Este estudio tiene como directriz de protocolo de investigación el estudio o análisis técnico económico de la inserción de fuentes de generación de energía a las redes eléctricas.

IV. Marco Teórico

5.1 Origen de la Energía Solar

La energía solar fotovoltaica se basa en la utilización de células solares o fotovoltaicas, fabricadas con materiales semiconductores cristalinos que, por efecto fotovoltaico, generan corriente eléctrica cuando sobre los mismos incide la radiación solar. ¹El silicio es la base de la mayoría de los materiales ampliamente utilizados en el mundo para la construcción de células solares. (*Carta González, J. A., Calero Pérez, R., Colmenar Santos, A., & Castro Gil, M. A. (2009). Centrales de energías renovables. Madrid: Pearson.*).

La corriente eléctrica generada a partir de la energía solar fotovoltaica tiene actualmente distintas aplicaciones. Por un lado, se encuentran las aplicaciones más tradicionales, cuyo objetivo es proporcionar energía eléctrica a zonas aisladas con deficiencias en el abastecimiento eléctrico convencional (electrificación de viviendas generalmente aisladas, bombeos, sistemas de señalización vial, sistemas de comunicaciones, sistemas agroganaderos, etc.) (*Carta González, J. A et al. (2009).*

Edmund Becquerel, un físico francés, fue el primero en descubrir en 1839 que ciertos materiales podían generar pequeñas corrientes eléctricas cuando eran expuestos a la luz, sucedió cuando experimentaba con dos electrodos metálicos en una solución conductora, y apreció un aumento de la generación eléctrica con la luz. El siguiente paso lo dio en 1873 Willoughby Smith al observar el efecto fotovoltaico que ya descubriera Bequerel, pero esta vez en un medio sólido como el selenio. Sin embargo, se necesitaron a partir de aquí todavía más de 100 años para que la tecnología solar fotovoltaica alcanzase un grado de desarrollo que permitiese su uso en aplicaciones prácticas. Este último hallazgo condujo en 1977

¹ J. A. Carta González, R. Calero Pérez, A. Colmenar Santos y M. A. Castro Gil, Centrales de Energías Renovables, Madrid: Pearson, 2009, p.236.

a W. G. Adams y R. E. Day a producir su primera célula fotovoltaica fabricada en este tipo de material. (*Carta González, J. A et al. (2009).*

Entre medias, no se puede olvidar el premio Nobel ganado por Albert Einstein en 1921, por sus teorías de 1904, en las que explicaba el efecto fotovoltaico. Estudios facilitaron que en 1954 los investigadores D. M. Chaplin, C. S. Fuller y G. L. Pearson de los laboratorios Bell produjesen su primera célula de silicio, de la que se obtenía energía eléctrica directamente de la luz solar con eficiencia suficiente para hacer funcionar una radio a transistores. Esta primera célula tenía una eficiencia del 6%. Los programas de exploración espacial han jugado un papel primordial en el desarrollo de la tecnología solar fotovoltaica, ya que los paneles fotovoltaicos han constituido fuente primaria de energía en los satélites.

La energía fotovoltaica no es la única manera de obtener energía eléctrica del sol. Quizás no seamos conscientes de que buena parte de nuestras fuentes de energía eléctrica actuales, aparentemente sin relación con el sol, también obtienen su energía a partir de los fotones que nos llegan de éste, así, por ejemplo: Hace millones de años, las plantas, mediante fotosíntesis, atraparon la energía solar en forma de moléculas orgánicas que nos han llegado hasta hoy en sus cuerpos fosilizados en forma de petróleo, carbón, etc.; es la energía fósil.

En el contexto de la energía eólica, el viento mueve unas aspas acopladas a un generador eléctrico. Esta energía también procede, en último término del sol, ya que el viento se debe a la diferencia de presión que se producen por el hecho de que unas regiones hayan sido calentadas por el sol más que otras. Mediante la energía hidráulica se aprovecha la energía potencial gravitatoria del agua almacenada a alturas superiores a la del nivel del mar para mover también los generadores, y es de nuevo el sol el que, al evaporar el agua de los mares, aumenta la energía potencial del agua. (*Carta González, J. A et al. (2009).*

Sin embargo, todas las fuentes de energía mencionadas producen energía eléctrica de forma indirecta a partir de los fotones del Sol. Por el contrario, la energía solar fotovoltaica produce la electricidad directamente. La luz blanca del sol está formada por la unión de los colores del arco iris, cada uno con su correspondiente longitud de onda. Los colores van del violeta (380 nm) hasta el rojo (770 nm).

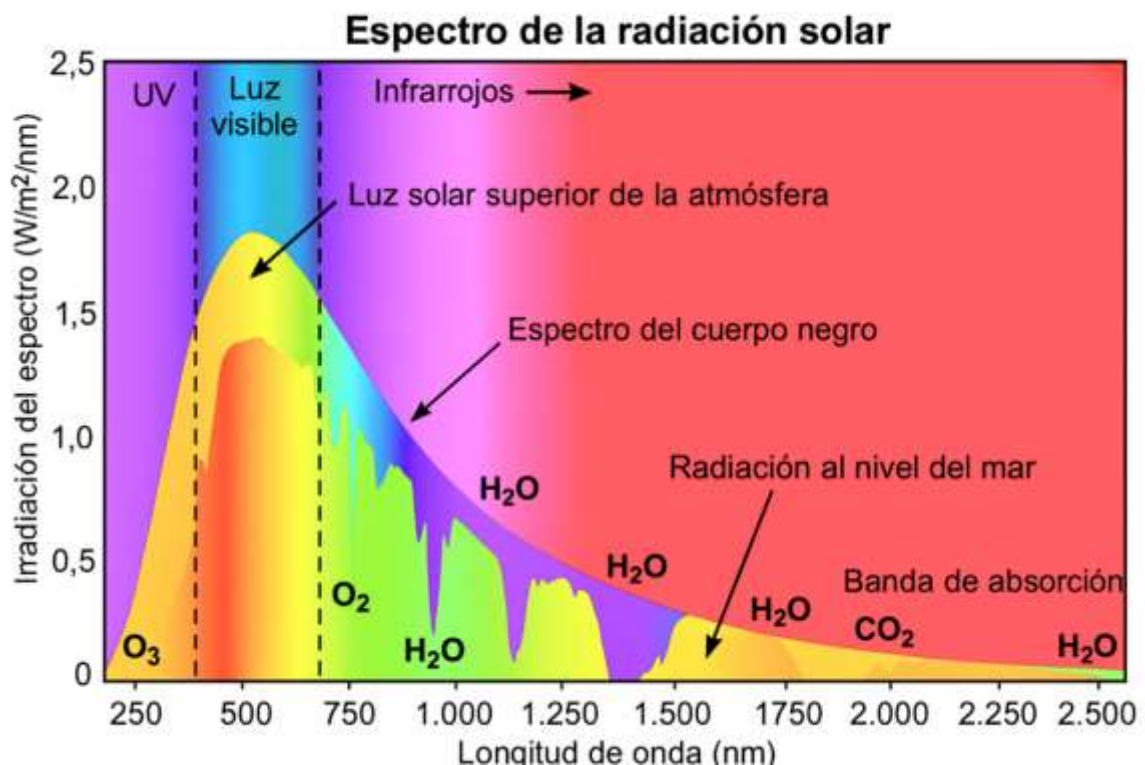


Figura No.1, Irradiación Espectral (Carta González, J. A et al. (2009).

La radiación emitida por el Sol² en todas las direcciones es, en parte, interceptada por la Tierra, de forma que puede definirse una magnitud llamada constante solar, GSC, como la energía por unidad de tiempo y unidad de superficie perpendicular a la dirección de propagación de la radiación, para la distancia media entre el Sol y la Tierra. El valor de la constante solar puede estimarse suponiendo el Sol como un cuerpo negro a una temperatura de 5.762 K; se obtiene así un valor de la

² J. A. Carta González, R. Calero Pérez, A. Colmenar Santos y M. A. Castro Gil, Centrales de Energías Renovables, Madrid: Pearson, 2009, p.243.

constante solar de 1.359 W/m^2 . La determinación experimental mediante el uso de satélites permite aceptar un valor de 1.353 W/m^2 .

A causa de las pérdidas intrínsecas debidas a la propia naturaleza física del efecto de conversión fotovoltaica que tiene lugar en la célula solar, principalmente, y también por las diferentes pérdidas propias de las características constructivas y geométricas del módulo fotovoltaico, aproximadamente el 85% de la energía solar incidente sobre éste se pierde irremisiblemente en forma de calor, porcentaje que puede elevarse hasta el 90% o más en el caso de los módulos de silicio no cristalino o amorfo, de menor eficiencia.

Así pues, actualmente y con carácter general puede afirmarse que, en el mejor de los casos, únicamente el 15% de la energía solar será transformada en energía eléctrica en el módulo solar. Esto constituye una importante limitación para la utilización de paneles fotovoltaicos, puesto que la superficie que se precisa para obtener una potencia eléctrica determinada es, como veremos, bastante grande. Aunque debe tenerse en cuenta que también es mucha la superficie disponible para hacerlo posible, por citar espacios hoy no utilizados: tejados de edificios y naves industriales, zonas de secano o desérticas, etc. (*Carta González, J. A et al. (2009).*

Así, en las horas centrales de un día despejado y de atmósfera limpia, y supuesto que el panel solar esté dispuesto con una inclinación y orientación adecuadas, la irradiancia incidente en el mismo puede ser del orden de 1 kW/m^2 , pero incluso en esas condiciones ideales no se puede esperar obtener más de 150 W de potencia eléctrica neta en un panel de 1 m^2 de superficie, cantidad que se reduce apreciablemente cuando las condiciones no son tan favorables ya que estas cifras que se reducen a las dos terceras partes si se refieren a un día despejado de invierno, debido a que entonces la trayectoria del sol es más corta y se eleva menos sobre el horizonte.

En cualquier caso, la presencia de nubes haría disminuir muchísimo más la cantidad de electricidad que el panel podría generar, siendo prácticamente despreciable a efectos prácticos cuando el cielo está densamente cubierto, como por ejemplo los días lluviosos. Considerando, como ya se ha apuntado, que no toda la energía eléctrica generada en el panel se aprovecha para el consumo, ya que también existen diversas pérdidas en los restantes elementos y partes de la instalación, se puede concluir que se necesita una muy considerable superficie de paneles en relación con la cantidad de energía eléctrica requerida. (*Carta González, J. A et al. (2009).*)

Desde el punto de vista de su capacidad para conducir la electricidad los materiales se clasifican en conductores y en aislantes. En los materiales denominados conductores sus átomos disponen de electrones en su capa más externa (electrones de valencia), que no están muy ligados al núcleo y, por tanto, se pueden desplazar fácilmente de un átomo a otro; basta que exista una pequeña diferencia de potencial³. En los materiales aislantes los electrones de valencia están fuertemente atados al núcleo, por tanto, para poder desplazarse requieren de grandes diferencias de potencial. Entre estas dos clases de materiales se encuentran los denominados semiconductores.

Los electrones de valencia de los materiales semiconductores de una célula solar fotovoltaica presentan una cierta ligazón con el núcleo, pero son arrancados por la energía de los fotones de la radiación solar que incide sobre ellos. Este fenómeno se denomina efecto fotovoltaico. (*Carta González, J. A et al. (2009).*)

5.1.1 Cuerpos Semiconductores Intrínsecos

Mientras que los cuerpos buenos conductores ofrecen escasa resistencia al paso de los electrones y los aislantes la ofrecen elevadísima, existen unos elementos

³ J. A. Carta González, R. Calero Pérez, A. Colmenar Santos y M. A. Castro Gil, Centrales de Energías Renovables, Madrid: Pearson, 2009, p.237.

denominados semiconductores que presentan una resistencia intermedia entre ambos extremos. Un elemento semiconductor es el silicio, que como se indica en la figura consta de 14 electrones y 14 protones⁴. (Carta González, J. A et al. (2009).

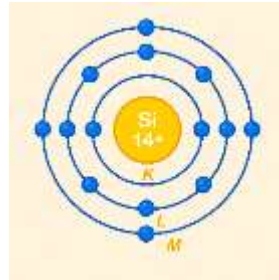


Figura No.2, Átomo del Semiconductor Silicio. (Carta González, J. A et al. (2009).

La característica fundamental de los cuerpos semiconductores es la de poseer 4 electrones en su órbita de valencia. Con esta estructura el átomo es inestable, pero para hacerse estable se le presenta un dilema: le cuesta lo mismo desprender los 4 electrones periféricos y quedarse sin una órbita, que absorber otros 4 electrones para hacerse estable al tener la órbita de valencia 8 electrones. En estas especiales circunstancias, ciertos elementos como el silicio y el germanio agrupan sus átomos de modo muy particular, formando una estructura reticular en la que cada átomo queda rodeado por otros 4. (Carta González, J. A et al. (2009).

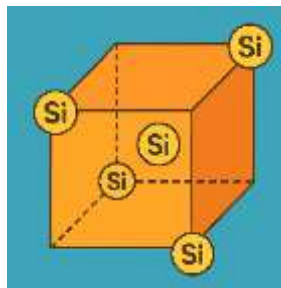


Figura No.3, Estructura Reticular del Silicio. (Carta González, J. A et al. (2009).

⁴ J. A. Carta González, R. Calero Pérez, A. Colmenar Santos y M. A. Castro Gil, Centrales de Energías Renovables, Madrid: Pearson, 2009, p.248.

Cada átomo de silicio (Si) ocupa siempre el centro de un cubo que posee otros 4 átomos de silicio en cuatro de sus vértices. Esta estructura cristalina obliga al átomo a estar rodeado por otros 4 iguales, propiciando la formación de los llamados enlaces covalentes, que de una forma simple consisten en la participación de cada electrón en dos átomos contiguos, algo así como si cada electrón periférico de cada átomo sirviese no solo al que pertenece, sino también al contiguo. A continuación, se presenta la configuración de la estructura cristalina representada en un plano y en la que se ponen de relieve solo los electrones periféricos y los enlaces covalentes que forman. (Carta González, J. A et al. (2009).

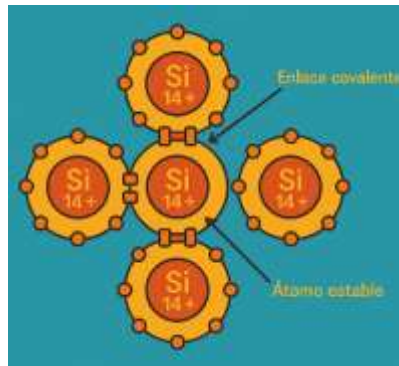


Figura No.4, Enlaces Covalentes del Silicio. (Carta González, J. A et al. (2009).

5.1.2 Cuerpos Semiconductores Extrínsecos

Debido a la estructura reticular del germanio y el silicio, cuyos átomos forman el centro de un cubo en el que existen otros 4 átomos en cuatro de sus vértices, y a la compartición de electrones por medio de los enlaces covalentes, estos dos cuerpos simples forman una red atómica muy estable y, por lo tanto, aislante, en la que cada uno de sus átomos posee 8 electrones de valencia; no obstante, los enlaces covalentes se debilitan y pueden perder electrones en función de la temperatura que reine en la estructura cristalina. Por este motivo, al aplicar una diferencia de potencial a un semiconductor intrínseco, se logra el paso de una débil corriente proporcional a la temperatura, pero que, dado su escaso valor, no es útil. Comoquiera que las corrientes que se producen en el seno de un semiconductor intrínseco a la temperatura ambiente son insignificantes, dado el bajo valor de portadores libres, que en el caso del Ge es de $10^{13}/\text{cm}^3$ y en el del

Si de $10^{10}/\text{cm}^3$, para aumentarlas se les añaden otros cuerpos, que se denominan impurezas. (Carta González, J. A et al. (2009).

5.1.2.1 Semiconductor Extrínseco - Tipo N

El átomo de antimonio (Sb) se dice que es pentavalente⁵ porque dispone de cinco órbitas y la más externa contiene 5 electrones. Si a la estructura ya conocida del semiconductor intrínseco (germanio o silicio puro) se añaden átomos de Sb en una ínfima proporción, cada átomo de impureza se asienta en la estructura cristalina ocupando un puesto similar al que ocuparía otro átomo de Ge o de Si, quedando por este motivo rodeado por 4 átomos de semiconductor que tratan de formar con él los cuatro enlaces covalentes necesarios para la estabilización. A continuación, se presenta la estructura cristalina del Si en la cual se ha introducido un átomo de impureza Sb, hecho por el que recibe el nombre de semiconductor extrínseco. (Carta González, J. A et al. (2009).

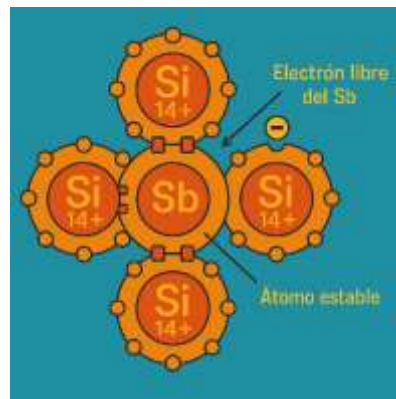


Figura No.5, Estructura Cristalina del Si con un átomo de impureza Sb. (Carta González, J. A et al. (2009).

5.1.2.2 Semiconductor Extrínseco – Tipo P

El boro (número atómico 5) es un elemento trivalente, al igual que el aluminio (número atómico 13), por disponer de 3 electrones en la órbita de valencia. Al añadir impurezas trivalentes al semiconductor intrínseco y entrar éstas a formar parte de la estructura cristalina, quedan dichas impurezas rodeadas por 4 átomos

⁵ J. A. Carta González, R. Calero Pérez, A. Colmenar Santos y M. A. Castro Gil, Centrales de Energías Renovables, Madrid: Pearson, 2009, p.251

de Si o Ge, con los que ha de formar cuatro enlaces covalentes, cosa que puede realizar con 3 de ellos, dejando un enlace covalente a falta de un electrón, o sea, con lo que se había llamado un hueco. (Carta González, J. A et al. (2009).



Figura No.6, Estructura Cristalina del Si con un átomo de impureza Al. (Carta González, J. A et al. (2009).

5.1.3 Unión del Semiconductor tipo P con el tipo N

Un trozo de semiconductor P dispone de más huecos libres⁶, o portadores mayoritarios que, de electrones libres, o portadores minoritarios, pero la carga neta del mismo es neutra. Lo contrario sucede con el semiconductor de tipo N, en el que los portadores mayoritarios son los electrones, pero también en conjunto dispone de una carga neutra. Al colocar parte del semiconductor de tipo P junto a otra parte de semiconductor de tipo N, debido a la ley de la difusión los electrones de la zona N, con alta concentración de estos, tienden a dirigirse a la zona P, que apenas los tiene, sucediendo lo contrario con los huecos, que tratan de dirigirse de la zona P a la N, propiciando su encuentro y neutralización en la zona de unión. Al encontrarse un electrón con un hueco desaparece el electrón libre, que pasa a ocupar el lugar del hueco, y por lo tanto también desaparece este último, formándose en dicha zona de unión una estructura estable y neutra. (Carta González, J. A et al. (2009).

⁶ J. A. Carta González, R. Calero Pérez, A. Colmenar Santos y M. A. Castro Gil, Centrales de Energías Renovables, Madrid: Pearson, 2009, p.253

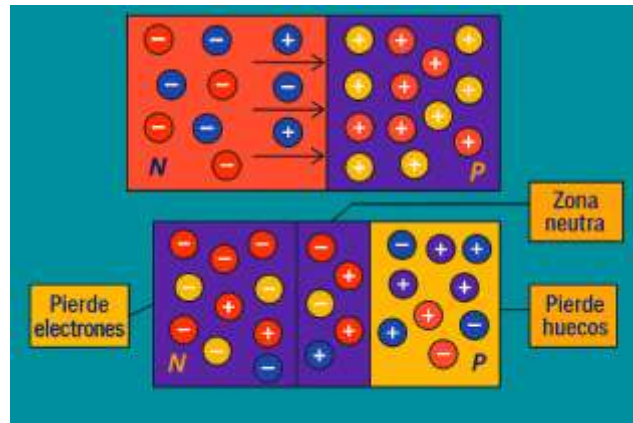


Figura No.7, Unión del Semiconductor Tipo P con el N. (Carta González, J. A et al. (2009).

La zona N era en principio neutra al colocarla junto a la zona P pierde electrones libres, cada vez va siendo más positiva, mientras que la zona P, al perder huecos, se hace cada vez más negativa. Así aparece una diferencia de potencial entre las zonas N y P, separadas por la zona de unión que es neutra. La tensión que aparece entre las zonas N y P, llamada barrera de potencial se opone a la ley de la difusión, puesto que el potencial positivo que se va creando en la zona N repele a los huecos que se acercan de P, y el potencial negativo de la zona P repele a los electrones de la zona N.

Cuando ambas zonas han perdido cierta cantidad de portadores mayoritarios, que se han recombinado, la barrera de potencial creada impide la continuación de la difusión y, por tanto, la igualación de las concentraciones de ambas zonas. La barrera de potencial es del orden de 0,2 V cuando el semiconductor es de Ge y de unos 0,5 V cuando es de Si. (Carta González, J. A et al. (2009).

5.2 Efecto Fotovoltaico

Si incide luz y los fotones comunican energía a los electrones del semiconductor⁷, algunos de estos electrones pueden atravesar la barrera de potencial, siendo expulsados fuera del semiconductor a través de un circuito exterior: se produce

⁷ J. A. Carta González, R. Calero Pérez, A. Colmenar Santos y M. A. Castro Gil, Centrales de Energías Renovables, Madrid: Pearson, 2009, p.254

una corriente eléctrica. Los electrones, tras recorrer el circuito externo vuelven a entrar en el semiconductor por la cara opuesta. (Carta González, J. A et al. (2009).

La existencia de la unión p-n hace posible la presencia de un campo eléctrico en la célula, con la dirección del lado n al lado p, que separa los pares electrón hueco: los huecos, cargas positivas, los dirige hacia el contacto del lado p, lo que provoca la extracción de un electrón desde el metal que constituye el contacto; los electrones, cargas negativas, los dirige hacia el contacto del lado n, inyectándolos en el metal. Esto hace posible el mantenimiento de una corriente eléctrica por el circuito exterior y, en definitiva, el funcionamiento de la célula como generador fotovoltaico. Se observa que el material semiconductor en ningún momento almacena energía eléctrica como lo haría, por ejemplo, un acumulador electroquímico, sino que lo único que hace es generarla, o mejor, transformar la energía radiante únicamente cuando ésta incide sobre él. (Carta González, J. A et al. (2009).

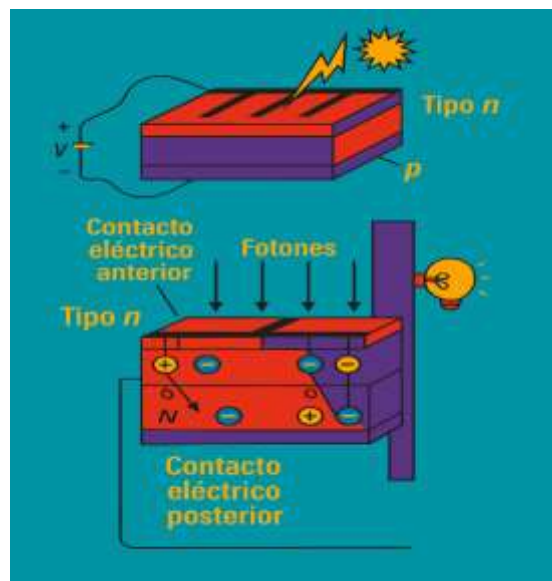


Figura No.8, Efecto Fotovoltaico. (Carta González, J. A et al. (2009).

No todos los fotones se comportan del mismo modo en la producción de electricidad por el efecto fotovoltaico. Unas frecuencias son más apropiadas que

otras para producir el efecto, según los tipos de materiales semiconductores utilizados. (Carta González, J. A et al. (2009).

De forma general, pueden señalarse los siguientes subsistemas componentes empleados en esta tecnología:

- ❖ Subsistema de captación.
- ❖ Subsistema regulador y convertidor de corriente.
- ❖ Subsistema de Comunicación y Monitoreo

5.3 Subsistema de Captación.

Está constituido por el panel fotovoltaico, el cual tiene como función convertir la radiación solar que incide sobre él en electricidad. El panel, cuya superficie más habitual se encuentra entre $0,5 \text{ m}^2$ y $0,8 \text{ m}^2$, está integrado por un conjunto de células fotovoltaicas que se conectan en serie y paralelo con el propósito de lograr, para una radiación dada, unos determinados niveles de tensión e intensidad eléctrica. Asimismo, la estructura del panel proporciona resistencia mecánica y estanqueidad a las células, facilita la evaluación del calor de estas, incrementando así su rendimiento, y favorece la optimización de la captación de la radiación solar. (Carta González, J. A et al. (2009).

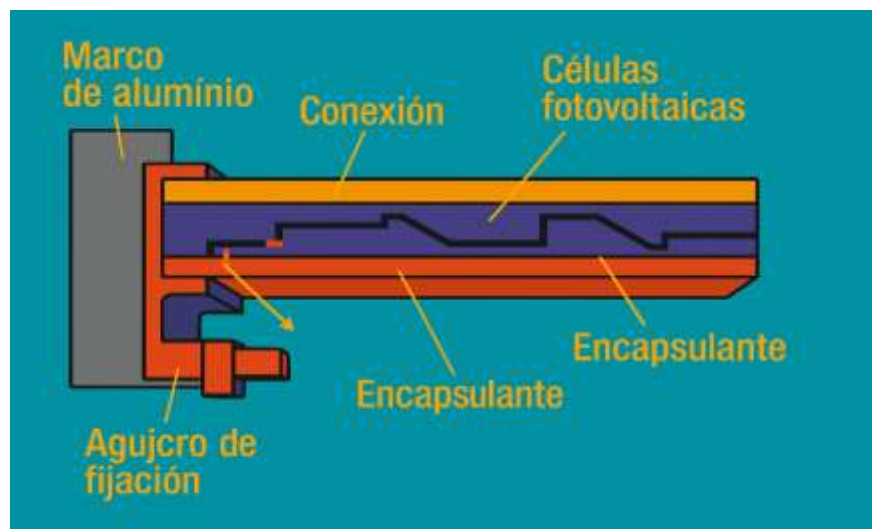


Figura No.9, Componentes de un panel Fotovoltaico. (Carta González, J. A et al. (2009).

Tipos de Células Fotovoltaicas

Existe en el mercado fotovoltaico una gran variedad de fabricantes y modelos de módulos solares. Según el tipo de material empleado para su fabricación, se clasifican en: módulos de silicio monocristalino, policristalino y amorfo. (Cordero, 2023).

5.3.1 Paneles Monocristalinos

La tecnología monocristalina⁸ hace referencia a la manera en la cual están fabricadas las placas solares. Un panel solar se fabrica principalmente con silicio y se compone de varias celdas fotovoltaicas que se conectan eléctricamente entre sí en serie y en paralelo. Tal y como indica el nombre de esta tecnología, los paneles solares monocristalinos están formados por celdas de un solo cristal. Este tipo de placas solares son fáciles de reconocer. Estas tienen un aspecto oscuro y uniforme del color en toda la superficie del módulo, a diferencia de los policristalinos cuyo color es azul y los varios cristales que forman las celdas son visibles. El tamaño de estos módulos, especialmente en el caso del uso residencial, suele ser de 60 celdas, dispuestas en 6 filas de 10, llegando a un tamaño de 164cm x 99cm. También se pueden encontrar de mayor tamaño: 72 celdas, pero es más común en el caso de los policristalinos. Los precios de los módulos monocristalinos suelen ser más elevados que en el caso de los policristalinos, pero esto no representa necesariamente una desventaja. Pues estos módulos tienen una capacidad de producción superior y un tiempo de vida a pleno rendimiento más largo que los policristalinos. (Hilcu, M. 2023).

⁸ <https://www.otovo.es/blog/placas-solares/placas-solares-monocristalinas/>



Figura No.10, Panel Solar Monocristalino. (Hilcu, M. 2023).

5.3.2 Paneles Policristalinos

El panel solar policristalino suministra la tensión perfecta para instalaciones de bajo consumo. Los paneles solares fabricados en silicio policristalino⁹ son los más empleados por su bajo coste de fabricación y su gran eficiencia. Los paneles solares policristalinos o placas solares policristalinas se diferencian de los paneles solares monocristalinos en que los paneles solares policristalinos tienen una mayor resistencia al sobrecalentamiento y su funcionamiento es óptimo en climas habitualmente cálidos, pues los paneles solares policristalinos absorben el calor a mayor velocidad que los paneles solares monocristalinos. Los paneles solares policristalinos son la unión de varios cristales de silicio. Las células de silicio policristalino que forman el panel solar policristalino se originan enfriando artificialmente una célula monocristalina. Lo que sucede a continuación es que cuando el silicio se enfría, se fragmenta, y se forman cristales individuales. Todo este proceso se realiza con el silicio en bloque, que luego es cortado en placas. *(Paneles solares policristalinos | AutoSolar).*

⁹ <https://autosolar.es/paneles-solares/paneles-solares-policristalinos>



Figura No.11, Panel Solar Policristalino. (Auto Solar, 2025).

5.3.3 Paneles Amorfos

Los paneles solares de silicio amorfo son placas que se elaboran depositando en una superficie de acero una capa de silicio en forma de vapor. Tienen una densidad de potencia menor, por lo que requieren el doble del espacio que las demás placas para poder lograr la misma potencia en vatios. Los paneles fotovoltaicos de silicio amorfo se refieren a las células solares que cuentan con una organización atómica bastante irregular, razón por la cual una capa de este material suele absorber más luz que una de silicio monocristalino.

El proceso de fabricación de cada célula de este tipo produce un resultado de placas con un grosor hasta unas 50 veces menor que las de otro tipo, por lo que se logra un ahorro importante en la materia prima. Además, captan más radiación y suelen tener un nivel de resistencia considerable en los climas cálidos. Este tipo de célula¹⁰ cuenta con un cristal especial que la protege y favorece la máxima entrada de luz, aun en los lugares en los que no existe una radiación solar muy fuerte. Su eficiencia es menor que la de otras placas, por lo que sus aplicaciones dependen directamente de la necesidad de consumo eléctrico del recinto en el que se instalan. (Carlos. (2022, 17 enero)).

¹⁰ <https://solarti.es/placas-solares/paneles-silicio-amorfo/>



Figura No.12, Panel Solar Amorfo. (Besun Energy, 2025).

5.4 Subsistema Regulador y Convertidor de Corriente.

Es el encargado de adaptar la energía producida por el panel fotovoltaico, que es de tipo continuo, al tipo de energía alterna, solicitada por las cargas. En el caso de que la carga requiera consumir corriente alterna, el convertidor consiste en un inversor, el cual transforma la tensión e intensidad continuas en tensión y corriente alternas. Este componente convierte la corriente continua y bajo voltaje¹¹ (12v o 24v típicamente) de los panees fotovoltaicos en corriente alterna, de forma simplificada se puede decir que transforma la corriente continua en un tomacorriente convencional. Por lo general es comercializado basado en su potencia en Watts, la cual es calculada como el voltaje por corriente ($P=VI$). Corresponde a la demanda máxima de (potencia) de los equipos que se van a conectar. Se puede prescindir de este componente cuando los equipos a conectar puedan ser alimentados por corriente directa. Como es el caso de algunos tipos de iluminación, motores y equipos diseñados para trabajar con energía solar. (*Sun-Supply, 2021, 2 julio*).

Si bien la función principal de un inversor solar es transformar la energía, también se encarga de optimizar el rendimiento global de la instalación, aprovechando los recursos energéticos al máximo, mientras que, por otro lado, facilita información sobre el diagnóstico de los equipos haciendo un seguimiento de los rendimientos

¹¹ <https://www.sunsupplyco.com/componentes-de-un-sistema-de-energia-solar/>

energéticos del sistema, esto con el objetivo de poder actuar a tiempo en caso de algún inconveniente técnico. (*Sun-Supply, 2021, 2 julio*).

Un inversor solar es capaz de:

- Estabilizar las ondas eléctricas, evitando dañar los equipos eléctricos de la vivienda.
- Optimizar la producción de energía generada y así maximizar el rendimiento de la instalación.
- Proteger de posibles fallos de sistema o cortocircuitos.
- Monitorizar la energía producida y el funcionamiento de la instalación, además de informar de los posibles errores en los componentes.

Existen varios tipos de inversores¹²:

5.4.1 Inversores de Onda sinusoidal.

Para el correcto funcionamiento de la instalación eléctrica en un hogar, debe elegir siempre un inversor de onda sinusoidal pura, que es la que se adaptará siempre a los aparatos electrónicos domésticos que utilicen corriente alterna. (*Teknosolar, 2018, 3 enero*).

5.4.2 Onda senoidal Modificada.

Para la mayoría de los equipos, y especialmente aparatos que dispongan de motores eléctricos (bombas de agua o equipos industriales como tornos, taladros, etc), los inversores de onda sinodal modificada se adaptarán mejor a sus especificaciones. (*Teknosolar 2018, 3 enero*).

5.4.3 Inversores de conexión a red y de batería

Dentro de la familia de inversores podemos diferenciar entre los inversores de conexión a red, que consigue sincronizar los niveles de la energía producida por el campo fotovoltaico con la red pública, o los inversores de batería, que junto con

¹²<https://www.teknosolar.com/community/index.php?p=/discussion/14/que-es-y-como-funciona-un-inversor-solar>

la inyección de energía a las baterías también regulan el paso dicha energía almacenada al sistema eléctrico de los hogares/negocios/sistemas fotovoltaicos. (Teknosolar. 2018, 3 enero).

5.4.4 Inversores Monofásicos y Trifásicos

Dentro de los inversores de conexión a red, disponemos de dos posibilidades de conexión en las instalaciones. Así encontramos las instalaciones monofásicas, en las que la corriente fluye por un solo conductor y se suele utilizar en instalaciones domésticas, para cargas de iluminación y pequeñas fuentes de alimentación. Por otra parte, las instalaciones trifásicas disponen de tres conexiones, más finas y baratas, que emiten potencia constante, y no de pulsos, que eleva el rendimiento de los equipos. (Teknosolar. 2018, 3 enero).

5.5 Subsistema de Comunicación y Monitoreo (Data Manager)

Se encarga de la supervisión, el control y la regulación de la potencia apta para la red en plantas fotovoltaicas descentralizadas. Es un dispositivo que permite la supervisión, el control y la regulación de la potencia adecuada para red eléctrica en plantas fotovoltaicas descentralizadas de gran tamaño, de hasta 2,5 MVA y 50 equipos. Debido a las interfaces de usuario personalizadas y unas intuitivas funciones de asistencias tiene una sencilla parametrización, puesta en marcha y manejo. Además, permite ampliar la planta fotovoltaica con otros componentes gracias a su diseño modular. También está equipado para encajar en los modelos comerciales del mercado energético del futuro. (SMA Solar).



Figura No.13, Medidor de Energía (Data Manager - SMA).

5.6 Sistema Solar ON-GRID (Inyección a la Red)

Es un sistema solar fotovoltaico¹³ que ayuda a generar ahorro cuando el consumo es demasiado alto, al no contar con un banco de baterías sólo genera electricidad durante el día. Son ideales para negocios, empresas y lugares que tienen su principal consumo de energía durante el día. De las instalaciones solares esta es la que presentara mejor ahorro económico en la factura eléctrica, ayudara a reducir la huella de carbono y sirve para grandes equipos como:

- Congeladores.
- Bombas de agua.
- CAVA y cuartos fríos.
- Aires acondicionados.
- Pulidoras.
- Taladros.
- Soldadura eléctrica.
- Maquinaria industrial.

La energía es captada de los paneles solares por la luz solar, dependiendo del tamaño de la instalación esta energía iría a uno o más inversores On Grid, que este se encarga de convertir la energía DC (Corriente continua) es voltaje que manejan estos equipos a AC (Corriente alterna) esta es la que generalmente podemos encontrar en cualquier instalación eléctrica de 110V, 220V o 330V. *(ENERGIA SOLAR SURYA)*.

Antes de que se genere una salida de los inversores o micro inversores esta no va directamente al contador unidireccional que se tenga, debe ir a un contador bidireccional para que el operador de red logre identificar la producción que se ha realizado con la instalación solar y se le pueda vender el exceso si este no está puesto entonces la instalación solar ON GRID no generara ahorro. *(INTEVA - Energía Solar)*. (2020, 28 mayo).

¹³ <https://www.energiasolarsurya.com/sistemas-de-energia-solar/sistema-solar-on-grid-inyeccion-a-la-red/>

Cada tramo debe estar protegido con protecciones para que no presente daños en los equipos por sobretensión o sobrecargas. Hablamos de un sistema dependiente de la red eléctrica, por lo que siempre se requerirá de su servicio para el correcto funcionamiento de la instalación fotovoltaica. Esto quiere decir que el cliente podrá hacer uso de la energía generada durante el día y cuando el sol se esconda se suministrará de la energía de la red. Este tipo de instalaciones se componen por cuatro elementos: paneles solares, inversores, un tablero de distribución y un medidor bidireccional, el cual, a diferencia del medidor tradicional, es capaz de medir tanto la energía consumida como la generada por los paneles. Durante el día estos sistemas generan energía para el consumo, pero durante la noche se debe tomar la energía que se consume de la red eléctrica. Son ideales para ahorrar energía y dinero ya que ayudan a disminuir el consumo energético y el costo de la factura de energía¹⁴. (INTEVA - Energía Solar). (2020, 28 mayo).

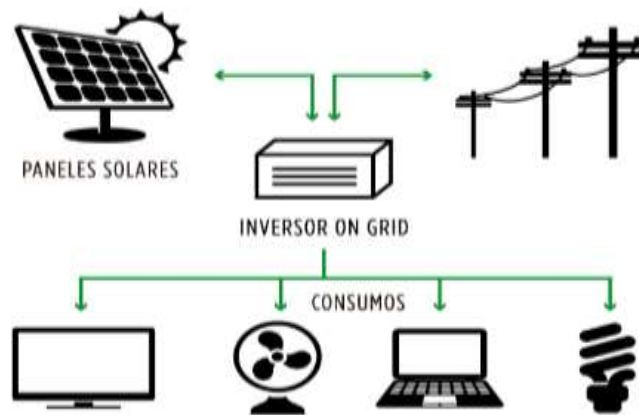


Figura No.14, Representación Esquemática de Sistema On-Grid

Ventajas de un sistema ON GRID. (INTEVA - Energía Solar). (2020, 28 mayo).

- Venta de excedente de energía producida
- Ahorro de dinero
- Retorno de inversión más rápido
- Reduce Huella de carbono
- Duración del sistema de 20 a 30 años.

¹⁴ <https://www.energiasolarsurya.com/sistemas-de-energia-solar/sistema-solar-on-grid-inyeccion-a-la-red/>

Desventajas de un sistema ON GRID. (INTEVA - Energía Solar). (2020, 28 mayo).

- Si la red convencional no genera energía el sistema no funciona.
- Solo funciona en el día.
- No es independiente del operador de red eléctrica.

5.7 Eficiencia Energética

Se refiere a la utilización de tecnologías que requieren una menor cantidad de energía para conseguir el mismo rendimiento o realizar la misma función. La eficiencia energética¹⁵ se centra en la tecnología, el equipamiento o la maquinaria usada en edificios. El ahorro de energía se basa en el modo de actuar de las personas para utilizar menos energía (por ejemplo, utilizar luz natural en lugar de artificial para reducir el consumo de electricidad). La eficiencia energética es un instrumento para obtener mejores resultados productivos invirtiendo la menor cantidad de energía posible sin afectar al medio ambiente. Su objetivo es optimizar el aprovechamiento de recursos energéticos y reducir los costos para su obtención sin entorpecer la realización de las tareas ni reducir la calidad de los procesos, por lo que en el sector industrial la eficiencia energética es esencial para aumentar la rentabilidad y, así, garantizar la sustentabilidad de la empresa.

La eficiencia energética se ha convertido en una prioridad en las agendas de los gobiernos de todo el mundo. Las fuentes energéticas¹⁶ tradicionales tienen un carácter limitado, son cada vez más caras, generan una dependencia del mercado exterior. Además, tienen un impacto relevante sobre el medioambiente y el ecosistema. A nivel productivo, las empresas y las diferentes administraciones públicas están poniendo en marcha un número cada vez mayor de medidas e iniciativas para apostar por las energías provenientes de las fuentes renovable.

¹⁵

https://www.camara.es/sites/default/files/generico/steeep_training_material_for_smes_spanish_0.pdf

¹⁶ <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-la-eficiencia-energetica-y-como-se-calcula/>

La idea es que sirvan como guía de ahorro de energía y, por ende, contribuyan a que el planeta sea más sostenible.

5.7.1 Etiqueta de Eficiencia Energética

Del mismo modo que el Certificado de Eficiencia Energética¹⁷ señala las características energéticas de un edificio, la etiqueta energética es un sello que indica la eficiencia de cualquier dispositivo a la venta que consuma energía. Para ello, se basa en una escala de clasificación por letras y colores que va desde la A y el color verde, para los equipos más eficientes, a la D y el color rojo, para los menos eficientes.

Esta certificación es obligatoria en toda Europa para los siguientes tipos de electrodomésticos:

- Frigoríficos y congeladores
- Lavadoras, secadoras y lavavajillas
- Horno eléctrico y microondas
- Fuentes de luz domésticas e industriales

La eficiencia energética se mide con la siguiente escala:

- Los más eficientes: A, B, C
- Consumo moderado: D, E
- Alto consumo: F, G

5.7.2 Propósitos de la eficiencia energética

El desarrollo de tecnologías y nuevos métodos en el uso de la eficiencia energética¹⁸ trata de cumplir los siguientes propósitos:

- Reducir las emisiones de gases efecto invernadero: disminuyendo la cantidad de energía a la hora de realizar cualquier tarea se reducen proporcionalmente las emisiones de gases contaminantes, participando activamente en la lucha contra el cambio climático.

¹⁷ <https://universidadeuropea.com/blog/eficiencia-energetica/>

¹⁸ <https://universidadeuropea.com/blog/eficiencia-energetica/>

- Proporcionar ahorro económico: la reducción de recursos energéticos se refleja en el coste de las facturas, disminuyendo los recibos de industrias y consumo doméstico.
- Conservar recursos naturales: gracias a la optimización de energía se minimiza la extracción de recursos naturales y se fomenta el consumo responsable.

5.7.3 Ventajas de la eficiencia energética.

- **Ahorro energético:** el uso eficiente de los recursos disponibles permite el ahorro y reducción de costes, contribuyendo no solo a las facturas sino a la sostenibilidad en el largo plazo.
- **Huella de carbono:** reducir la huella de carbono es prioridad a la hora de luchar contra el cambio climático. Por ello, la eficiencia energética mitiga o disminuye las emisiones de gases efecto invernadero.
- **Consumo responsable:** no se trata solo de disminuir el uso de ciertos recursos, sino de fomentar a su vez el uso de diferentes tipos de energías renovables.
- **Bienestar:** contribuir con la reducción de gases implica una mejora en la salud de las personas a través de entornos más limpios y mejor calidad del aire en las diferentes comunidades.

V. Diseño Metodológico

En el presente trabajo monográfico se realiza un análisis técnico-económico de los pasos a cumplir en el diseño del sistema solar fotovoltaico en el Área Operativa y Administrativa de la Bodega de Almacén - Empresa Portuaria Nacional, Puerto Corinto, así como los criterios que se deben considerar para poder ser aplicados, contemplando las normas de diseño eléctrico y su dimensionamiento. (R. H. Sampieri, 2014).

6.1 Ubicación del Estudio

La Empresa Portuaria Nacional (EPN) es el ente encargado de la Administración de Puertos de Nicaragua. Puerto Corinto está localizado en la costa del Pacífico de Nicaragua, en el departamento de Chinandega, Municipio de Corinto. Está interconectado con la capital Managua a 152 Kilómetros y principales ciudades del país con excelentes carreteras asfaltadas. El Municipio de Corinto se localiza en la parte noroeste del Departamento de Chinandega, con extensión territorial de 70.67 kilómetros cuadrados, y una población de 18,500 habitantes. Su ubicación geográfica se encuentra entre las coordenadas WGS-84 (latitud 12°28' 29.4 Norte, longitud 87°13' 46.2 Oeste). El componente ambiental para implementación de fuentes de energías renovables (Sistemas Fotovoltaicos), refleja la relación causa-efecto entre los objetivos “producción de energía limpia, verde y sostenible; y Reducir la Huella de Carbono”.



Figura No.15, Ubicación de Empresa Portuaria Nacional - Corinto, Google Maps, 2025

La utilización de fuentes de energías verdes y la eficiencia energética, es una disciplina que engloba diferentes líneas de acción configurándose como un elemento clave para el mantenimiento e incluso el incremento del nivel de competitividad de los puertos, que apuestan por optar a alternativas de generación de energía limpia verdes y sostenible; como también ser más eficientes en el uso de los recursos energéticos. Esto ha impulsado la búsqueda y el desarrollo de soluciones que permitan reducir las emisiones generadas por el uso de fuentes de energía a base de hidrocarburos en Puerto Corinto y derivado de su operatividad.

6.2 Enfoque de la Investigación

Esta investigación posee un enfoque cuantitativo que representa un conjunto de procesos de manera secuencial y probatoria que refleja la necesidad de medir y estimar magnitudes de los fenómenos o problemas de la presente investigación. *“Para este enfoque, se sigue rigurosamente el proceso de acuerdo con ciertas reglas lógicas, los datos generados poseen los estándares de validez y confiabilidad, por lo que las conclusiones derivadas de este estudio contribuirán a la generación de conocimiento”¹⁹.*

6.3 Tipo de Estudio

Esta investigación posee un tipo de estudio *descriptivo y transversal*. Según el análisis del estudio técnico económico y de eficiencia energética para la Implementación de Energía Solar Fotovoltaica en Área Operativa y Administrativa de la Bodega de Almacén Empresa Portuaria Nacional, Puerto Corinto; es un estudio **descriptivo**, puesto que, parte de los aspectos involucrados en el análisis, proporcionando una visión clara de las condiciones actuales y de los beneficios potenciales sin buscar establecer relaciones causales o explicar las razones detrás de los fenómenos observados.

¹⁹ R. H. Sampieri, Metodología de la Investigación, México D.F. Mc Graw Hill - Education, 2014, p.5.

Como su nombre lo indica, el estudio descriptivo se centra en observar, detallar y registrar las características principales de un fenómeno o situación, proporcionando una visión clara y ordenada de su estado actual, en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables como son demanda y consumo; a partir de los objetivos planteados se sustenta la investigación científica.

Según el periodo y la secuencia del estudio son de tipo **transversal** dado que “*los diseños de investigación transeccional o transversal recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único*”) ²⁰. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación durante el periodo de tiempo definido en el I Semestre de estudio Lectivo 2025.

6.4 Metodología del Proyecto

La investigación adoptó un enfoque cuantitativo y descriptivo, ya que se buscaba analizar datos técnicos, económicos y de eficiencia energética para justificar la implementación de un sistema fotovoltaico. La metodología estuvo organizada en fases consecutivas, asegurando un desarrollo lógico y coherente del trabajo. Este enfoque se ajustó a los requerimientos de un trabajo monográfico en el programa académico de ingeniería eléctrica en Nicaragua.

6.5 Fases de la Metodología

6.5.1 Recolección de Información y Diagnóstico Inicial

En los últimos años, Nicaragua ha experimentado una notable variabilidad en la radiación solar, influenciada tanto por factores climáticos locales como globales. La radiación solar es una fuente crucial de energía renovable, y su comportamiento afecta directamente la eficiencia y la viabilidad de proyectos solares fotovoltaicos del país. Teniendo en cuenta que la potencia de estas irradiaciones solares y su aprovechamiento para la generación de energía

²⁰ R. H. Sampieri, Metodología de la Investigación, México D.F. Mc Graw Hill - Education, 2014, p.95-154.

eléctrica varían de acuerdo con la hora del día, condiciones atmosféricas de las zonas geográficas.

En Nicaragua la radiación solar es capaz de sostener una generación estable con alta calidad durante el día, la cual tiene una capacidad de producción de hasta 300 MWh, pero actualmente se aprovecha muy poco de ello. En dependencia de la zona del país, el día y el año el potencial solar para Puerto Corinto el potencial solar se estima entre 3 – 6 kWh/m².

En la región occidental de Nicaragua se ha logrado determinar que el potencial solar para la generación de energía eléctrica a través de sistemas fotovoltaicos por su ubicación geográfica representa la zona de mayor índice de irradiación solar. Dado que esta región está cerca del ecuador, recibe una mayor cantidad de luz solar directa en comparación con las regiones más alejadas del ecuador.

El ángulo de incidencia solar es crucial para la eficiencia de los sistemas fotovoltaicos. Cuanto más perpendicular sea la luz solar que llega a los paneles solares, mayor será la cantidad de energía que pueden generar. En la región occidental de Nicaragua, la inclinación del sol es más favorable debido a su ubicación cercana al ecuador. Esto significa que los paneles solares pueden capturar más energía solar durante más horas del día.

Determinación de la Irradiación Solar

La región occidental de Nicaragua generalmente tiene un clima cálido y soleado. Los cielos despejados son ideales para la generación de energía solar, ya que permiten que la radiación solar llegue directamente a los paneles. La baja incidencia de nubes y precipitaciones en esta zona contribuye a un alto índice de irradiación solar.



Figura No.16, Irradiación Solar en Nicaragua, Global Solar Atlas, 2025

Se ha tomado como base los datos históricos de la irradiación solar desde enero hasta diciembre del año 2022, los cuales fueron obtenidos en el sitio web NASA POWER | DAVE. Como indicador para el diseño y dimensionamiento para la propuesta de implementación de un sistema fotovoltaico se identifica que el valor más bajo de irradiancia fue de 1.7941kW-hr/m²/día en el mes de octubre y un valor máximo de 7.41kW-hr/m²/día obtenido en el mes de abril.

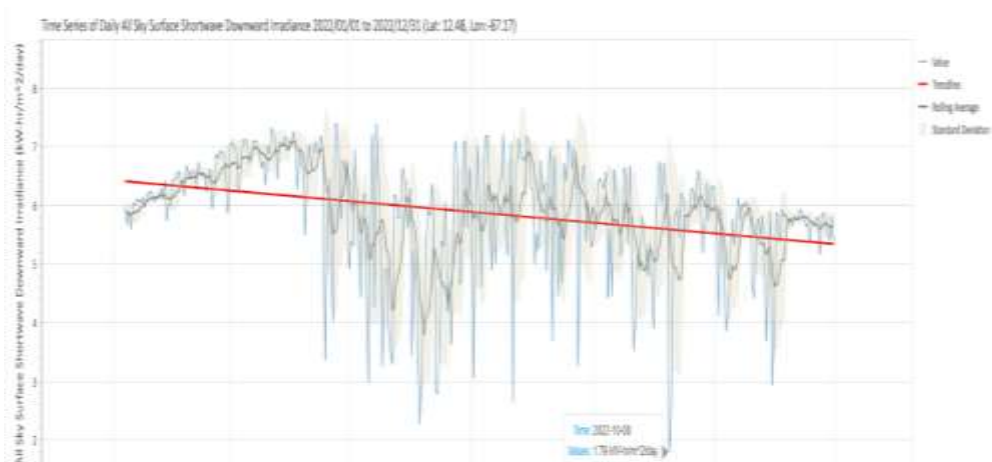


Figura No.17, Valor Mínimo de Irradiación Solar en Puerto Corinto, octubre 2022, Chinandega – Nicaragua, NASA POWER | DAVE



Figura No.18, Valor Máximo de Irradiación Solar en Puerto Corinto, octubre 2022, Chinandega – Nicaragua, NASA POWER | DAVE

Considerando que el área total del techo del almacén es de 843.5 m² tenemos un valor de irradiancia de 5.5 kWh/m², los cuales totalizan 4,639 kWh/m² equivalente a toda el área o el techo del almacén.



Figura No.19, Área Total de Bodega de Almacén - Puerto Corinto - Chinandega – Nicaragua, Google Maps

En vista que, se pretende crear un sistema que se ajuste a los requerimientos y a la demanda operativa de almacén se procede a la selección y medición de paneles cuya potencia específica de placa es de 580 watts. Se toma como referencia el

dimensionamiento de las unidades de generación y el área de cobertura de 59 m² equivalentes a 265.5 kWh/m² en valores de irradiancia.



Figura No.20, Área Delimitada de Bodega de Almacén - Puerto Corinto - Chinandega – Nicaragua, Google Maps

6.5.2 Análisis Técnico y Dimensionamiento del Sistema Fotovoltaico

Para el diseño y dimensionamiento de la propuesta de implementación de un sistema fotovoltaico en la bodega de almacén de Puerto Corinto, se ha considerado el valor más bajo de irradiación solar directa el cual fue registrado en la base de datos NASA POWER | DAVE.

$$G = \frac{P}{A}$$

G: Irradiancia Solar (W/m²)

P: Potencia Activa (W)

A: Área (m²)

Selección de Componentes

- **Panel Solar:** se seleccionó el modelo TSM-DE19R en condiciones estándar (STC) irradiancia 1000 vatios/m², espectro AM 1,5 a una temperatura celular de 25° C)

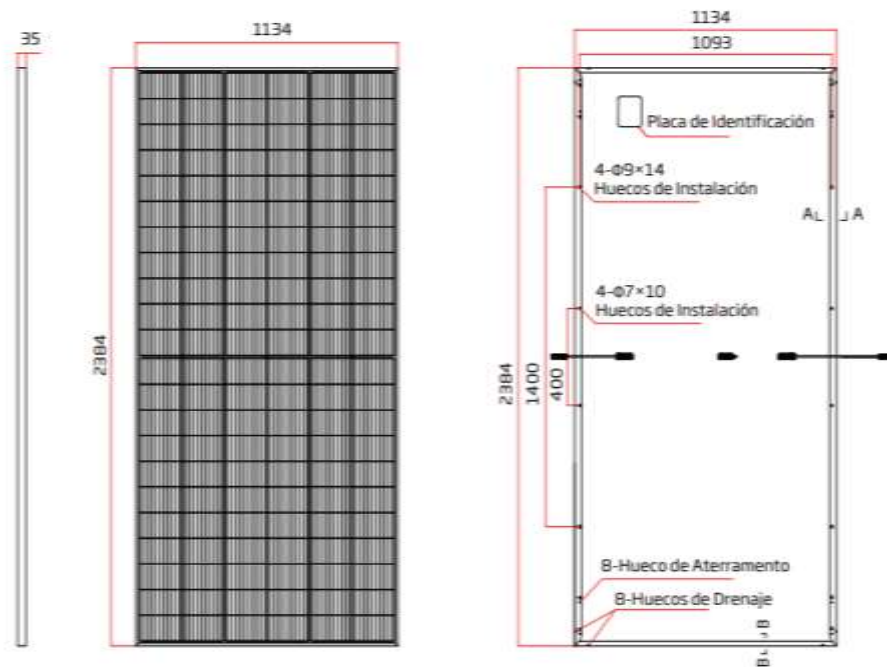


Figura No.21, Dimensiones de Panel Solar Fotovoltaico propuesto marca Vertex, Vertex Group

Modelo: TSM-DE19R

- Potencia Máxima (Pmax): 580 Wp
- Tolerancia: +5 Wp
- Voltaje a Potencia Máxima (Vmp): 39 V
- Corriente a Potencia Máxima (Imp): 14.86 A
- Voltaje en Circuito Abierto (Voc): 46.3 V
- Corriente de Cortocircuito (Isc): 9.18 A
- Voltaje Máximo del Sistema: DC 1000V
- Clasificación de Fusible de Serie: 15 A
- Fabricado en: China
- Fabricante: Trina Solar

- **Inversor Eléctrico:** se seleccionó el modelo SOLIS-S6-EH1P11.4K-H-US, para sistema On-Grid, trifásico, 12kW, 120/240VAC, 60Hz, 600VDC.



Figura No.22, Inversor Solar Fotovoltaico propuesto marca Solis.

Modelo: SOLIS-S6-EH1P11.4K-H-US 12KW 120/240VAC

- Potencia Máxima Continua de Salida: 11400WAC
- Potencia Reducida: 17000WAC
- Rango de Voltaje de Operación (Vac):

Mínimo: 193.6V

Máximo: 242V

- Rango de Frecuencia de Operación (Hz):

Mínimo: 55Hz

Máximo: 65Hz

- Corriente Máxima Continua de Salida: 51.8 Aac
- Factor de Potencia de Salida: 0.99
- Voltaje de Entrada en Circuito Abierto (máx.): 600 Vdc
- Rango de Voltaje de Entrada de Operación (MPPT): 80 - 520 Vdc
- Corriente Máxima de Entrada por cadena: 16Amp
- Rango de Temperatura de Operación: -13°F a 140°F (-25°C a 60°C)
- Enclosure: Tipo 4X

- Advertencias adicionales:

El equipo contiene opciones de optimización, monitoreo a nivel de módulo y apagado rápido, Cumple con los estándares FCC y está listado bajo UL 9540

➤ **Estructura de Montaje Por Utilizar**

Se utilizarán rieles de montaje de 480mm hechos de aluminio anodizado aptos para techos de chapa, tejas y superficie planas.



Figura No.23, Rieles de Montaje, Enertik Group

Se usarán mordazas tipo medio para paneles con un grosor de 35~40mm, se usa con el riel serie CG-010. Aluminio anodizado 6005 T6 + Acero inoxidable 304.



Figura No.24, Mordazas Tipo Medio de Sujeción, Enertik Group

Se usarán mordazas finales para sujeción de paneles solares terminales por fila con un grosor de 35~40mm. Aluminio anodizado 6005 T6.



Figura No.25, Mordazas Tipo Final de Sujeción, Enertik Group

Se usarán pernos cabeza hexagonal DIN912 A2-70 de 1-1/2” para la sujeción de rieles y estructuras de fijación para paneles solares.



Figura No.26, Pernos Cabeza Hexagonal – DIN912, Enertik Group

➤ **Diseño y Configuración del Sistema**

Cálculo del área necesaria para 22 paneles:

- Área de un panel = $1.134 \text{ m} \times 2.384 \text{ m} = 2.7034 \text{ m}^2$
- Área total necesaria para 64 paneles = $22 \times 2.7034 \text{ m}^2 = 59.47 \text{ m}^2$

Con 22 paneles, se requiere un área de **59.47 m²** en el techo, lo cual es menor que los 136 m² disponibles, por lo que es viable.



Figura No.27, Vista de Planta de Techo de Bodega de Almacén, AutoCAD 2021

➤ **Distribución de los Paneles**

Dado que se quiere instalar 22 paneles se sugiere organizar los paneles en 2 filas de 11 paneles cada una, de forma que dicha configuración sea óptima en base al espacio disponible y la orientación.

Potencia Total de los 22 Paneles:

- Potencia de un panel = 580 W
- Potencia total para 22 paneles = $22 \times 580 \text{ W} = 12,760 \text{ W}$ o 12.76 kW

Compatibilidad con el Inversor Solar:

El inversor seleccionado tiene las siguientes características clave:

- Modelo: SOLIS-S6-EH1P11.4K-H-US
- Potencia máxima continua de salida: 11,400WAC
- Rango de voltaje de entrada operativo (MPPT): 80 - 520 Vdc
- Corriente máxima de entrada por cadena: 16 Amp DC

Distribución Eléctrica:

Para aprovechar el inversor al máximo, se puede dividir la instalación de 22 paneles en dos cadenas (strings) iguales de 11 paneles cada una.

Verificación de Voltaje de Entrada:

- Cada panel tiene un voltaje de circuito abierto (Voc) de 46.1V (de acuerdo con la placa del panel).
- Voltaje total de una cadena de 11 paneles en serie = $11 \times 46.1V = 507.1 V$, que se encuentra dentro del rango permitido por el inversor.

Observaciones:

- 22 paneles se pueden distribuir en un área de 59.47 m² en el techo.
 - La potencia total de 22 paneles será 12.76 kW, que está bien dentro de las capacidades del inversor (12.8 kW).
 - Configuración eléctrica recomendada: 2 series de 11 paneles cada una conectadas en paralelo, para} mantener el voltaje dentro del rango permitido del inversor (80 - 520 Vdc).
- **Cálculo de cableado desde los Strings hasta el Power Block (Corriente Continua - DC)**

Datos importantes:

- Potencia por string: 575 W (por panel).
- Voltaje máximo de operación: Según la placa del inversor, el rango de voltaje de entrada MPPT es de 80 - 520 Vdc.
- Corriente máxima por string (estimada): $I=P/V$
- Cálculo: Dado que los strings estarán conectados en una formación de 2 cadenas de 11 paneles en serie, la corriente del string se mantendrá constante.
- Potencia total por string: $575 W \times 11 = \mathbf{6325 Watts}$
- Voltaje del string (estimado): 426.8 Vdc
- Corriente por string: $5120Watts/598.24V \approx \mathbf{14.81 Amp}$

Calibre de cable:

Según la corriente obtenida, podemos seleccionar un calibre 10 AWG hacia el powerblock en base a la distancia considerando el factor de temperatura y las condiciones ambientales.

➤ **Cálculo de cableado desde el Power Block hacia caja de fusibles e inversor solar (Corriente Continua - DC):**

Dado que tenemos 2 strings en paralelo la corriente total será dada por

$$I_T = n \cdot I_n$$

I_T : Corriente Total

N : número de strings o arreglos

I_n : corriente nominal

$$I_T = 2 \cdot 14.81A$$

$$I_T = 29.62A$$

Para 29.62 Amp en DC, se selecciona un calibre 8 AWG para la alimentación desde el powerblock hacia la caja de fusibles previas a la entrada del inversor solar. Para la selección de los fusibles se tomará en consideración la capacidad del 125% de la corriente de operación nominal para tener un margen de seguridad.

- Capacidad del fusible= $1.25 \times I$

Sustituyendo el valor de corriente:

- Capacidad del fusible= $1.25 \times 29.62A \approx 37.025 \text{ Amp}$

Selección del fusible estándar:

Los fusibles vienen en valores normalizados, por lo que seleccionaremos un fusible con capacidad de 45 A. Este fusible protegerá adecuadamente el circuito sin dispararse durante el funcionamiento normal, pero brindará protección en caso de

sobre corriente. Se selecciona un calibre 8 AWG para la alimentación desde la caja de fusibles hacia el inversor solar.

➤ **Cálculo de cableado desde inversor solar hacia Panel de Distribución de Bodega de Almacén – Puerto Corinto:**

Revisión de corriente y selección del calibre del cable:

- **Verificación de la corriente para 220 V:**

Dado que la corriente nominal de salida CA del inversor es de 51.8 Amp a 220 V, esta corriente es la que debe ser utilizada para la selección del calibre del cable.

- **Selección del calibre del cable:**

Para una corriente de 51.8 Amp según las tablas estándar para conductores de cobre a 75°C, el calibre #6 AWG es adecuado, ya que puede manejar hasta 65 Amp.

- **Corriente para 120 V**

Si se distribuye la carga de forma equilibrada en un sistema bifásico, la corriente en cada rama del sistema de 120 V también sería aproximadamente 51.81 Amp.

➤ **Cálculo del número de rieles necesarios y otros materiales para la instalación de los 22 paneles solares.**

- **Dimensiones del panel:** 1.134 m de ancho x 2.384 m de alto.
- **Configuración de los grupos:** 2 grupos de 11 paneles (22 en total).
- **Longitud del riel:** 4800 mm (4.8 metros).
- **Ancho total de los paneles en cada fila:** 11 paneles x 1.134 m = 12.474 m.
- **Cantidad de rieles necesarios por fila:** Cada riel tiene 4.8 m de largo.

Por cada fila de 11 paneles, se necesitan: $12.474 \text{ m} / 4.8 \text{ m} \approx 2.59$ rieles.

Para el cálculo de la cantidad de rieles y otros materiales de fijación se considerará instalar dos filas de rieles para sostener cada fila de 11 paneles solares.

- **Número de filas de paneles por grupo:** 2 filas de 11 paneles en serie.
- **Número de grupos:** 2 (ya que son 2 grupos de 11 paneles).
- **Número total de rieles por grupo:** 2 filas de rieles x 3 rieles por fila = 6 rieles.

- **Total de rieles para los dos grupos:** 6 rieles por grupo x 2 grupos = 12 rieles.

Materiales de Fijación

- **Mordazas necesarias:** 40 mordazas entre paneles.
- **Abrazaderas finales necesarias:** 8 abrazaderas finales.
- **Pernería:** 48 pernos DIN912 A2-70 de 1-1/2 con su arandela de presión y arandela plana.

Este cálculo garantiza que cada fila de paneles esté sostenida de manera adecuada con dos filas de rieles, distribuyendo mejor la carga y ofreciendo mayor estabilidad.

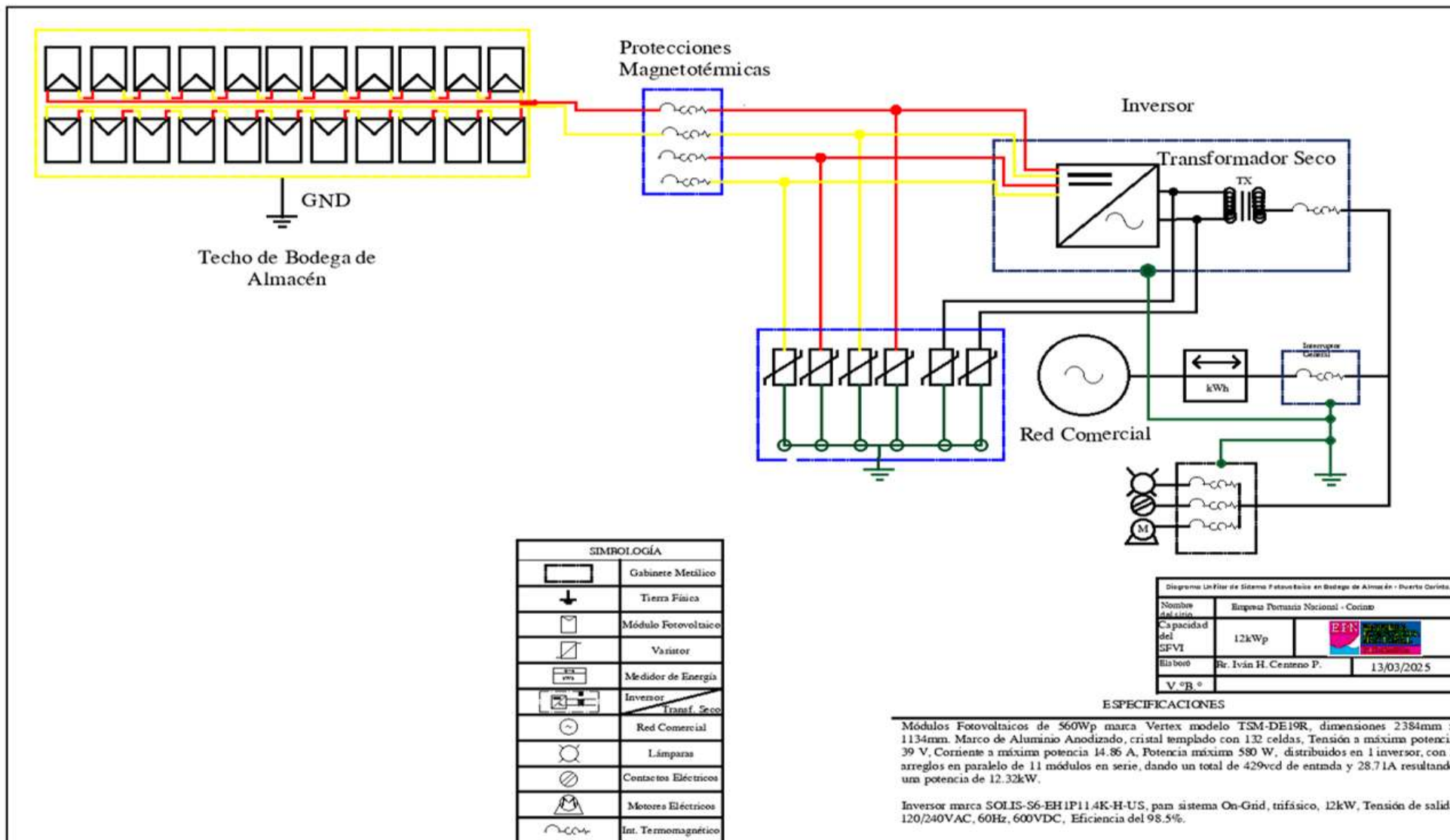


Figura No.28, Diagrama Unifilar de Sistema Fotovoltaico en Bodega de Almacén – Puerto Corinto

➤ Simulación del Desempeño del Sistema

Como base para el diseño y dimensionamiento para la propuesta de implementación de un sistema fotovoltaico se ha realizado la simulación del sistema solar fotovoltaico en el programa PV-Syst en el que se han ingresado los datos de placa de los elementos mencionados anteriormente.

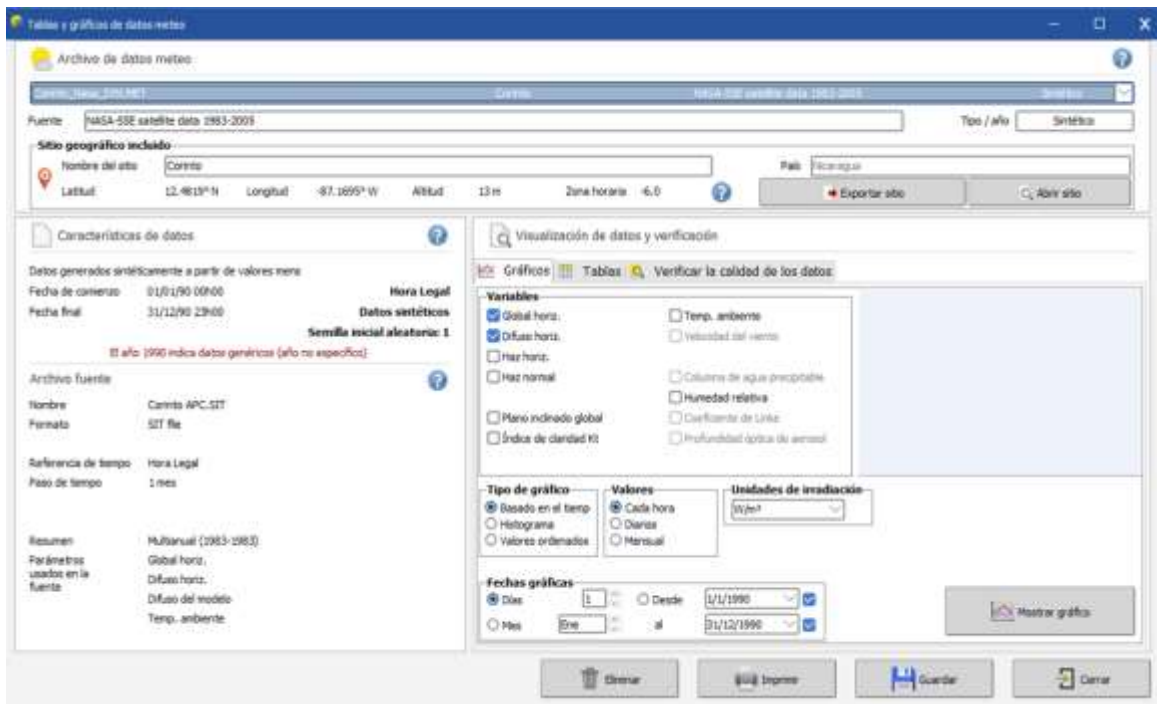


Figura No.29, Selección de Ubicación en Base de Datos Irradiancia Solar (NASA 1983-2005)

Para lo cual el programa recolecta información a partir de su base de datos con valores de muestra de irradiación solar desde el año 1983 hasta el 2005 tomando como referencia la ubicación latitud y longitud del área de almacén en Puerto Corinto.

Se realiza la configuración para un sistema de módulos estándar y células monocristalinas las cuales serán distribuidas directamente en estructuras tipo riel libres de circulación de aire; a lo largo del techo de la bodega de almacén.

Especificación del sistema

Tipo de módulo

☒ Estándar

☐ Translúcido personalizado

☐ No definido

Tecnología

☒ Células monocristalinas

☐ Polycrystalline cells

☐ Película delgada

Disposición de montaje

☐ Tejado plano

☒ Fachada o techo incl.

☐ Basado en tierra

Propiedad de ventilación

☒ Libre circulación de a

☐ Semi-integración

☐ Completamente aislz

Cancelar

OK

Figura No.30, Selección de Tipo de Celda Solar

Parámetros del sitio geográfico, nuevo sitio

Coordenadas geográficas Datos meteorológicos Mapa interactivo

Ubicación

Nombre del sitio: Obtener de coordenadas

País: Región:

Coordenadas geográficas

Los datos geográficos se han importados con éxito desde el mapa.

	Decimal	Grad. Min. Seg.	
Latitud:	12.4600	15 12 28	(+ = Norte, - = meridiano Sur)
Longitud:	-67.1733	15 47 15	(+ = Este, - = Oeste de Greenwich)
Altitud:	0	M por encima del nivel del mar	
Zona horaria:	+5	Corresponde a una diferencia promedio Hora Legal - Hora Solar = 0h-30m	

Importación de datos meteorológicos

Meteoscreen 6.1

☐ NASA-SIS

☐ PVGIS-TMY Horario:

☐ MSL / NOAA-TMY

☐ Solcast TMY

☐ SolarAnywhere® TOY

☐ Solargis TMY

Figura No.31, Selección de Coordenadas Geográficas para el Proyecto

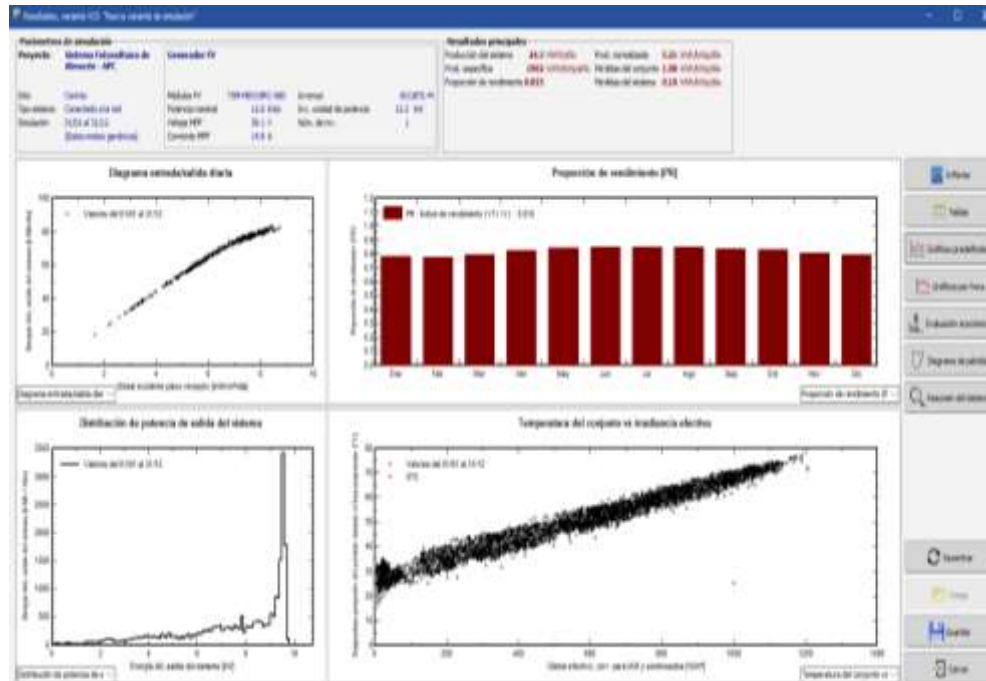


Figura No.32, Rendimiento de Sistema Fotovoltaico de Almacén – Puerto Corinto

Se configura el sistema para 2 cadenas de módulos fotovoltaicos de 11 paneles respectivamente con potencia de 579.9Wp totalizando 12.7kwp.

Figura No.33, Selección de Módulo Solar Fotovoltaico



Figura No.34, Dimensionado y Compatibilidad del Sistema Solar Fotovoltaico

➤ Mediciones Eléctricas

Con el objetivo de verificar el comportamiento y uso de la energía eléctrica se llevó a cabo la instalación de un analizador de redes Fluke modelo 435 II.



Figura No.35, Instalación de Analizador de Red en Almacén - APC



Figura No.36, Medición en Transferencia Eléctrica de Almacén - APC

➤ Análisis de parámetros eléctricos.

Se lleva a cabo el análisis de los parámetros eléctricos, resultados de las mediciones realizadas en el centro de carga principal del área administrativa y operativa de almacén

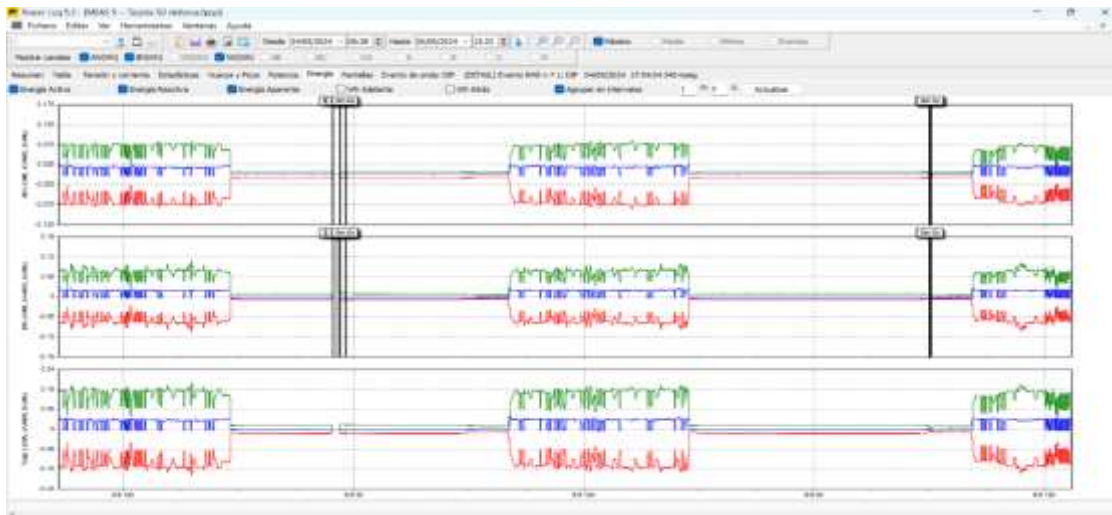


Figura No.37, Comportamiento de la Carga en el Sistema

En esta grafica se puede observar el comportamiento de la carga siendo este atípico, no obstante, se logra apreciar que la demanda de energía se da en un horario de 8:15 am hasta las 17:25 pm. En base a este registro se determina que el tipo de tecnología a implementar en el sistema foto voltaico será un sistema on-grid, es decir conectado a la red, tratando de explotar la potencia de generación de forma más eficiente.

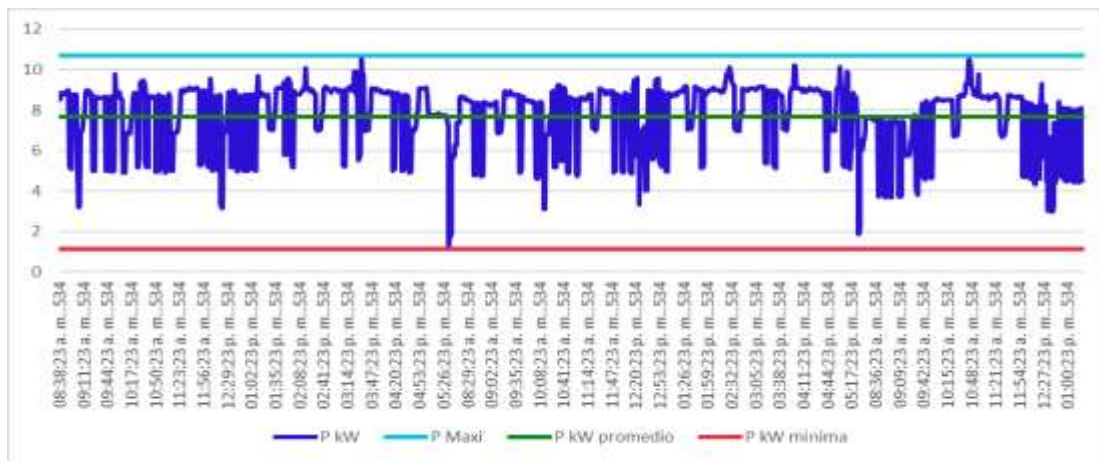


Figura No.38, Análisis del Perfil de Carga de la Administración Portuaria Corinto

El pico de demanda máxima fue de 10.71 kW, y ocurrió el día 6 de marzo a las 10:52:23 a. m. El promedio de demanda fue de 8.9 kW.



Figura No.39, Curva Monótona de Perfil de Carga de Almacén - APC

El límite de potencia de diseño de las mediciones en la curva monótona indica una potencia de 10.3 kW. La potencia de diseño obtenida del análisis de los datos del perfil de carga es de 8.8 kW. Sumando a este resultado se alcanza aproximadamente

los 9.9 kW, la potencia que se usará en el diseño del sistema solar fotovoltaico, bajo las condiciones actuales de operación del puerto será de 12kwhp, ya que se toma en consideración un factor de pérdida de 20% y la configuración de los string, para la instalación de los módulos solares.

➤ **Factibilidad Técnica.**

El presente estudio ha determinado que la implementación de esta fuente de energía renovable es factible técnicamente por lo siguiente:

- a) **Influencia en el consumo energético:** producto de seguimiento al comportamiento del consumo energético tomado como línea base el año 2023, se determinó que el consumo promedio mensual fue de 1,510.75Kwh; y que la participación del sistema foto voltaico en relación con la producción de energía sería del 91.5% es decir una producción mensual de 1,382.13 kWh/mes.
- b) **Disponibilidad de Respuestas:** en la actualidad el mercado nacional cuenta con un número diverso de proveedores que prestan servicios de mantenimiento y suministran repuestos para estos sistemas. Por lo cual existe la flexibilidad para la atención a emergencias y eliminar o disminuir los eventos de paro en la producción de energía. A continuación, detallamos los diversos tipos de paros quienes se han tomado en consideración para este sistema de generación de energía.

Los paros se clasifican de la siguiente forma:

Paros Propios.

Son aquellos que son originarios del mismo sistema de producción y sobre los cuales se pueden tomar acciones inmediatas para su corrección, estos se subdividen en:

- a) **Averías:** Son los paros causados por daño o falla que se presenta en el proceso productivo que impide el correcto funcionamiento
- b) **Reparaciones:** Son eventos de paro ajenos a un paro programado para ejecutar acciones de forma extraordinaria cuando se detecta una falla, que de no atenderse de forma oportuna puede ser crítica, estas actividades se planifican.
- c) **Protecciones:** Son aquellos paros que presentan por la activación de mecanismos de resguardo o seguridad dispuestos en los equipos.

Paros ajenos.

No son atribuidos al sistema de producción y se clasifican en:

- a) **Externos a la planta:** Son los paros que se originan en el área exterior de la planta, tales como: condiciones atmosféricas.

Paros programado

Son aquellos que ya tienen planificadas las fechas de las paradas o suspensión de los procesos productivos.

Impactos de los eventos de paro.

Ahora bien, vamos a enlistar los posibles impactos de los eventos de paro, afectan producción de energía:

- a) Pérdidas de producción.
- b) Retraso en los programas de producción.
- c) Pérdidas económicas.
- d) Riesgos de seguridad.
- e) Altos costos en las reparaciones por sobretiempos y compras de emergencia.
- f) Disponibilidad del personal calificado.
- g) Baja disponibilidad de repuestos prolonga el tiempo de paro.
- h) Tensión laboral entre el personal de operaciones.
- i) Ambiente de trabajo estresante y de mucha presión.
- j) Reparaciones bajo presión que pueden generar fallos a futuro.

Calidad de materiales utilizados.

La calidad de los elementos utilizados nos garantiza durante muchos años la máxima eficiencia sostenible de la planta fotovoltaica en todos los ámbitos de aplicación. Por otra parte, los equipos seleccionados son sometidos a pruebas exhaustivas durante las fases de desarrollo, a través de diversas simulaciones las cuáles se toma en cuenta las diferentes condiciones ambientales y de conexión a la red, hacen que los dispositivos envejezcan artificialmente y ponen a prueba su compatibilidad electromagnética. Esto no solo garantiza la alta calidad de los productos, sino también que cumplan con todos los estándares y normas internacionales. Con el propósito de identificar las fortalezas, las oportunidades, las debilidades y las amenazas, a fin de desarrollar un plan estratégico de mantenimiento se ha preparado dicho elemento para garantizar el buen funcionamiento del mismo.

FODA – Sistema Solar Fotovoltaico – Puerto Corinto	
Fortalezas	Debilidades
La energía que se genera y emplea es renovable, es decir cuida el medio ambiente y contribuye al rendimiento energético.	La producción de energía está limitada a las horas sol, en los tiempos de generación.
No requiere mantenimientos especiales.	Requiere de espacios amplios para su instalación
No es contaminante.	
Alta vida útil de los módulos solares.	
Oportunidades	Amenazas
Oportunidades de ahorro energético y económico.	La producción de energía depende de las condiciones climatológicas.
	Las actividades de descarga de los productos a granel reducen la capacidad de producción de energía eléctrica, por las partículas de polvo en el medio ambiente.

Tabla No. 01, FODA del Sistema Fotovoltaico – Puerto Corinto.

6.5.3 Análisis Económico y Evaluación de Viabilidad

Para determinar si la propuesta del sistema fotovoltaico tendrá mayor viabilidad económica, se realizó el estudio de factibilidad usando el método VAN puesto que, este método, tiene en cuenta el valor del dinero en el tiempo y el TIR, que es la Tasa

Interna de Retorno es la tasa de interés o de rentabilidad que nos ofrece una inversión. Así, se puede decir que la Tasa Interna de Retorno es el porcentaje de beneficio o pérdida que conllevará cualquier inversión.

El desarrollo de dicha evaluación consistió en la siguiente manera

- 1) Se determinó el costo de inversión inicial.
- 2) Se estableció un periodo de tiempo a evaluar.
- 3) Se estimó el flujo de caja o flujo de ingresos para cada periodo de tiempo tomando en consideración indicadores claves como lo es la devaluación de la moneda, la inflación y el crecimiento del PIB.
- 4) Se fijó la tasa de descuento correspondiente.
- 5) Se interpretó el resultado del VAN.
- 6) Se realiza el cálculo del TIR.

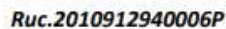
Análisis de Costos de Materiales del Proyecto	
“Sistema Fotovoltaico en Bodega de Almacén Puerto Corinto”	
Costos Fijos	Costo Unitario (córdobas)
Soporte y Construcción	C\$36,620.00
Inversor, Cajas de Distribución y Cableado	C\$143,916.60
Paneles FV y material de Instalación (USD \$)	C\$229,698.95
Total, conexión con la red del cliente (cable de conexión, mano de obra)	C\$63,718.80
Inversión	C\$474,010.00
Costos por mantenimiento (15%)	C\$71,093.15
Tasa de Inflación (4%)	C\$2,843.73
Tasa de Devaluación (3%)	C\$2,132.79
Egresos	C\$76,078.56
Capacidad de la Planta (kWp)	C\$369.86
Horas de Producción Anual (h)	C\$71,287.06
Producción Anual (kWh)	C\$719,997.90
Precio por kWh (\$0.29)	C\$208,799.55
PIB del 2024 (4.7% BCN)	C\$9,813.43
Ingresos	C\$218,638.65
Tasa de Descuento	0.07
VAN	C\$1,107,263.19
TIR	34%

Tabla No.02, Análisis de Costos de Materiales del Proyecto

Años	Ingresos	Egresos	Flujo Neto
2025	C\$218,638.65	C\$0.00	C\$218,638.65
2026	C\$218,638.65	C\$76,078.56	C\$142,560.09
2027	C\$218,638.65	C\$76,078.56	C\$142,560.09
2028	C\$218,638.65	C\$76,078.56	C\$142,560.09
2029	C\$218,638.65	C\$76,078.56	C\$142,560.09
2030	C\$218,638.65	C\$76,078.56	C\$142,560.09
2031	C\$218,638.65	C\$76,078.56	C\$142,560.09
2032	C\$218,638.65	C\$76,078.56	C\$142,560.09
2033	C\$218,638.65	C\$76,078.56	C\$142,560.09
2034	C\$218,638.65	C\$76,078.56	C\$142,560.09

Tabla No.03, Proyección de Ingresos y Egresos para Sistema Fotovoltaico en Almacén – Puerto Corinto

Por lo tanto, la tasa de interés de retorno supera el costo capital, por lo cual dicha propuesta de instalación solar fotovoltaica con capacidad de 10.1kwp (efectivos), tiene inversión inicial de C\$474,010.00. Al realizar un análisis económico de la inversión se verifica que este proyecto es económicamente viable, es decir que la inversión inicial se estaría pagando a mediados del año #04, con un retorno de inversión de C\$553,982.46.



OFERTA

N° 0046

Cedula:

NOTA: REALIZAR TRANSFERENCIA BANCARIA



CLIENTE: ABELARDO BLANDON
CONTACTO: ABELARDO BLANDON
N° RUC/CED ID:
DESCRIPCION: SISTEMA SOLAR DE AUTOCONSUMO A RED
DESCRIPCION: CON GENERACION SOLAR DE 12KWPH

FECHA: 5/04/2025
N° DE CONTACTO:
CORREO ELECTRONICO:
PROFORMA #

CANTIDAD	CODIGOS	DESCRIPCION DEL PRODUCTO	PRECIO UNITARIO	MONTO TOTAL
22	01-106PST570DE19	PANEL SOLAR TRINA 575 - TMS TRINA DE 19R	\$ 156.00	\$ 3,432.00
1	04-109S6EH1P11.4	INVERSOR HIBRIDO SOLIS-S6-EH1P11.4K-H-US 12KW 120/240VAC	\$ 3,770.00	\$ 3,770.00
1	04-E18WIFSTDLS	Wifi Stick with web based monitoring	\$ 80.00	\$ 80.00
1	04-K1CTSA100A	TRANSFORMADORES DE CORRIENTE CTSA016-100A/ 33.33mA Mini Split-core	\$ 80.00	\$ 80.00
1		Soporte Chico Modulos Solares	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00
1		Materiales Electricos	\$ 1,600.00	\$ 1,600.00
1		Mano de obra	\$ 1,600.00	\$ 1,600.00
1		Transporte al sitio	\$ 140.00	\$ 140.00
				\$ 11,702.00
				\$ 1,240.50
Monto Total Cotizado de Contado				\$ 12,942.50

Condiciones Generales de Ventas:

Precios:	Neto en \$ dólares
Descuentos:	Incluidos
Período de Validez:	15 días
Forma de Pago:	Prepago
Efectivo o transferencia	efectivo o transferencia bancaria
Entrega:	Con previa confirmación
RUC ECAMI S.A.	J0310000155011

ECAMI S.A: Departamento Comercial
Asesor Comercial Hazzel Jiron
Correo Vendedor:
Teléfono: 23419048
Celular: 84735033

- NOTA:**
1. Nuestros paneles solares están exentos de IVA, según ley 532
 2. Oferta estimada, sombreada en amarillo lo puede adquirir con tarjeta de crédito
 3. Los materiales deben de pagarse de efectivo servicios por Mano de Obra se deben cancelar de forma anticipada
 4. Estamos exentos del 2% de retención de IR por ser grandes contribuyentes



Análisis de Afectaciones al Medio Ambiente	Valoración	
	Si	No
Deforestación		
Se requiere tala de árboles para la instalación de los paneles fotovoltaicos		X
Hábitat de Especies		
Afectación al Ecosistema de Especies Locales		X
Existen Vertidos de Sustancias Peligrosas al Medio Ambiente		X

Tabla No.04, Valoración de Afectaciones Ambientales para Sistema Fotovoltaico en Almacén – Puerto Corinto

6.5.4 Evaluación de Eficiencia Energética y Beneficios Ambientales

La importancia de los temas medioambientales en la sociedad actual es cada vez mayor, desde ese punto de vista de la administración portuaria de corinto se ha propuesto generar energía eléctrica obtenida a partir de la luz solar, ya que siempre va a ser limpia, verde e infinita, lo que resulta en gran beneficio al medioambiente, con respecto a las fuentes de energía convencionales, ya que reduce de manera significativa la huella de carbono y los gases de efecto invernadero a consecuencia del uso de combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica, sumado a esto la ubicación de los paneles solares, no genera un impacto negativo al ecosistema local.

➤ **Beneficios ambientales**

Con el fin de evaluar los beneficios medio ambientales por la implementación de fuentes de energía eléctrica renovable (sistemas foto voltaico SFV), se utilizará la metodología de cálculo del porcentaje de emisión de CO₂ y gases de efecto invernadero, por el uso de la energía convencional de la Red del Sistema Energético Nacional, a partir de la generación de energía por el uso de combustibles fósiles.

El beneficio ambiental de los sistemas fotovoltaicos es la baja generación de RAEE (Residuos eléctricos y electrónicos), los tipos de residuos por mantenimiento son

poco significativo, no se producen residuos peligrosos (aceites quemados, hilazas contaminadas), los cambios/reposición de componentes eléctricos se pueden realizar en un periodo de uso de 10 a 25 años.

Año	Consumo (kwh)	Proyección de Reducción (kwh)	% Reducción (kwh)	Generación de CO ₂ por consumo de la red Eléctrica Convencional (ton)	Reducción de Generación CO ₂ (Ton)
2020	19,755	-	-	-	-
2021	19,875	-	-	-	-
2022	23,152	-	-	-	-
2023	18,129	-	-	-	-
2024	19,828	-	-	-	-
2025	19,667	19,661	99.97%	0.03	93.19
2026	19,507	19,661	100.79%	-0.72	93.19
2027	19,347	19,661	101.62%	-1.48	93.19
2028	19,187	19,661	102.47%	-2.23	93.19
2029	19,027	19,661	103.33%	-2.98	93.19
2030	18,867	19,661	104.21%	-3.73	93.19

Tabla No.05, Cálculos de Emisiones de CO₂ que se deja de Emitir por la reducción en el Consumo de Energía Eléctrica Convencional

Tomando como referencia el factor de emisión de CO₂ 0.474 Ton CO₂ / MWh, Podemos decir que, para el año 2025 los valores de consumo en las emisiones de CO₂ 0.03 Ton/año de la red comercial; y la proyección anual de reducción de CO₂ será 93.19 Ton, a través de la generación de energía de los sistemas fotovoltaico.

➤ **Beneficios Económicos.**

El presente estudio ha identificado que, a partir del año 2025, hasta el año 2030, se observa un descenso en el consumo de energía eléctrica y en la demanda de esta. Este comportamiento representará un ahorro económico acumulado de C\$ 236,539.75.

Se afirma que la implementación de este sistema de generación de energía eléctrica a través del sistema fotovoltaico, además de una eficiencia medio ambiental refleja una convergencia entre la factibilidad tecnológica (producto amigable al medio ambiente) con la factibilidad medio ambiental, mediante un ahorro económico acumulado, desde el periodo 2025, hasta 2030.

➤ **Beneficio Social.**

La toma de decisión generará un aporte a la comunidad local de la ciudad de corinto quien cuenta con 18,500 habitantes.

Entre los beneficios sociales encontramos:

Mejora de la Salud: Con sistemas de generación de energía fotovoltaica, se disfruta de una calidad de aire más limpio por ende la salud del Ser Humano, no se ve afectada por emisiones de gases a la atmosfera ni por vertidos de sustancias liquidas químicas al suelo y agua.

Contaminación Acústica: los sistemas de generación de energía fotovoltaica no generan este tipo de contaminación.

6.5.5 Elaboración del Plan de Implementación y Documentación Final

La recopilación, análisis y seguimiento de los datos generados permiten demostrar la capacidad de las acciones de mejora a implementar para el ahorro de energía y la reducción de CO₂, a su vez estas serán utilizadas, para evaluar dónde puede realizarse la mejora continua en otras áreas del puerto. Tal es el caso implementación de fuentes de energía renovables (sistemas fotovoltaicos).

En los registros de facturación del NISS 2243666 pertenecientes al área administrativa y operativa del almacén se registró en el año 2020 un consumo anual promedio de energía eléctrica de 1,646.25 kW para una facturación anual promedio de C\$18,391.42. Para el año 2021 se registra un consumo promedio de 1,656.25

kWh anual para una facturación promedio C\$19,848.46. En el año 2022 se registró un consumo promedio de 1,929.33 kWh anual con un costo de facturación promedio de C\$20,895.06. En los registros obtenidos en el periodo 2023 se registra un consumo promedio de 1510.75 kWh para una facturación promedio de C\$ 16,787.58.

A partir de los análisis realizados en los registros de consumo de energía eléctrica del NISS 2243666 perteneciente al área operativa y administrativa de almacén se ha logrado determinar como base el año 2020 para el presente estudio. Se ha observado un crecimiento en el consumo de energía eléctrica de 0.6% el año 2021, y un 14% para al año 2022 en relación con el año base. A raíz de este crecimiento como parte del sistema de gestión indicadores de energía eléctrica se llegaron a implementar prácticas de eficiencia energética en el área operativa y administrativa de almacén como lo fue el reemplazo de tecnologías de iluminación y climatización por equipos de mayor eficiencia alcanzando un reducción en el consumo de energía eléctrica del 27.27% en relación al año 2022 y un 8.9% de reducción en el consumo de energía eléctrica en el año 2020 con relación al año 2023.

Se afirma que la integración de este sistema de generación de energía limpia y renovable, (sistema foto voltaico), cuya capacidad de producción es de 10.1kWhp, tiene inversión inicial de C\$474,010.00; este valor de inversión es proyectado a 20 años y que además tendrá un impacto positivo en el ahorro económico para la empresa, refleja una convergencia entre la factibilidad tecnológica y la factibilidad medio ambiental, ya que mediante el ahorro de C\$236,539.75 córdobas, también se dejara de emitir 559.16 toneladas de CO₂ valor acumulado desde el periodo 2025, hasta el año 2030, esto por la implementación de tecnología limpia de una fuente renovable e infinita y que no produce ninguna contaminación de acústica ni contaminación vertidos de sustancias liquidas peligrosas para el medio ambiente, contribuyendo significativamente a la reducción del calentamiento global.

Los resultados obtenidos por el equipo de trabajo dan continuidad al círculo de calidad, que se organizaron dentro de APC, para abordar problemas y análisis de fallas, calidad de energía, costos de consumo, alternativas de fuentes de energía renovable.

Se realizó diseño de acorde a las instalaciones eléctricas existente o a la infraestructura, todos los equipos, herramientas y mano de obra necesaria, para la correcta realización de los trabajos eléctricos.

- 1) Panel (es).
- 2) Inversores.
- 3) Transformadores
- 4) Circuitos derivados
- 5) Accesorios eléctricos
- 6) Canalizaciones.
- 7) Conductores eléctricos.

Teniendo en consideración todo esto los material y equipo será nuevo, de compañía acreditada y aprobada por VDE, UL, CSA de Alemania, USA, Canadá o por asociaciones similares.

Se aceptarán materiales y equipos no aprobados por las sociedades arriba mencionadas. Todo el equipo y materiales deberán estar protegidos contra el clima tropical. Todo equipo o material defectuoso o dañado durante su instalación o prueba será remplazado a plena satisfacción de EL SUPERVISOR, sin costo adicional para EL DUEÑO.

Notas de Instalación:

Todos los componentes deben de ser de acero inoxidable resistencia al ambiente salino y con certificación mínima VDE, UL, CSA.

Todo el personal debe de contar con EPP + seguro obligatorio para el ingreso y trabajos en el sitio.

Calidad de los materiales

- La pernería para utilizar será de acero inoxidable para evitar óxido entre puntos de conexión o cualquier punto de esfuerzo mecánica.
- El contratista deberá garantizar el aislamiento entre conductores o barra eléctricos.

- En caso de no cumplir con entera satisfacción no se darán por recibido los trabajos realizados.
- Con excepción de los paneles solares, todos los equipos se instalan en un sitio protegido de la intemperie, seco, fresco, ventilado y sin polvo.
- La instalación debe ser protegido contra todos los riesgos para evitar daños a otros y al sistema mismo, sobre todo que las personas, no puedan manipular los equipos para que no sucedan accidentes.

Trabajos en altura.

En todas las actividades a realizar en altura se deberá garantizar los medios de seguridad como también garantiza la seguridad de los bienes instalados.

Conductores eléctricos.

La supervisión deberá asegurar que Los Conductores eléctricos sean nuevos para evitar pérdidas y daños en las instalaciones. Las conexiones deben ser seguras y hacer uso de terminales adecuados.

Sistema de tierra.

La supervisión deberá asegurar que todo el sistema eléctrico este aterrizado según lo establezca el código CIEN. Además, se examinarán los sistemas para su correcta operación. Al terminarse la obra se efectuarán pruebas para identificar posibles corto circuitos o fallas a tierra. La resistencia de aislamiento deberá ser igual o superior a lo exigido en el Código Eléctrico CIEN.

Uno de los retos que implica la instalación de un sistema fotovoltaico es garantizar de manera continua la producción de energía eléctrica durante el día y este se logra a través de la implementación de los mantenimientos. El mantenimiento de instalaciones fotovoltaicas es una actividad esencial para lograr los máximos rendimientos y alargar la vida útil de la instalación. Para el cual se ha identificado los tipos de mantenimiento que se realizan para los sistemas:

El mantenimiento preventivo de módulos fotovoltaicos es aquel mantenimiento que tiene como primer objetivo evitar o mitigar las consecuencias de los fallos o averías

de un sistema en la instalación solar fotovoltaica. Trata de prevenir las incidencias antes de que estas ocurran. Las ventajas del mantenimiento preventivo son, entre otras: detectar fallos repetitivos, disminuir los puntos muertos por paradas, aumentar la vida útil de equipos, disminuir coste de reparaciones, y detectar puntos débiles en la instalación. El mantenimiento preventivo en general se ocupa en la determinación de condiciones operativas, de durabilidad y de confiabilidad de los equipos que componen la instalación fotovoltaica.

Todas estas actividades se describen con detalle en el plan de mantenimiento preventivo y correctivo fotovoltaico de la planta. Este plan estará correctamente planificado y se realizará un seguimiento para verificar su cumplimiento y alcanzar los objetivos definidos.

Como parte de este estudio se realiza un plan de mantenimiento como parte de las recomendaciones.

6.5.5.6 Mantenimiento preventivo de instalaciones fotovoltaicas.

Las actividades que se deben realizar son:

Tabla No.06, Plan de Mantenimiento Preventivo Sistema Foto Voltaico– Puerto Corinto

Nº	Actividades a Realizar	Semanal	Mensual	Trimestral	Semestral	Anual
Paneles Fovovoltaicos.						
1	Limpieza de Paneles Solares Fovovoltaicos (Acumulación de Polvo y Suciedad).				x	
2	Inspección Visual de Módulos Fovovoltaicos (Verificación de tornillos de fijación y soportes de montaje).		x			
3	Verificación de estado de barras colectoras (Libres de Corrosión).		x			

4	Comprobación de Temperatura en módulos fotovoltaicos.			x		
5	Inspección de cableado y puntos de conexión provenientes de las celdas solares.			x		
6	Comprobación de los materiales aislantes de la caja de conexiones para verificar la ausencia de grietas.				x	
7	Verificación de fugas eléctricas a tierra.				x	
8	Comprobación del estado de los módulos (Detección de módulos dañados).					x
9	Revisión de los anclajes sobre la estructura de apoyo.					X
Inversor Eléctrico.						
10	Comprobación del estado del inversor (Funcionamiento, leds de señalizaciones, alarmas).					x
11	Inspección de protecciones eléctricas (Fallas de aislamiento, así como de sus periodos de actuación).					x
12	Pruebas de arranque y parada en distintos instantes de funcionamiento.					x
Cableado y Transformadores.						
13	Comprobación del estado mecánico de cables y terminales (incluyendo cables de tomas de tierra y reapriete de bornes).				X	
14	Supervisión del estado de conexiones con pruebas de funcionamiento y test de validación.				X	

15	Medición de resistencias a tierra de los circuitos establecidos.				X	
16	Relaciones de los Transformadores de Intensidad del equipo de protección.				X	
17	Confirmación de los accionamientos mecánicos de los seccionador.				X	
18	Limpieza y lubricación de los contactos y mecanismos.				X	
19	Limpieza y mantenimiento de elementos de la estación transformadora (C.T): conexiones, disyuntores, cables y barras, equipos de protección y control, cuadros de señalizaciones, etc.				X	
20	Comprobación de los aislamientos de cámaras en Interruptores automáticos.				X	
Data-Manager y Switch de Comunicación.						
21	Comprobación del sistema de monitorización (Adquisición de datos).			X		
22	Comprobación de las sondas de temperatura y radiación.			X		
23	Comprobación del funcionamiento de los sistemas de transmisión de los datos.			X		
24	Comprobación de ausencia de interferencias. Verificar que los elementos no alteren la emisión y recepción de señales de control y operación.			X		

6.5.5.7 Aspectos de seguridad para los mantenimientos al sistema fotovoltaico.

A continuación, se detallan recomendaciones para la ejecución de mantenimiento preventivos y correctivos en los sistemas solares. Las principales medidas de seguridad que se deben aplicar en el mantenimiento preventivo de módulos fotovoltaicos son:

- 1- Utilice siempre un casco protector, guantes aislantes y calzado de seguridad (con suelas de caucho).
- 2- No desembale el módulo fotovoltaico hasta el momento de su instalación.
- 3- No toque el módulo fotovoltaico más de lo necesario durante la instalación. La superficie del cristal y el marco pueden estar calientes. Existe el riesgo de quemaduras y descarga eléctrica.
- 4- No realice la instalación si llueve, hace mucho viento.
- 5- No realice ningún trabajo si los terminales del módulo fotovoltaico están mojados.
- 6- Utilice herramientas aisladas que estén secas.
- 7- Al instalar los módulos fotovoltaicos, procure no dejar caer ningún objeto (p. ej., los módulos o las herramientas).
- 8- Asegúrese de que no haya ninguna fuente de gases inflamables cerca del lugar de instalación.
- 9- Inserte los conectores de interconexión completa y correctamente.
- 10- Compruebe todas las conexiones.
- 11- El cable de interconexión debe ir sujeto firmemente al marco del módulo de manera que el conector no arañe ni choque contra la lámina posterior del módulo.
- 12- No toque la caja de conexiones ni el extremo de los cables de interconexión (conectores) durante la instalación o bajo la luz del sol, independientemente de que el módulo fotovoltaico esté conectado o desconectado del sistema.
- 13- No exponga el módulo fotovoltaico a cargas excesivas en su superficie ni doble el marco.
- 14- No golpee ni someta a una carga excesiva el cristal o la lámina posterior ya las células podrían romperse o agrietarse.

- 15- Durante el funcionamiento, no utilice herramientas puntiagudas para limpiar la lámina posterior y el cristal. Esto dañaría el módulo.
- 16- No taladre el marco a fin de evitar la corrosión de este.
- 17- Se recomienda no pisar los módulos, ya que podría provocar daños en los mismos. Además de poner en peligro la propia seguridad del trabajador.

6.5.5.8 Riesgos más habituales durante el mantenimiento de instalaciones fotovoltaicas.

Caída de altura: Las superficies y zonas de trabajo en altura tienen ciertos elementos singulares que por su diseño, ejecución y funcionalidad son consideradas peligrosas. Este es uno de los orígenes de accidentes de los operadores más común.

Línea de anclaje de los arneses: Un riesgo habitual es que las líneas de anclaje que están instaladas sobre las cubiertas carecen de los elementos de seguridad legales. Estos son: documentación específica sobre su uso, certificación de fabricante y notas de cálculo para calcular los esfuerzos mecánicos que eran capaces de soportar. Otro riesgo en este aspecto es la falta de carteles o señales que indican a los operadores sobre los requisitos de uso.

Podemos decir que el impacto que produce las fuentes de generación fotovoltaica tiene una representación del 91.5% en la reducción de consumo de energía y la disponibilidad de elemento que conllevan a la ejecución de mantenimientos preventivos o correctivos, estos planes de mantenimientos permiten reducir los tiempos de paro, dando como resultado una efectividad en la producción de energía eléctrica.

VI. Conclusiones

Se llevó a cabo un estudio detallado del consumo energético histórico del almacén, que incluyó una evaluación técnica de la carga eléctrica existente. Los resultados demostraron que las condiciones son permisibles para integrar un sistema fotovoltaico sin requerir modificaciones mayores.

A través de datos de irradiación solar de la zona y el análisis del perfil de carga del almacén, se diseñó un sistema fotovoltaico con capacidad de 12.6kW para cubrir su consumo. Se detallaron la cantidad de paneles necesarios, su disposición, tipo de inversor y demás componentes.

El análisis económico reflejó que la inversión inicial es recuperable en un período razonable mediante el ahorro mensual en la factura eléctrica. Se consideraron también los costos de mantenimiento, la vida útil del sistema y la proyección del ROI, en base a los costos iniciales de implementación, los ahorros en facturación eléctrica a lo largo del tiempo y el potencial retorno de la inversión, lo que permitió sustentar con claridad la viabilidad financiera del proyecto.

La implementación del sistema permitirá reducir considerablemente el consumo de energía proveniente de la red, lo cual se traduce en una baja en los costos operativos mensuales. Además, se estimó una importante reducción de emisiones de CO₂, contribuyendo a los objetivos ambientales de sostenibilidad energética.

Se propuso un plan de implementación que incluye el cumplimiento de normativas nacionales, y recomendaciones para el mantenimiento preventivo y correctivo. Esto garantiza la durabilidad y funcionamiento eficiente del sistema a largo plazo.

Los resultados obtenidos indican que la implementación de energía solar fotovoltaica en el área operativa y administrativa de la Bodega de Almacén de la

Empresa Portuaria Nacional en Puerto Corinto es una alternativa viable desde el punto de vista técnico y económico.

Se prevé que esta transición no solo contribuirá a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero de manera indirecta, sino que también generará ahorros significativos mediante la implementación de tecnología eficiente en sistemas de iluminación y climatización influyendo en la reducción de costos operativos a lo largo del ciclo de vida del sistema solar.

VII. Recomendaciones

1. Se recomienda reemplazar los sistemas de iluminación, climatización y equipos ofimáticos obsoletos por tecnologías más eficientes y compatibles con el sistema fotovoltaico para maximizar el ahorro energético y el rendimiento del proyecto.
2. Se propone la valoración de instalación del sistema fotovoltaico on-grid de 12.6 kWp, dado que el análisis técnico y económico demostró su viabilidad, es posible proceder con la propuesta de instalación del sistema conectado a la red, asegurando que cubra el 100% del consumo diurno del almacén, optimizando así los beneficios económicos y ambientales.
3. Implementar un programa de mantenimiento preventivo riguroso para garantizar la durabilidad y eficiencia del sistema, es fundamental establecer un plan de mantenimiento regular que incluya inspección de paneles, limpieza, revisión del inversor y componentes eléctricos, así como el monitoreo continuo del desempeño energético.
4. Se recomienda hacer un seguimiento periódico del VAN y la TIR para confirmar que se cumplen las expectativas financieras, así como medir el ahorro en costos operativos para evaluar el impacto real del sistema en el presupuesto.
5. Promover la reducción anual estimada de 93.19 toneladas de CO₂ como un compromiso institucional con la sostenibilidad ambiental, comunicando estos logros a la comunidad y autoridades para fortalecer la imagen corporativa y apoyar futuras iniciativas de energías renovables.
6. Realizar capacitaciones para el personal encargado de la operación y mantenimiento del sistema fotovoltaico, asegurando que cuenten con los conocimientos necesarios para detectar posibles fallas y optimizar el uso de la energía generada.
7. Considerar en el plan estratégico la posibilidad de expandir la capacidad del sistema o implementar baterías para almacenamiento, en caso de que el almacén amplíe sus operaciones o cambien los horarios de trabajo, para seguir mejorando la eficiencia energética.

VIII. Referencias Bibliográficas

AXITEC, LLC AC-320P/156-72S | EnergySage.
<https://www.energysage.com/solar-panels/axitec-llc/46/ac-320p156-2s/>

Communications. (2024, 5 marzo). ¿Qué es la eficiencia energética y cómo se calcula? BBVA NOTICIAS. <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-la-eficiencia-energetica-y-como-se-calcula/>

Cordero, R. G. (2023). Tipos de placas solares SunFields. Empresa de Placas y Equipos Solares. <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/tipos-de-placas-solares/>

Cruz, L. (2021). Diseño de instalación de un sistema fotovoltaico en red para bajar el consumo eléctrico del local comercial Restobar Jiz. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/17986>

Enertik México. (2024, 10 diciembre). Riel para montaje de panel solar 4800mm - Enertik México. <https://enertik.com/mx/tienda/fotovoltaica/sistemas-de-montaje-para-paneles-solares/con-riel-para-superficies-planas/riel-para-montaje-de-panel-solar-4800mm/>

Hilcu, M. (2023). Placas solares monocristalinas: características y precios. Otovo Blog. <https://www.otovo.es/blog/placas-solares/placas-solares-monocristalinas/>

INTEVA - Energía Solar. (2020, 28 mayo). Sistemas On grid - INTEVA - Energía solar - Asesoramiento y venta de equipos solares - Argentina. <https://inteva.com.ar/sistemas-on-grid/>

J. A. Carta González, R. Calero Pérez, A. Colmenar Santos y M. A. Castro Gil, Centrales de Energías Renovables, Madrid: Pearson, 2009. Paneles solares policristalinos | AutoSolar. (s. f.). <https://autosolar.es/paneles-solares/paneles-solares-policristalinos>

López, B. D. (2017, 22 mayo). Instalan planta solar de 12,5 MW con módulos Recom en Nicaragua. pv magazine Latin America. <https://www.pv-magazine-latam.com/2017/05/22/instalan-planta-solar-de-125-mw-con-modulos-recom-en-nicaragua/>

Molina, A. (2022). Proyecto de despliegue de infraestructura de tecnología fotovoltaica para el servicio de energía eléctrica en el municipio de Bocana de Paiwas, Región Autónoma del Atlántico Sur RAAS. Universidad Nacional de Ingeniería. <http://ribuni.uni.edu.ni/4682/>

Obando. R., & Hernández, C. (2020). Diseño de un sistema solar fotovoltaico para la electrificación de la escuela Edwing Baltodano de la comarca la Aurora los Ángeles municipio de Bluefields. Repositorio Institucional de la UNI. <https://descubridor.uni.edu.ni/Record/4079/Description#details>

Paneles solares monocristalinos y policristalinos. Sunhero. (s. f.). <https://www.sunhero.com/blog/las-diferencias-entre-los-paneles-solares-monocristalinos-y-policristalinos/>

Poclin, E. (2021). Diseño y análisis de un sistema de paneles fotovoltaicos para la alimentación eléctrica de extractores helicocentrífugos en una de las instalaciones del nuevo Hospital de Moquegua. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/16737>

R. H. Sampieri, Metodología de la Investigación, México D.F: Mc Graw Hill - Education, 2014.

Ríos Córdoba, G. J., & Torres Acevedo, O. A. (2022). Diseño de un sistema fotovoltaico para auto consumo del edificio de los Magistrados de la Corte Suprema de Justicia. Universidad Nacional de Ingeniería. <http://ribuni.uni.edu.ni/4660/>

Rivera Lumbi, H. J., & Poveda Gutiérrez, R. de L. Á. (2019). Estudio técnico-económico de un sistema fotovoltaico híbrido para el Instituto Oftalmológico

Munguía en el departamento de Managua. Universidad Nacional de Ingeniería.
<http://ribuni.uni.edu.ni/2724/>

Sistema Solar ON GRID (inyección a la red) – ENERGIA SOLAR SURYA.
(s. f.). <https://www.energiasolarsurya.com/sistemas-de-energia-solar/sistema-solar-on-grid-inyeccion-a-la-red/>

SMA Sunny Tripower STP24000TL-US-10 24KW Inverter.
Solaris. <https://www.solaris-shop.com/sma-sunny-tripower-stp24000tl-us-10-24kw-inverter/>

SMA Data Manager M Powered by EnnexOS. SMA Solar.
(s. f.). <https://www.sma.de/es/productos/monitorizacion-y-control/data-manager-m#c388>

Solargis. (s. f.). Global Solar Atlas. The World Bank
Group. <https://globalsolaratlas.info/map>

SotySolar. (2023, 31 enero). Monocristalinos vs policristalinos ¿Cuál escoger?
SotySolar. <https://sotysolar.es/placas-solares/monocristalinas-policristalinas>

Stackhouse, P. (s/f). POWER. Nasa.gov. Recuperado el 31 de mayo de 2024,
de <https://power.larc.nasa.gov/beta/data-access-viewer/>

Sun-Supply. (2021, 2 julio). Componentes de un sistema de energía solar. Sun
Supply. <https://www.sunsupplyco.com/componentes-de-un-sistema-de-energia-solar/>

Teknosolar. (2018, 3 enero). ¿Qué es y cómo funciona un inversor
solar? TeknoSolar
Community. <https://www.teknosolar.com/community/index.php?p=/discussion/14/que-es-y-como-funciona-un-inversor-solar>

Universidad Europea. (2024, 6 febrero). ¿Qué es la eficiencia
energética? <https://universidadeuropea.com/blog/eficiencia-energetica/>

https://www.camara.es/sites/default/files/generico/steep_training_material_for_smes_spanish_0.pdf

IX. Anexos



MÓDULO MONOCRISTALINO MONOFACIAL

PRODUCTO: TSM-DE19R

RANGO DE POTENCIA: 560-580W

580W

POTENCIA MÁXIMA

0~+5W

TOLERANCIA POSITIVA

21.5%

EFICIENCIA MÁXIMA



Alto Valor Añadido

- Menor LCOE (costo nivelado de la energía), reducción del costo de BOS (Equilibrio del sistema), menor tiempo de amortización.
- Baja degradación en el primer año y anual.
- Diseñado para la compatibilidad con los componentes principales del sistema existentes.
- Mayor retorno de la inversión.



Alta Potencia hasta 580W

- Hasta 21.5% de eficiencia del módulo con tecnología de interconexión de alta densidad
- Tecnología Multi-busbar para un mejor efecto de captura de luz, menor resistencia en serie y una mejor colección de corriente.



Alta Confiabilidad

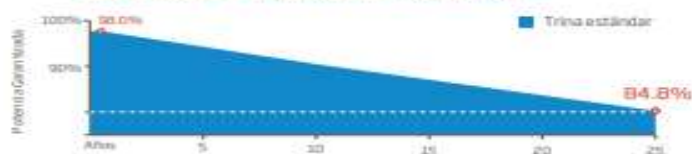
- Microfisuras minimizadas con innovadora tecnología de corte no destructivo
- Resistencia a PID asegurada por el control de materiales y del proceso de fabricación
- Rendimiento mecánico hasta 5400 Pa de carga positiva y 2400 Pa de carga negativa



Alta Generación de Energía

- Excelente desempeño IAM (Modificador de Ángulo Incidente) y de performance en baja irradiación validados por terceros.
- El diseño único proporciona una producción de energía optimizada en condiciones de sombreado entre filas.
- Menor coeficiente de temperatura (-0,34%) y temperatura de funcionamiento

Garantía de Performance Trina Solar



Certificaciones y Estándares Internacionales



IEC 61215/IEC 61730/IEC 61701/IEC 62716/UL 61730

ISO 9001: Quality Management System

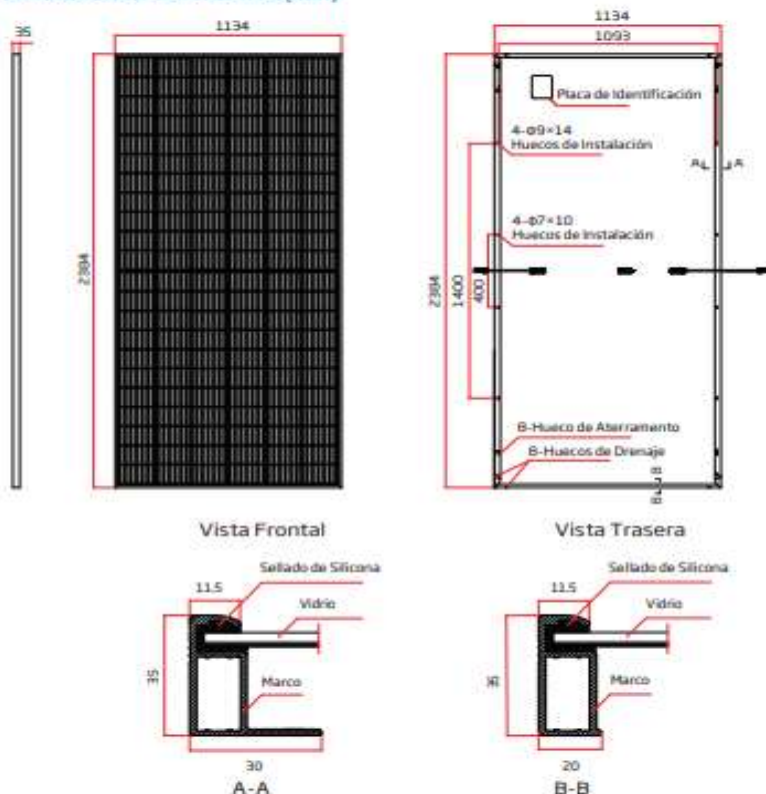
ISO 14001: Environmental Management System

ISO 14064: Greenhouse Gases Emissions Verification

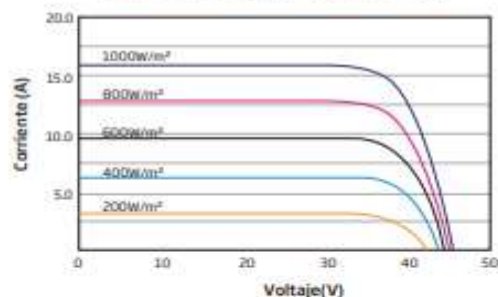
ISO 45001: Occupational Health and Safety Management System

Trina solar

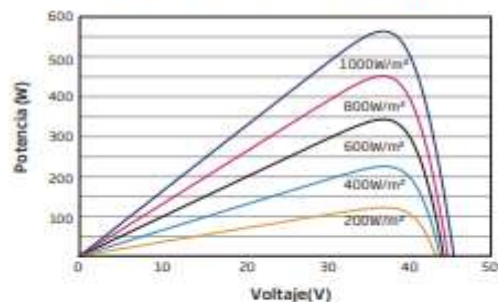
DIMENSIONES DEL MÓDULO (mm)



CURVAS I-V DEL MÓDULO (570 W)



CURVAS P-V DEL MÓDULO (570 W)



DATOS ELÉCTRICOS (STC)

Potencia Máxima Watts- P_{max} (Wp)*	560	565	570	575	580
Tolerancia de Potencia- P_{max} (W)			0 ~ +5		
Voltaje Máximo- V_{mpp} (V)	38.0	38.3	38.5	38.8	39.0
Corriente Máxima- I_{mpp} (A)	14.72	14.76	14.79	14.83	14.86
Tensión de Circuito Abierto- V_{oc} (V)	45.3	45.6	45.8	46.1	46.3
Corriente de Corto Circuito- I_{sc} (A)	15.76	15.81	15.85	15.90	15.94
Eficiencia del Módulo η_m (%)	20.7	20.9	21.1	21.3	21.5

STC: Irradiación 1000W/m², Temperatura de Célula 25°C, Masa de Aire AMG 1.5 *Tolerancia de Mediciones: ±2%

DATOS ELÉCTRICOS (NOCT)

Potencia Máxima- P_{max} (Wp)	429	428	431	435	439
Voltaje Máximo- V_{mpp} (V)	35.1	35.3	35.5	35.8	35.9
Corriente Máxima- I_{mpp} (A)	12.06	12.10	12.13	12.17	12.20
Tensión de Circuito Abierto- V_{oc} (V)	42.6	42.9	43.1	43.4	43.6
Corriente de Corto Circuito- I_{sc} (A)	12.70	12.74	12.77	12.81	12.84

NOCT: Irradiación al 800W/m², Temperatura Ambiente 20°C, Velocidad del Viento 1m/s.

DATOS MECÁNICOS

Células Solares	Monocristalina
No. de células	132 celdas
Dimensiones del Módulo	2384×1134×35 mm (93.86×44.65×1.38 pulgadas)
Peso	29.1 kg (64.2 lb)
Cristal	3.2 mm (0.13 pulgadas), Alta Transmisión, Anti-Reflejo, Cristal Temperado endurecido
Material Encapsulante	EVA/POE
Backsheet	Blanca
Marco	35 mm (1.38 pulgadas) Aleación de aluminio anodizado
J-Box	IP 68
Cables	Cable de tecnología fotovoltaica 4.0mm² (0.006 pulgadas²) Retracto: 350/280 mm (13.78/11.02 pulgadas) Puntaje: 1400/1400 mm (55.12/55.12 pulgadas) Largo del cable customizable
Conectores	MC4 EVD2 / TS4*

*Verificar al conector con el proveedor local

COEFICIENTES DE TEMPERATURA

NOCT (Temp. de Operación Nominal en sombra)	43°C (±2°C)
Coefficiente de Temperatura P_{max}	-0.34%/°C
Coefficiente de Temperatura V_{oc}	-0.25%/°C
Coefficiente de Temperatura I_{sc}	0.04%/°C

LIMITES OPERACIONALES

Temperatura de Operación	-40°C ~ +85°C
Voltaje Máximo del Sistema	1500V DC (IEC) 1500V DC (UL)
Capacidad Máxima del Fusible	30A

GARANTÍA

12 Años de Garantía de integridad del producto
25 Años de Garantía de generación de energía
2% Degradación del primer año
0.55% Degradación anual de la energía

(Consulte la garantía de producto para más informaciones)

CONFIGURACIONES DE EMBALAJE

Módulos por caja: 31 unidades
Módulos por Contenedor 40': 620 unidades

S6-EH1P(3.8-11.4)K-H-US

Inversores monofásicos Solis de almacenamiento de energía de alto voltaje

Características:

- Hasta 4 MPPT y 16 A de corriente de entrada de CC permiten flexibilidad en el diseño del conjunto fotovoltaico
- Opciones de optimización, monitoreo a nivel de módulo y apagado rápido disponibles
- RSD externo, señal EPO e interruptor BYPASS disponibles
- Certificación UL 9540 con múltiples marcas de baterías diferentes (LG, BYD, Pylontech, etc.)
- Conexión Bluetooth al teléfono móvil, facilita la configuración y el funcionamiento
- Conmutación automática de UPS y capacidad de sobrecarga de respaldo de sobretensión de hasta 170 % (130 A) y 300 ms para aire acondicionado industrial
- Esquema de acoplamiento de CA inteligente, actualizar fácilmente los sistemas conectados a la red existentes
- Función de respaldo para todo el hogar, integración de generadores y sombreado de carga con el nuevo SolisHub
- Admite la conexión flexible de 1ph y 3ph tanto en la red como en el puerto de respaldo

Modelos:

S6-EH1P3.8K-H-US / S6-EH1P5K-H-US

S6-EH1P6K-H-US / S6-EH1P7.6K-H-US

S6-EH1P8K-H-US / S6-EH1P10K-H-US

S6-EH1P11.4K-H-US





CLIENTE: ABELARDO BLANDON
CONTACTO: ABELARDO BLANDON
N° RUC/CED ID:
DESCRIPCION: SISTEMA SOLAR DE AUTOCONSUMO A RED
DESCRIPCION: CON GENERACION SOLAR DE 12KWPH

FECHA: 5/04/2025
N° DE CONTACTO:
CORREO ELECTRONICO:
PROFORMA #

CANTIDAD	CODIGOS	DESCRIPCION DEL PRODUCTO	PRECIO UNITARIO	MONTO TOTAL
22	01-106PST570DE19	PANEL SOLAR TRINA 575 - TMS TRINA DE 19R	\$ 156.00	\$ 3,432.00
1	04-109S6EH1P11.4	INVERSOR HIBRIDO SOLIS-S6-EH1P11.4K-H-US 12KW 120/240VAC	\$ 3,770.00	\$ 3,770.00
1	04-E18WIFSTDLS	Wifi Stick with web based monitoring	\$ 80.00	\$ 80.00
1	04-K1CTSA100A	TRANSFORMADORES DE CORRIENTE CTSA016-100A/ 33.33mA Mini Split-core	\$ 80.00	\$ 80.00
1		Soporte Chico Modulos Solares	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00
1		Materiales Electricos	\$ 1,600.00	\$ 1,600.00
1		Mano de obra	\$ 1,600.00	\$ 1,600.00
1		Transporte al sitio	\$ 140.00	\$ 140.00
				\$ 11,702.00
				\$ 1,240.50
Monto Total Cotizado de Contado				\$ 12,942.50

Condiciones Generales de Ventas:

Precios:	Neto en \$ dólares
Descuentos:	Incluidos
Período de Validez:	15 días
Forma de Pago:	Prepago
Efectivo o transferencia	efectivo o transferencia bancaria
Entrega:	Con previa confirmación
RUC ECAMI S.A.	J0310000155011

ECAMI S.A: Departamento Comercial
Asesor Comercial Hazzel Jiron
Correo Vendedor:
Teléfono: 23419048
Celular: 84735033

- NOTA: 1. Nuestros paneles solares están exentos de IVA, según ley 532
2. Oferta estimada, sombreada en amarillo lo puede adquirir con tarjeta de crédito
3. Los materiales deben de pagarse de efectivo servicios por Mano de Obra se deben cancelar de forma anticipada
4. Estamos exentos del 2% de retención de IR por ser grandes contribuyentes





Ruc.2010912940006P

ENERGÍA SOLAR
ENERGÍA EÓLICA
ENERGÍA HIDROELÉCTRICA
INSTALACIONES DE SISTEMA DE BOMBEO
SOLARES Y CONVENCIONALES

OFERTA

CLIENTE:

Fecha: 28/04/2025

N° 0046

Nombre: EMPRESA PORTUARIA DE CORINTO

Dirección: CORINTO

Teléfono:

Cédula:

Vendedor: Leopoldo Delagneau

Celular: 78543851

Dirección:

Cantidad	Descripción	Precio Unit.	Total
30	PANEL SOLAR 585W	\$ 155.00	\$ 4,650.00
3	INVERSOR SOLIS 220V	\$ 1,350.00	\$ 4,050.00
1	KIT DE ACCESORIOS ELECTRICOS	\$ 2,850.00	\$ 2,850.00
1	ESTRUCTURA SOBRE TECHO PANEL SOLAR	\$ 1,850.00	\$ 1,850.00
1	SERVICIO MANO DE OBRA	\$ 1,550.00	\$ 1,550.00
1	SERVICIO DE TRANSPORTE	\$ 250.00	\$ 250.00
1	KIT DE MONITOREO INVERSORES SOLIS	\$ 850.00	\$ 850.00
<u>GARANTIA DE PANELES 5 AÑOS, INVERSOR 1 AÑO,</u> <u>CUBRE DEFECTO DE FABRICA.</u>			
		Total:	\$ 16,050.00

NOTA: REALIZAR TRANSFERENCIA BANCARIA