

**Universidad “José Martí Pérez” de Sancti Spíritus**

**Facultad de Ciencias Técnicas y Empresariales**

**Trabajo de Diploma**

**Título:** Evaluación de Proyectos de Inversión: Factibilidad  
Técnica Económica del Parque Solar Fotovoltaico  
Guasimal 3 de 2.2 MWp.

**Autor:** César Lisván Quesada Esteban

**Tutora:** MsC. Mailubys Pernas Díaz

**Sancti Spíritus – mayo 2019**

**University José Martí Pérez of (Sancti Spíritus)**

**Faculty of Technical and Business Sciences**

**Diploma Job**

**Title:** Evaluation of Investment Projects: Economic  
Technical Feasibility of photovoltaic solar park Guasimal 3  
of 2.2 MWp.

**Author:** César Lisván Quesada Esteban

**Tutoring:** MsC. Mailubys Pernas Díaz

Sancti Spíritus – May 2019

## *Agradecimientos*

*Quiero agradecer a mis padres, abuelos y hermana por el cariño y la dedicación que me han brindado durante todos estos años. A mi tutora M<sup>s</sup>C. Mailubys Pernas Díaz por su presencia en cada detalle de la elaboración de este proyecto. A mi novia por su compañía y aliento incondicional. En general a todas las personas que de una forma u otra me han apoyado.*

## **SÍNTESIS:**

La energía solar fotovoltaica es una de las más utilizadas a nivel mundial producto a las grandes perspectivas que presenta en cuanto a la generación de electricidad, la fiabilidad a largo plazo de los módulos fotovoltaicos, así como su abaratamiento en los últimos años, aseguran la viabilidad de dicha energía. En Cuba actualmente se libra una batalla en cuanto al ahorro de energía debido al agotamiento de las reservas de combustible fósil, por lo cual una de las misiones de la Unión Eléctrica Nacional es la de instalar parques fotovoltaicos que ayuden a variar la matriz energética. En el desarrollo del presente trabajo, se elaborará el estudio de factibilidad técnico económico de acuerdo con los requisitos indispensables que aparecen en el Decreto 327/2014, lo que permitirá evaluar desde el punto de vista técnico-económico la factibilidad de invertir en la construcción del Parque Solar Fotovoltaico Guasimal 3. El informe está estructurado en dos capítulos, arribando a conclusiones y recomendaciones, todo apoyado en la introducción y una serie de anexos que respaldan la investigación.

## **SYNTHESIS:**

Solar photovoltaic energy is one of the most widely used worldwide product to the great perspectives it presents in terms of electricity generation, the long-term reliability of photovoltaic modules, as well as their cheapest in recent years, assure the viability of this energy. In Cuba, a battle is now waged on energy savings due to the depletion of fossil fuel reserves, so one of the National Electrical Union missions is to install photovoltaic parks that help to vary the energy matrix. In the development of this work, the study of economic feasibility will be elaborated according to the indispensable requirements that appear in Decree 327/2014, which will enable the feasibility of investing in the construction of the Guasimal Photovoltaic Solar Park 3 to be technically-economically assessable. The report is structured in two chapters, arriving at conclusions and recommendations, all supported by the introduction and a series of annexes that support the investigation.

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN.</b>	<b>1</b>
<b>DESARROLLO:</b>	
<b>CAPÍTULO 1: FUNDAMENTOS TEORICOS SOBRE LA ENERGIA SOLAR FOTVOLTAICA Y LOS ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD TÉCNICO ECONÓMICO.</b>	<b>5</b>
<b>1.1 La Energía Solar fotovoltaica y su historia.</b>	<b>5</b>
<b>1.2 Paneles Fotovoltaicos.</b>	<b>8</b>
<b>1.2.1 Parques fotovoltaicos.</b>	<b>8</b>
<b>1.2.2 Parques fotovoltaicos conectados a la red.</b>	<b>9</b>
<b>1.2.3 Parques fotovoltaicos e impacto ambiental.</b>	<b>12</b>
<b>1.2.4 Proyecciones futuras de la energía fotovoltaica en Cuba.</b>	<b>13</b>
<b>1.3 Los Estudios de Factibilidad y su importancia para la toma de decisiones empresariales.</b>	<b>15</b>
<b>1.3.1 Costos de Inversión.</b>	<b>18</b>
<b>CAPITULO 2: ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TECNICO ECONOMICO DEL PARQUE SOLAR FOTVOLTAICO GUASIMAL III.</b>	<b>35</b>
<b>2.1 Caracterización de los Estudios de Factibilidad para la Unión Eléctrica.</b>	<b>35</b>
<b>2.2 Estudio de Factibilidad Técnico Económico del Parque Solar Fotovoltaico Guasimal III.</b>	<b>38</b>
<b>CONCLUSIONES.</b>	<b>68</b>
<b>RECOMENDACIONES.</b>	<b>69</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.</b>	
<b>ANEXOS.</b>	

## **Introducción:**

Hoy en día el consumo de energía se ha vuelto un factor básico para muchos aspectos de la actividad y el progreso humano. Por ende, la energía es imprescindible para el avance de un país, tanto es así que la tasa de consumo energético está muy relacionada con el grado de desarrollo económico. Esta es la razón por la cual las energías renovables, o verdes, están siendo muy demandadas ya que su utilización no produce emisiones contaminantes para el medio ambiente y se obtienen a partir de fuentes naturales que son virtualmente inagotables. Gracias a esta alternativa se prevé para un futuro no muy lejano una creciente disminución en la dependencia de las fuentes tradicionales de energía obtenidas a partir de combustibles fósiles (petróleo, carbón y gas natural). Para ello debemos continuar fomentando la necesidad que tenemos de utilizar este tipo de energías, ya que así podremos mantener nuestro planeta en armonía y, por consiguiente, la extensión de las condiciones favorables para permanecer habitable a largo plazo.

La participación de las tecnologías energéticas renovables crece a nivel mundial en 20% anual, si se tienen en cuenta todas sus manifestaciones. La mayoría de los países desarrollados invierten sumas millonarias para poner en explotación las diversas fuentes renovables de energía, por ser limpias y sobre todo sostenibles. Los mayores progresos se observan en las energías eólica y fotovoltaica. Avances importantes se aprecian en los biocombustibles y en el empleo de los desechos. Se puede afirmar, por tanto, que en no menos de diez años las fuentes renovables de energía serán las de mayor participación en el balance energético mundial.

Durante las últimas décadas la utilización de las energías renovables, también llamadas “energías verdes”, ha demostrado que se puede contribuir sustancialmente a favor de la solución de este problema, no solo basándose en criterios ecológicos, sino también por motivo de la estructura descentralizada de las energías renovables. (González,2015)

En Cuba históricamente la producción de energía eléctrica ha tenido como soporte principal la utilización de centrales termoeléctricas, que consumen actualmente alrededor del 40% de los combustibles derivados del petróleo,

para generar más del 80% de la electricidad total producida en el país. Esta situación implica que la producción de energía eléctrica dependa de la capacidad para la importación de combustibles para lo cual se destina una parte importante de las divisas disponibles.

Nuestro país es rico en recursos energéticos renovables y pobre en los no renovables; el sol, el viento, la biomasa cañera y la Hidroenergía son las fuentes a las cuales se les puede apostar con mayor certeza para la diversificación de la matriz energética, atada hoy día a los combustibles fósiles, pues solo el 4,5 % de la generación actual pertenece a energía renovable.

De los lineamientos, el artículo 202, de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución expresan la necesidad de potenciar el aprovechamiento de las distintas fuentes renovables de energía, fundamentalmente la utilización del biogás, la energía eólica, hidráulica, biomasa, solar y otras; priorizando aquellas que tengan el mayor beneficio económico.

Con una disminución del 73% de su costo de generación desde 2010, la energía solar es una de las modalidades que ya ha demostrado resultados positivos en distintas partes del mundo, no sólo en proyectos a gran escala sino también para satisfacer las necesidades de los pueblos y las comunidades más alejadas y vulnerables. El informe de IRENA pone un especial énfasis en lo que se espera para los próximos dos años: los costos de la energía solar fotovoltaica se reducirán a la mitad para 2020.

Durante el 2017, los costos de generación con energía eólica terrestre y solar fotovoltaica se estimaron en seis centavos y 10 centavos de dólar por kWh (kilovatio hora), respectivamente. Para los próximos dos años se estima que los mejores proyectos podrían llegar a producir electricidad a sólo tres centavos de dólar por kWh, o incluso menos de esa cifra. Cabe destacar que el promedio de costo actual de generación de energía a través de combustibles fósiles oscila entre cinco y 17 centavos de dólar por kWh.

El Sistema Electro-energético Nacional (SEN) se encuentra desde principios del 2011 enfrascado en una verdadera alfabetización solar. En este marco, Cuba ha iniciado con la instalación de Parques Solares Fotovoltaicos (PSFV) de Conexión a Red por todo el país, la estrategia diseñada para enfrentar esta



situación supone básicamente seguir avanzando en la producción petrolera, especialmente off-shore, y elevar la generación eléctrica a partir de FRE a 24% del total hacia 2030. El desarrollo de estas últimas requiere inversiones que se estiman en 3 700 millones de dólares, las que suponen también la participación de financiamiento foráneo y créditos intergubernamentales para llevarlas a cabo.

### **Antecedentes del problema.**

El PSFV de Guasimal 3 pertenece al programa de 100MW que es uno de los programas llevados a cabo en nuestro país para aumentar la producción de energía renovable distribuidos en Parques Solares en todo el territorio nacional, se origina por el interés de la Unión Eléctrica de desplegar parques fotovoltaicos conectados a las redes eléctricas del SEN debido a la necesidad de incrementar la capacidad de generación eléctrica instalada para suplir la demanda pico del día, reducir la dependencia energética externa, diversificar las fuentes de generación reduciendo consumos de combustibles fósiles, atenuar la contaminación atmosférica y el efecto negativo sobre el medio ambiente asociada a su quema, empleando la transformación directa en electricidad de la radiación solar, fuente renovable con manifestación estable y predecible en Cuba, que ha sido bien estudiada y caracterizada desde el punto de vista energético y en concordancia con la política aprobada por el consejo de estado de aumentar la generación de energía eléctrica a partir de fuentes de energías renovables de un 4 % actual a un 24 % para el año 2030; cabe entonces el planteamiento de la interrogante científica siguiente:

¿Cómo contribuir a la toma de decisiones en materia de política económica inversionista para la Unión Eléctrica a partir de un estudio de factibilidad sobre la construcción de Parques Solares Fotovoltaicos?

### **Objeto de investigación:**

Proceso Inversionista en la Empresa Eléctrica Provincial de Sancti Spíritus.

### **Campo de Acción:**

Documentación referente al proceso inversionista de la obra PSFV Guasimal 3

Para dar respuesta a estas inquietudes científicas el presente trabajo se propone los siguientes objetivos:

Se establece como **objetivo general**: Evaluar la factibilidad técnica, económica y financiera con las premisas actuales para la construcción de un Parque Solar Fotovoltaico en el poblado de Guasimal, municipio Sancti Spiritus.

### **Objetivos Específicos**

- Elaborar el marco teórico referencial de la investigación a partir del estudio de las bases conceptuales que sustentan la Energía Solar Fotovoltaica y los Estudios de Factibilidad Técnico Económicos.
- Elaborar el estudio de factibilidad técnico económico teniendo en cuenta todos los elementos establecidos en el Decreto 327/2014 Reglamento del Proceso Inversionista
- Evaluar los resultados del análisis económico financiero realizado a la inversión de construcción del Parque Solar Fotovoltaico de Guasimal 3, que facilite una adecuada toma de decisiones.

**Idea a defender:** Si se elabora el estudio de factibilidad teniendo en cuenta la metodología vigente, entonces se podrá evaluar desde el punto de vista técnico- económico la factibilidad de invertir en la construcción del PSFV Guasimal 3.

### **Metodología y estructura del trabajo**

El trabajo de diploma presenta la siguiente estructura: La introducción donde se caracteriza la situación problemática y se fundamenta el problema científico a resolver, el desarrollo se estructura en dos capítulos: el Capítulo I: Fundamentos teóricos sobre Energía Solar Fotovoltaica y los Estudios de Factibilidad Técnico Económicos, en el Capítulo II: Estudio de Factibilidad Técnico Económico del PSFV Guasimal 3 de 2.2 MWp. Por último, se brindan las conclusiones y recomendaciones derivadas de la investigación; se muestra la bibliografía consultada y finalmente, un grupo de anexos de necesaria inclusión, como complemento de los resultados expuestos.

## **CAPITULO 1: FUNDAMENTOS TEORICOS SOBRE LA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA Y LOS ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD TÉCNICO ECONÓMICO.**

En la actualidad se realizan numerosos estudios para la utilización de fuentes alternativas de energía utilizando recursos renovables del medio ambiente; dichos ejercicios están siendo impulsados cada vez más por la mayoría de los países industrializados, en función de la incesante lucha por la protección del medio ambiente y ante el impostergable agotamiento de las fuentes tradicionales de combustible, hecho que cada día se percibe más cercano. Se está llegando al momento en el que las soluciones de las necesidades energéticas de la humanidad están obligando a un progreso acelerado de exploración de nuevas fuentes de energía, lo que ha propiciado un avance tecnológico en los últimos años y se ha promovido el desarrollo de nuevos equipos que permiten el aprovechamiento de la energía irradiada por el Sol sobre la superficie terrestre.

### **1.1 La Energía Solar fotovoltaica y su historia.**

La energía solar fotovoltaica, tecnología de gran utilidad en la actualidad, tuvo que pasar por varias etapas para convertirse en lo que hoy conocemos y para conocer acerca de su surgimiento hay que remontarse al año 1873, cuando el profesor W. Grylls Adams descubrió las propiedades fotoeléctricas del Selenio. Charles Fritts, en 1883, fabrica la primera célula solar de láminas de selenio revestidas con una capa de oro, utilizándose como sensores de luz de las cámaras fotográficas.

Años más tarde, 1921, Albert Einstein recibe el Premio Nobel de Física al descubrir que los fotones de la radiación de alta frecuencia (UV) podían arrancar electrones que generaban una corriente eléctrica. En 1939 Alexandre Edmund Becquerel descubre el efecto fotovoltaico. Pero no fue hasta el año 1946 cuando el inventor estadounidense Russel Ohl, patenta las primeras células solares de silicio. Gerald Pearson, de laboratorios Bells, crea una célula fotovoltaica de silicio con mayor eficiencia, en torno al 6%. En la década de los 50 hay un rápido desarrollo de las células solares debido a su uso en satélites y programas espaciales, sobre todo en células de silicio cristalino con eficiencias

de conversión entre el 6 y 10%. En 1954 Chapin, Fuller y Pearson desarrollaron los primeros paneles solares capaces de proporcionar una potencia de 10W en días muy soleados. Durante muchos años, su principal aplicación fue proporcionar energía a vehículos espaciales. Mientras que en 1956 el costo del kWh de electricidad producido por centrales convencionales era aproximadamente de 50 céntimos de dólar, el producido por los módulos fotovoltaicos ascendía a 300 dólares, lo cual descartó, en ese momento, el uso de esta tecnología como suministrador de grandes cantidades de electricidad. En la década de los 60 tuvieron lugar numerosos avances. Entre ellos cabe destacar: el desarrollo del pc-Si, el estudio de la tecnología de lámina delgada para mejorar la capacidad de producción, reduciendo tanto el material como la energía empleadas en el proceso de fabricación de células. En 1963 se instala un sistema fotovoltaico de 242W en un faro en Japón, con este hecho se dice que comienza la era fotovoltaica terrestre. El concepto de tecnología de lámina delgada emerge en la época de los 70. La crisis energética que azotó esta época favoreció la investigación y el desarrollo de la energía solar fotovoltaica. En 1974, Wagner, Shay, Migliorato y Kasper, desarrollan la primera célula CIS con una eficiencia de conversión del 12%. La iluminación pública se mostró como un mercado capaz de mantener la actividad de muchas industrias durante los 80. Otra de las aplicaciones iniciales fue la electrificación rural en asentamientos remotos para ayudar a un tercio de la población mundial a disponer de una modesta cantidad de iluminación y comunicaciones. La mayoría eran instalaciones pequeñas del orden de 10 a 40 W. Se comprobó que la tasa de fallos fue grande si bien se debió a falta de infraestructura, financiamiento, distancia cultural, diseño de la estructura de pago y otras razones no técnicas. Pero raramente fallaron los módulos. Desgraciadamente, incluso con los subsidios de las grandes agencias internacionales el coste inicial (100-1000 dólares) era excesivo y constituyó la principal barrera para su despliegue. La investigación desde 1960 hasta 1980 se centró en hacer un producto fotovoltaico más eficiente, que produjese más potencia. El aumento de células y módulos fue impresionante. Además, los costes bajaron drásticamente al pasar de piloto a producción semiautomática.

En el lado opuesto de la escala de tamaños estuvieron las plantas fotovoltaicas del orden de MW instalados en los países desarrollados por las compañías eléctricas en los 80 para evaluar su potencial en dos aplicaciones: Como suministradores de potencia en los picos de carga (al mediodía) y como generadores distribuidos para reducir las pérdidas de transmisión y distribución. En Europa y Japón este mercado empezó a crecer rápidamente gracias a la adopción de tarifas especiales de producción. Así, la instalación de medianas y grandes plantas fotovoltaicas conectadas a la red se convierten en tecnologías explosivas en estos países. Siguen investigándose las tecnologías de la década anterior con el desarrollo de las células de InP, que alcanzan una eficiencia de conversión del 18%. Aparecen los primeros módulos de a-Si en el mercado. La década de los 90 se centra en el desarrollo de la tecnología de concentración (CPV), utilizando lentes, espejos o la combinación de ambos. Se mejoran las células GaAs/Ge a pesar de su alto coste de fabricación, reduciendo tanto la superficie como el peso de la célula y mejorando su eficiencia. Las células multiunión se convierten en la gran promesa, alcanzando eficiencias de hasta el 30%. Mientras las compañías en Europa y América iban mejorando sus procesos de fabricación, la industria japonesa despegó en la producción de módulos convencionales de silicio cristalino, así como en la fabricación de células de Amorfo para aplicaciones a pequeña escala (relojes, calculadoras, juguetes, etc.) que llegaron al nivel de megavatios en el mercado mundial. Por último, hay que mencionar otro importante campo de aplicación de la energía Solar Fotovoltaica, al final de los 90 como es la integración de los módulos fotovoltaicos en los edificios. Ya sea colocados en ventanas, fachadas, sobre el tejado, con mayor o menor fortuna en la integración, se desarrolló un mercado enorme mediante el establecimiento gubernativo de tarifas especiales a pagar por la electricidad de origen fotovoltaico generada por particulares en conexión a la red. En Cuba en 1982 se obtiene la primera instalación fotovoltaica, con 1kW. Cuatro años más tarde, el Centro de Investigaciones de Energía Solar (CIES) comienza la etapa de aplicaciones de la energía solar fotovoltaica que lo convertiría en iniciador de esta tecnología.

En 1987 se instala el primer sistema fotovoltaico en un consultorio del médico de la familia. En el mismo año, el Laboratorio Central de Telecomunicaciones

(Lactel) inicia una planta de ensamblaje de módulos fotovoltaicos con celdas de silicio monocristalino. En 1994 surge la Sociedad Cubana para la Promoción de las Fuentes Renovables de Energía y Respeto Ambiental (Cubasolar), y Copextel SA crea Ecosol Energía, institución estatal dedicada a la instalación y el mantenimiento de los sistemas fotovoltaicos. El Combinado de Componentes Electrónicos (CCE) Ernesto Che Guevara, en Pinar del Rio, se dedica a la línea de ensamblaje de los mismos, con excelentes resultados alcanzados.

## **1.2 Paneles Fotovoltaicos**

Los paneles fotovoltaicos convierten la radiación solar en electricidad. Un panel fotovoltaico consiste en dos o más capas de semiconductores dopados con impurezas que están dispuestas de forma que cuando son expuestas a la luz solar, los fotones hacen que los electrones se desplacen de una capa a la otra, generando una corriente continua (DC de sus siglas en inglés).

Un módulo puede llegar a suministrar entre 5-300 W y puede llegar a tener un rendimiento de entre 5%-30% dependiendo de los semiconductores utilizados (Monocristalinos, Policristalinos, amorfos o concentrados).

Debido a la generación en corriente continua, la inyección de la potencia eléctrica generada por los paneles fotovoltaicos a la red requiere la utilización de un convertidor que transforme la corriente DC en corriente alterna (AC de sus siglas en inglés). Lo anterior aporta una amplia variedad de beneficios que podrían ser útiles al momento de regular la potencia activa y reactiva que se inyectan a la red. Uno de los beneficios es la posibilidad de inyectar potencia reactiva durante las horas que la energía solar no se encuentre disponible, absorbiendo una pequeña cantidad de potencia activa correspondientes a las pérdidas inherentes del convertidor.

Las uniones de cientos de estos paneles fotovoltaicos forman los parques fotovoltaicos, los cuales son grupos de generación de potencia variable.

### **1.2.1 Parques fotovoltaicos.**

Los parques fotovoltaicos, son grupos de generación de potencias variadas. Hay que tener en cuenta que para 1 kWp se requieren de 8 a 10 m<sup>2</sup> de

superficie, lo que implica el uso de terrenos que muy frecuentemente compiten con otras actividades vitales, como la agricultura y el urbanismo. Las mayores plantas actuales con potencias de entre 250 y 500 MW se encuentran en zonas desérticas de Estados Unidos y China, donde resulta evidente que la situación de competencia por el espacio no es lo más importante.

Plantas menores, de entre 1 y 3 MW se localizan cercanas a las redes de media tensión (33 kV), pero siempre con la valoración de los espacios requeridos por estas instalaciones. En las redes de distribución se están incrementando los paneles fotovoltaicos con potencias desde varios kW hasta algunos cientos, ubicados en azoteas (y fachadas) de las edificaciones urbanas, lo que constituye una sabia solución y un aprovechamiento de las áreas ociosas, además de que estos parques se clasifican como los más efectivos desde el punto de vista de la generación distribuida.

### **1.2.2 Parques fotovoltaicos conectados a la red.**

Una instalación fotovoltaica es comparable a una pequeña central de producción eléctrica respetuosa con el medio ambiente, y no contaminante, que inyecta la corriente producida a la red eléctrica.

De manera simple una instalación solar fotovoltaica conectada a la red tiene los siguientes componentes:

**Módulo Fotovoltaico:** El módulo fotovoltaico comprende células conectadas en serie. Estas células son las encargadas de captar los fotones para conseguir crear una corriente eléctrica continua. Los módulos fotovoltaicos se conectan en serie formando varias cadenas, que a su vez forman el campo fotovoltaico.

**Estructura Soporte:** Es la encargada de asegurar un buen anclaje del generador solar, facilitar la instalación de mantenimiento de los paneles a la vez proporcionar no solo la orientación necesaria, sino también el ángulo de inclinación idóneo para un mejor aprovechamiento de la radiación. Se emplean perfiles de acero galvanizado o de aluminio para la sujeción y conexión de los módulos, con lo que se asegura un buen contacto eléctrico entre el marco de los módulos y los perfiles de soporte, para seguridad frente a posibles pérdidas de aislamiento en el generador o efectos inducidos por descargas atmosféricas.

Inversor: El inversor CC/CA tiene la misión de transformar la corriente continua del grupo fotovoltaico en corriente alterna perfectamente sincronizada con la red existente, ya sea trifásica, monofásica o bien de alta, media o baja tensión. La ubicación de los inversores se hace en un armario estanco y cerrado, lo que hace que el riesgo eléctrico sea mínimo.

Los aspectos técnicos y de funcionamiento que intervienen son los módulos solares fotovoltaicos se relacionan con la adecuada conexión de tal manera que reciban la mayor cantidad de luz a lo largo del año. El inversor CC/CA para la conexión a la red, así como las protecciones eléctricas y el sistema de medición también forman parte de este esquema básico.

La energía generada por los módulos pasa directamente al inversor CC/CA inyectándola a la red eléctrica de una manera sincronizada y con las mismas características que la red convencional (voltaje AC a 60Hz). Los inversores adaptados para esta función son diferentes a los que se emplean para transformar corriente continua en alterna procedente de baterías, ya que primero espera a que su onda de salida coincida perfectamente, en tensión y frecuencia, con la onda de la red y luego de sincronizarla comienza a entregar la potencia generada.

Normalmente un inversor CC/CA está compuesto por una etapa sintetizadora y por otra filtradora. La etapa sintetizadora se ocupa de producir a su salida una onda de impulsos a partir de la tensión en corriente continua que tiene en su entrada. La etapa filtradora tiene como misión la eliminación de los armónicos indeseados de la onda de impulsos para producir una onda totalmente sinusoidal. De esta manera, el inversor entrega una corriente alterna a la red eléctrica con una onda sinusoidal idéntica a la de la empresa eléctrica suministradora y con un factor de potencia unitario bajo cualquier condición de funcionamiento del equipo, ya que los sistemas fotovoltaicos no producen potencia reactiva. Sin embargo, en la actualidad ya se instalan inversores capaces de generar, además potencia reactiva, los que resultan muy útiles para el control de ésta y de la tensión en la red.

Para un sistema fotovoltaico aislado, el hecho de que sólo se entregue potencia activa implica que su utilización esté destinada únicamente para cargas



resistivas y no así para cargas reactivas, razón por la cual resulta inútil para la operación de motores, aunque esta dificultad puede subsanarse. Los sistemas con conexión a red pueden eliminar este inconveniente mediante la adecuada selección del inversor.

En el mercado existen inversores de baja y alta potencia, desde pocos kW hasta 400 kW y con rangos muy amplios de tensión de entrada a partir del sistema fotovoltaico.

El punto de operación del inversor se optimiza constantemente dependiendo de las condiciones de radiación, las propias características de los módulos fotovoltaicos y la temperatura de los mismos. La técnica de seguimiento del punto de máxima potencia, consigue que se maximice la potencia entregada a la red. Algunos inversores están equipados con un transformador de aislamiento trifásico de baja frecuencia que elimina la posibilidad de inyectar una componente de corriente continua a la red eléctrica.

El funcionamiento del sistema se realiza de forma completamente automática, tanto durante su puesta en marcha como en su parada. Los dispositivos de control del sistema miden la potencia disponible en el generador fotovoltaico, y una vez alcanzado el nivel mínimo de funcionamiento, el inversor arranca y comienza la generación de corriente. Cuando se detecta un nivel de potencia del generador inferior al mínimo con el que puede funcionar, el equipo se desconecta.

Los sistemas fotovoltaicos conectados a las redes eléctricas constituyen una de las tecnologías de la generación distribuida de mayor impacto y crecimiento en los últimos años, lo que los han convertido en una opción atractiva para generar energía eléctrica de una forma ecológica y cada vez más rentable, por lo que se anticipa que en el futuro tendrá un papel importante en los sistemas eléctricos de potencia, teniendo impactos tanto positivos como negativos en las redes de la distribución. A pesar de los adelantos que ha tenido esta tecnología persisten aspectos que deben resolverse de manera satisfactoria para propiciar su desarrollo en gran escala, por lo que es necesario tener conocimiento de una serie de aspectos relacionados con este tema.

Durante el día el parque fotovoltaico genera energía eléctrica, que se entrega directamente a la red, y/o a su vez alimenta las cargas que puedan estar conectadas en este horario. Esta generación dependerá de la época del año y se considera como promedio de 7 a.m. a 7 p.m. aproximadamente, mientras que, en las horas restantes, es decir, durante la noche, no se genera energía.

La nubosidad es uno de los grandes factores que más afecta una planta fotovoltaica ya que varía su producción de energía considerablemente, aunque en muy contadas ocasiones llega a ser cero, esto provoca que la energía solar no sea controlable y no se pueda despachar para la planificación de generación del sistema, (lo que hace que en el cómputo general se le califique como “variable”). El hecho de ser no controlable implica que la posibilidad de que una unidad determinada no esté disponible cuando es necesaria es significativamente mayor que en el caso de plantas controlables, por ejemplo, una térmica convencional.

### **1.2.3 Parques fotovoltaicos e impacto ambiental**

La expansión de generación eléctrica a nivel mundial muestra una tendencia a la búsqueda de proyectos que tengan en cuenta la reducción de emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), ya que el CO<sub>2</sub> representa el 86% del total de partículas aceleradoras del cambio climático.

La Organización Meteorológica Mundial (OMM), la agencia meteorológica de la Organización de Naciones Unidas (ONU), indica que el dióxido de carbono, el metano y el óxido nítrico son ahora más prevalentes en la atmósfera que en ninguna otra época desde la revolución industrial.

El reporte de la OMM mide la cantidad total de gases de efecto invernadero en la atmósfera con base en estaciones de monitoreo en más de 50 países. Esto significa que incluye las emisiones naturales y los procesos de absorción, al igual que las emisiones causadas por la actividad humana. El dióxido de carbono, responsable del 80% del efecto de calentamiento global en las últimas dos décadas, subió rápidamente con el uso de combustibles fósiles.

Las principales fuentes de CO<sub>2</sub> son: la quema de combustibles fósiles y la deforestación. datos entregados por Iberdrola, una de las cinco principales compañías eléctricas del mundo [16], donde se puede observar que la principal

actividad que contribuye con la emisión de CO<sub>2</sub> a la atmósfera es la producción de electricidad a través de la quema de combustibles fósiles como el carbón y derivados del petróleo.

#### **1.2.4 Proyecciones futuras de la energía fotovoltaica en Cuba.**

La generación eficiente de energía constituye uno de los motores que hoy en día impulsan las transformaciones estructurales de la economía que se desarrollan mediante la implementación de los Lineamientos aprobados en el Sexto Congreso del Partido. En otras palabras, ella se convierte en el asentamiento sobre el cual ha de materializarse en gran medida lo proyectado, de ahí que tenga que ir delante en el tiempo de muchas transformaciones derivadas de ese proceso de implementación. Cuba actualmente produce con el empleo del combustible fósil, el 95% de su energía eléctrica. Este dato encuentra una economía muy dependiente de la importación y con elevados costos de generación eléctrica.

Por tal razón, El Consejo de Ministros, el 21 de junio de 2014, aprobó la Política para el Desarrollo Perspectivo de Fuentes Renovables y el uso eficiente de la Energía, elaborada por la Comisión Gubernamental creada con este fin y dirigida a aprovechar al máximo los recursos renovables disponibles en el país.

Lo aprobado está encaminado a cambiar la matriz energética del país como vía de solución a uno de los problemas estructurales de la economía, y por tanto esta apuesta tiene como objetivo de mira entre otras energías renovables, a la solar teniendo Cuba un poderoso potencial de acción en este sentido ya que, nuestro país tiene un potencial registrado de radiación solar de 5 kWh/m<sup>2</sup> diario.

Hasta la fecha la situación de nuestro país en cuanto a la generación fotovoltaica es la siguiente:

- Se encuentran instalados y en operación 22 MW en 14 parques solares fotovoltaicos (PSFV).
- Está otorgado el financiamiento para la ejecución de cuatro nuevos Parques Solares Fotovoltaicos con una potencia de 10 MW.

- Se obtuvo el financiamiento para la construcción de PSFV por 150 MW.
- Se encuentra en negociación la instalación de 50 MW en la Zona Especial de Desarrollo en el Mariel.
- Se incrementó la capacidad de producción nacional de paneles solares de 10 a 15 MWp anuales. Se trabaja para llegar a 50 MWp por año.
- Se propuso para el plan de la economía de 2016 la producción nacional de 5 mil módulos solares fotovoltaicos para la electrificación de viviendas aisladas.

Como parte de los objetivos relacionados con los lineamientos 216, 229, 232 y 247 del capítulo VIII "Política Industrial y Energética" de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución en nuestro país se pretende elevar el uso de las fuentes renovables de energía de un 4% actual a un 24% en el año 2030,

El presente trabajo de investigación, responde a la decisión del Estado Cubano a instalar 700 MWp en sistemas de inyección a red como parte de la política implementada, [9] a partir de las experiencias adquiridas.

Las principales ventajas y desventajas asociadas al uso de ésta tecnología para la generación de energía eléctrica se resumen en que:

#### Ventajas

1. La generación de electricidad con fuentes Renovables de Energía hace más competitivo al país.
2. Garantiza la diversificación de la matriz energética del país.
3. Usa una fuente de energía inagotable y gratuita.
4. No provoca ningún tipo de contaminación medioambiental ni por emisión ni por vertido.
5. Aporta seguridad en el suministro.
6. Facilita la realización de ampliaciones a futuro de la potencia de la instalación.
7. Con los inversores adecuados pueden trabajar también como generadores de potencia reactiva.

## Desventajas

- Como en todas las fuentes de energía renovable, la energía solar tiene períodos de intermitencia, no está disponible por la noche, y puede ser afectada en el día por la nubosidad.
- Los PSFV requieren equipamientos adicionales para su funcionamiento como inversores.
- Para constante suministro de energía a la red no solo se requieren los inversores, sino que requiere también baterías, por lo que incrementa su costo y hace difícil su almacenamiento.
- En caso de montaje de PSFV en el suelo se requiere de una gran porción de terreno.
- La eficiencia de los PSFV es relativamente bajo (14%-25%) comparado con otras fuentes de energía renovable.
- Aunque los PSFV no tengan considerables costos de mantenimiento, los mismos son relativamente frágiles por lo que pueden ser dañados con mayor facilidad por cualquier causa.

### **1.3 Los Estudios de Factibilidad y su importancia para la toma de decisiones empresariales**

El estudio de factibilidad de un proyecto es una herramienta que se utiliza para guiar la toma de decisiones en la evaluación de un proyecto, esta herramienta se utiliza en la última fase pre-operativa de formulación del proyecto y sirve para identificar las posibilidades de éxito o fracaso de un proyecto de inversión, de esta manera se podrá decidir si se procede o no a la implementación.

El estudio de factibilidad es el análisis integral que se realiza para determinar si el negocio (inversión) que se propone será conveniente o no para la empresa y el medio ambiente, así como las condiciones y elementos que garanticen el éxito en el mercado y el grado de protección, conservación y restauración de los recursos naturales y ambientales.

En el artículo 116.1 del Decreto 327/2014 Reglamento del Proceso Inversionista se plantea que el estudio de factibilidad técnico-económica resume los principales aspectos técnicos, económicos, financieros y ambientales que caracterizan la inversión propuesta y que fundamentan la

necesidad y viabilidad de su ejecución. Se basa en la documentación técnica a nivel de Ingeniería Básica.

El estudio de factibilidad debe conducir a:

- Realizar un estudio de mercado que ayudará a determinar el tamaño del proyecto, la ubicación de este y qué tecnología deberá utilizar.
- Determinar y diseñar el modelo administrativo adecuado para procesar cada fase del proyecto.
- Hacer un cálculo de la inversión que será necesaria para los costos de operación y tener un estimado de los ingresos.
- Identificar las fuentes de financiamiento y el nivel participación en el proyecto.
- Definir cuáles serán los términos de contratación y los procesos de licitación para adquirir equipos y si es necesario llevar a cabo construcciones civiles.
- Si llega a ser necesario, poner el proyecto a disposición de las autoridades de planeación y ambientales.
- Determinar la realización del proyecto a través de un análisis financiero incluyendo lo económico, social y ambiental.

Los principales objetivos del estudio de factibilidad son:

- Corroborar que exista un mercado potencial para cubrir una necesidad no satisfecha.
- Determinar la viabilidad y la disponibilidad de recursos humanos, materiales, administrativos y financieros.
- Demostración de la viabilidad técnica y la disponibilidad de los recursos humanos, materiales, administrativos y financieros.
- Tener muy claros los beneficios en materia financiera, económico, social y ambiental, de este modo se podrán designar recursos para la producción de un bien o la prestación de un servicio.

Según el decreto 327/2014 Los Estudios de Factibilidad técnicos – económicos constan, como mínimo, con la siguiente información:

- Antecedentes de la Inversión, con la identificación del organismo o entidad promotora, la descripción del problema y las posibles alternativas de solución.
- Caracterización, objetivos, alcance y fundamentación de la inversión, y se precisa si es un proyecto nuevo, de ampliación o modernización.
- Análisis del mercado que sustente las producciones o servicios proyectados, incluye el balance demanda/ capacidad, así como los competidores externos e internos y sus precios, la demanda, tanto interna como externa, se certificará y se identificará de forma detallada la sustitución efectiva de importaciones y el incremento de exportaciones, a partir de garantizar competitividad.
- Caracterización de la tecnología el equipamiento y la fuerza de trabajo, incluye los salarios por categorías ocupacionales. Se definen posibles suministradores y el nivel de concreción de las ofertas.
- Cronograma directivo de ejecución de la inversión en todas sus etapas. Se define la fecha de puesta en explotación de la inversión y las posibles puestas en explotación parciales.
- Los permisos requeridos para la fase de pre- inversión con fechas actualizadas, así como el acta de aceptación de la Ingeniería Básica para las inversiones constructivas y de montaje y los permisos establecidos en este decreto para las inversiones no constructivas, según sea el caso.
- Los permisos de los organismos con funciones estatales rectoras de las propuestas de inversión según sea el sector de la economía.
- Inversiones Inducidas directas e indirectas.
- Fuentes de financiamiento de la inversión, se identifica la prevista y las condiciones del servicio de la deuda (pago del principal e intereses), así como el nivel de concreción del financiamiento; en caso de no contar con esta se asume un supuesto con las peores condiciones de devolución, siempre en correspondencia de aquella con el periodo de recuperación de la inversión.
- Evaluación económica financiera, según las metodologías que se estableen para su elaboración.

- Análisis de la liquidez en divisas externas de la inversión.
- Otros aspectos que se consideren de utilidad para la evaluar la inversión presentada, según sus características.
- Otros aspectos de acuerdo con los requerimientos de la legislación vigente, en caso de la, inversión extranjera.

### **1.3.1 Costos de Inversión**

Los costos de inversión son todos los que se incurren desde la etapa de preparación de la inversión hasta su puesta en funcionamiento. En ocasiones además de los costos incurridos en la etapa inicial, se conoce del necesario requerimiento de otros costos en determinados momentos de la vida útil del proyecto de inversión, como puede ser por incrementos de capacidad, reemplazo de equipos, etc. De requerirse gastos por reinversiones se incluirán en la conformación de estos costos.

Almaguer López (2007) proyectado sobre las condiciones cubanas plantea que el Costo de Inversión que se considerará para la elaboración del Estudio de Factibilidad será el presupuesto calculado a partir de la documentación de Ingeniería Básica o Proyecto Técnico, siendo necesario que se adjunte la base de cálculo de su conformación. Los costos de inversión se conforman por el capital fijo y el capital de explotación neto.

El capital fijo está constituido por los recursos requeridos para construir y equipar un proyecto de inversión y se conforma por los montos de inversión fija y los gastos previos a la producción.

#### **Inversión Fija**

- La inversión fija está conformada por las siguientes partidas:
- Terreno y su preparación (desbroce, demoliciones, movimiento de tierra), La valoración del terreno se hará partiendo de los métodos establecidos para la valuación de activos.
- Infraestructura (inversiones inducidas directas imprescindibles para vincular la inversión principal con la infraestructura técnica exterior de la



zona como acometidas eléctricas, de acueducto, acceso vial, obras ferroviarias, hidráulicas y marítimas).

- Diseño e Ingeniería de Detalle (Proyecto Ejecutivo y Tecnología).
- Construcción Civil y Montaje. Incluye el montaje de equipos y
- Suministros para instalaciones. No incluye los trabajos de edificaciones temporales ejecutadas para facilidades del constructor y que después de terminada la obra no presente un destino útil.
- Maquinarias, equipos y otros suministros. Incluye equipos auxiliares y su montaje, así como la dotación inicial de herramientas e instrumentos.
- Equipos de transporte.
- Fletes, seguros y otros gastos de transportación, así como de aranceles y márgenes comerciales para los suministros importados.
- Otros (usufructo del terreno, otros activos fijos, derecho de propiedad industrial, patentes y know how).

### **Gastos previos a la explotación**

En los gastos previos se incluirán los elementos siguientes:

- Estudios de Pre-Inversión y de Investigación: Estudios preparatorios de inversión, así como de proyectos, desde Ideas Conceptuales hasta Ingeniería Básica (Proyecto Técnico). Estudios de desastres e impacto ambiental. Investigación y desarrollo. Estudios técnicos aplicados.
- Capacitación y adiestramiento: Costos de la capacitación y adiestramiento, incluido gastos de viaje, dietas, salarios y estipendios. Contratación de personal extranjero o nacional para asistencia técnica.
- Pruebas y puesta en marcha: Gastos o pérdidas operacionales en que se incurra durante el período de los ensayos de funcionamiento de la instalación.
- Otros: Gastos previos no cuantificados anteriormente como intereses por préstamos durante el período de construcción (incluye seguros y gastos bancarios), organización de la promoción y comercialización, red de ventas y abastecimiento, así como salarios y seguridad social correspondientes al período previo a la producción y de gestión de la ejecución.

### **Capital de explotación neto o de rotación (Capital de trabajo)**

El capital de explotación (capital de trabajo) corresponde a los recursos financieros necesarios para explotar el proyecto en forma total o parcial

El capital de explotación neto constituye el conjunto de activos que se requieren mantener disponibles para la operación del proyecto durante su vida útil y debe ser suficiente para cubrir la diferencia entre los activos corrientes menos los pasivos corrientes y se toma para cada año el incremento anual respecto al año.

Los activos que lo constituyen son:

- existencias de materias primas, materiales y repuestos
- inventarios de productos en proceso, semi-terminados y terminados
- dinero en caja y en bancos
- Cuentas por cobrar.

El capital de trabajo constituye una inversión que se hace en el inicio de la vida útil del proyecto. Sin embargo, al finalizar éste se recupera, convirtiéndose en ingreso líquido en el último año o sea al final de la vida útil de la inversión y como tal se refleja en los flujos de caja para el cálculo de los indicadores económicos.

Para el cálculo de las diferentes partidas del capital de explotación se debe definir el plazo de cobertura para cada uno de los conceptos o gastos que lo componen, es decir la cantidad de días de reserva, de tránsito de demora u otros que correspondan.

Estos plazos se determinan o definen según la práctica comercial de cada país, la procedencia de cada materia prima, las características de la producción, etc. Es usual emplear los créditos a corto plazo para financiar al menos una parte del capital de trabajo, de no poder garantizarse a partir del capital social u otra fuente de fondos. Es el flujo de caja para la planificación financiera quien mostrará la forma y momento más conveniente de financiar estos gastos en el tiempo requerido.

En el cálculo de los costos de producción se considerarán todos aquellos costos en que es necesario incurrir de forma continua en el proceso productivo para lograr los niveles de producción proyectados. De ahí lo importante de realizar una estimación lo más exacta posible de los mismos, detallando los elementos para la conformación de los costos en divisas.

Estos costos se deben calcular unitarios y totales y de conformidad con el programa de producción hasta que se alcance la capacidad normal viable (capacidad máxima disponible).

Los costos totales de producción están formados por todos los gastos que se incurren hasta la venta y cobro de los bienes producidos y comprende por tanto los costos operacionales, la depreciación, los gastos financieros y los relacionados con las ventas, distribución y gastos de dirección.

Para el posterior análisis del estado de ingresos netos se clasifican los costos en directos e indirectos los cuales constituyen de conjunto los costos operacionales.

Los costos directos son proporcionales al por ciento de aprovechamiento de la capacidad normal viable y los indirectos por el contrario no son proporcionales a la misma.

### **Costos Directos**

Los componentes de los Costos Directos son:

- Materias primas, materiales y otros insumos necesarios para realizar la producción (incluye gastos por fletes, aranceles y seguros, así como de carga y descarga y transportación).
- Salarios directos devengados por el personal directamente vinculado a la producción (se incluyen impuestos sobre nómina y la contribución a la seguridad social).
- Servicios Públicos (agua, combustible, electricidad, gas, vapor, etc.).

### **Costos Indirectos**

Estos costos están conformados por:

- Gastos Comerciales o Costos de Venta y Distribución: Incluye gastos de materiales, almacenamiento, transportación, facturación y venta, así como promoción, publicidad y comisiones) necesarios para el despacho, entrega y cobro de las mercancías.
- Gastos de Administración: Incluye gastos de materiales, combustibles y salarios indirectos, así como el impuesto sobre nómina y la contribución a la seguridad social del personal que no está vinculado directamente a la producción.
- Gastos de Mantenimiento y Reparaciones, incluyendo suministros de

fábrica.

- Otros: Referidos a gastos de transportación, alquiler de locales, seguros, implementación del plan de medidas para reducción de desastres y tratamiento de residuales.

En la evaluación de proyectos es necesario distinguir los costos fijos y variables. Estos últimos están relacionados con los productos y por tanto el importe total está en función del nivel de producción que se programe (como costos de materias primas y ciertas categorías de salarios), mientras que los fijos son independientes a ello y no presentan un comportamiento lineal con respecto al nivel de producción o de aprovechamiento de la capacidad (costos de administración, de mantenimiento, etc.).

Sin embargo, en la práctica existen diferentes criterios para clasificar si un costo es variable o fijo en dependencia del elemento y de la rama o sector que se analiza. Por lo general como guía para establecer una clasificación se consideran los costos directos como variables y los indirectos como fijos, pudiéndose ello modificar en dependencia de las características concretas del proyecto.

### **Depreciación**

Para su cálculo se considerarán los costos de inversión tomando aquellos elementos que realmente se deprecian. Cada partida o medio básico se deprecia de acuerdo con la tasa de amortización establecida. En caso de emplearse instalaciones existentes se tendrá en cuenta la depreciación de las mismas para los años que continuarán explotándose.

### **Gastos financieros**

Incluyen los intereses, seguros y comisiones bancarias que son necesarios pagar por concepto de préstamos y créditos, así como otros gastos imputables al financiamiento por terceros. En esta partida se incluirán los intereses a pagar, no así el reembolso del Principal.

### **Fuentes de Financiamiento**

Es indispensable que toda presentación del estudio de un proyecto contenga un capítulo destinado al análisis financiero. La razón de ello es que un requisito

previo y fundamental para la formulación, análisis y toma de decisiones de un proyecto de inversión lo constituye el disponer de los recursos financieros suficientes para la ejecución del mismo.

Para la estimación de las necesidades financieras de un proyecto el análisis se apoya en ofertas y otras informaciones de posibles suministradores, así como en estados financieros, fundamentalmente en un Estado de Ingresos Netos y en un pronóstico de análisis de liquidez.

A su vez se deberá describir brevemente la situación financiera de la entidad al momento de proponer la inversión en cuestión, lo que permitirá conocer su liquidez y por lo tanto la disponibilidad de capital propio.

### **Clasificación de las principales fuentes de fondos o de financiamientos en Cuba**

Los fondos para el financiamiento de un proyecto de inversión se diferencian para las fuentes en moneda nacional y en divisas.

- Los fondos para el financiamiento de un proyecto de inversión en moneda nacional pueden ser en lo fundamental por el presupuesto estatal, crédito bancario y recursos propios (capital propio o social) de la entidad inversionista proveniente de la depreciación y la venta de activos ociosos.
- Las fuentes de financiamiento en divisas no pueden afectar los ingresos corrientes de los Presupuestos de ingresos y gastos en divisas de las entidades, lo que significa que deben ser mediante fuentes de créditos externos al organismo en lo fundamental a mediano y largo plazo, y no a partir de los ingresos propios que se logren en los flujos de caja de las entidades correspondientes.

### **Fuentes de créditos externos**

Como fuentes de créditos externos se pueden presentar las posibilidades siguientes:

- Crédito bancario o capital de préstamo. Corresponde a los préstamos monetarios a mediano y largo plazo, que pueden ser de origen nacional

o extranjero y que se solicitan a fuentes bancarias o en el mercado de capitales. Fuentes que evaluarán la solicitud y lo otorgarán a partir de determinadas condiciones financieras, de cumplirse los requisitos que se exijan por la entidad que realice el préstamo. Los créditos comerciales que por lo general son a corto plazo no deben utilizarse para este tipo de operación.

Como estos servicios deberán cumplimentarse cualquiera que sea el resultado del proyecto, incidiendo sobre la capacidad de endeudamiento futura, es de gran importancia realizar un estudio en detalle de la factibilidad del proyecto.

Los préstamos pueden ser clasificados, de acuerdo con los plazos de vencimiento, en créditos a corto plazo (1-2 años), a mediano plazo (3-5 años) y a largo plazo (más de 5 años). Pero cabe señalar que los créditos a mediano y largo plazo son los comúnmente utilizados para financiar la adquisición de bienes de capital. En cambio, los créditos a corto plazo están destinados a financiar los desfases que pudieran existir entre desembolsos e ingresos derivados de la operación del proyecto, es decir para hacer frente a gastos corrientes de la operación.

Existen otras modalidades financieras que hoy en día promueven las autoridades bancarias y otras instituciones financieras que pueden ser también analizadas.

- **Créditos Estatales.** Son los créditos que se otorgan al Estado por instituciones extranjeras y organismos internacionales para acometer inversiones y que éste asigna directamente a una entidad estatal responsable de su ejecución y explotación. En este caso se incluyen los acuerdos bilaterales o multilaterales.

Otras posibles fuentes de financiamiento externo a la entidad: Pueden existir expresamente proyectos de interés estatal. En ellos el financiamiento se efectuará mediante la Caja Central y la Reserva.

Así mismo, pueden existir otras fuentes de financiamiento externo provenientes de donativos y por aportes de capital que se deriven de la constitución de Asociaciones Económicas Internacionales.

En este último caso, los socios también pueden determinar reinvertir parte de sus dividendos o de las reservas o fondos para el desarrollo.

Cuando la fuente de financiamiento es a través de un crédito bancario es necesario que se detalle la información acerca del banco o grupo financiero prestamista, así como el país de origen. A partir de ello se determinarán cuáles son las condiciones financieras de éste para que sean consideradas como parte del análisis de la inversión en lo concerniente al servicio de la deuda.

Los principales elementos de un crédito bancario son el valor del financiamiento, la tasa de interés, el período de gracia, el plazo de pago, forma de pago (que corresponda a la firma, contra entregas y a plazos) y los seguros y gastos bancarios.

Para el cálculo de los intereses hay que tomar en cuenta el monto de las entregas que se vayan efectuando, el tiempo que transcurrirá desde la entrega hasta la operación del proyecto y la tasa de interés correspondiente.

Para la presentación del monto de préstamos requerido se tomará como referencia el dólar de los Estados Unidos, con independencia de que el contrato de financiamiento se presente en otra moneda. En este caso se expresará la tasa de cambio utilizada para hacer la conversión.

Desde el punto de vista financiero, es importante el cálculo de los intereses por los préstamos que se puedan obtener para financiar la inversión y que deban ser pagados antes de que empiece a operar el proyecto. Desde el punto de vista financiero, estos intereses se consideran como parte de la inversión.

### **Evaluación económica y financiera.**

La evaluación económico-financiera de un proyecto, hecha de acuerdo con criterios que comparan flujos de beneficios y costos, permite determinar si conviene realizar un proyecto, o sea si es o no rentable y sí siendo conveniente es oportuno ejecutarlo en ese momento o cabe postergar su inicio, además de brindar elementos para decidir el tamaño de planta más adecuado.

Los estudios de mercado, así como los técnicos y los económicos, brindan la información necesaria para estimar los flujos esperados de ingresos y costos

que se producirán durante la vida útil de un proyecto en cada una de las alternativas posibles.

### **Criterios de evaluación**

John Graham y Campbell Harvey realizaron el año 2001 un completísimo estudio del uso de las diferentes técnicas y modelos enunciados en la "teoría financiera de la empresa" por parte de 392 directivos de un amplio espectro de empresas norteamericanas sus principales conclusiones son: "las grandes empresas confían firmemente en las técnicas de valor actual y en el modelo de valoración de activos de capital mientras que las empresas pequeñas están relativamente a gusto utilizando el criterio del plazo de recuperación. Un sorprendente número de compañías utiliza el riesgo de la empresa más bien que el riesgo del proyecto en la valoración de nuevas inversiones. Las empresas están preocupadas acerca de la flexibilidad financiera y de la calificación crediticia cuando emiten deuda.

Los criterios de evaluación que se aplican con más frecuencia por los analistas de proyectos consisten en comparar precisamente los flujos de ingresos con los flujos de costos y los mismos se clasifican en dos categorías generales que son las técnicas para el análisis de la rentabilidad de la inversión (con y sin financiamiento) y las técnicas para el análisis financiero según plantea Almaguer López, (2007).

A la primera categoría pertenecen los métodos actualizados como el Valor Actual Neto y la Tasa Interna de Retorno y a la segunda los análisis de liquidez.

Desde el ángulo de la Economía de la Empresa se analiza la rentabilidad del proyecto de inversión en sí mismo sin el análisis del financiamiento ya que se excluye la necesidad de recurrir a soluciones financieras por préstamos. En caso de que se requiera determinar la rentabilidad del capital invertido considerando las fuentes financieras y el comportamiento esperado del capital entonces el análisis será con financiamiento.

En la literatura especializada se habla de dos tipos de evaluaciones una privada y otra social.



La evaluación privada compara los flujos de ingresos y costos que afectan exclusivamente al proyecto, a partir de la utilización de precios de mercado. La evaluación social persigue medir la contribución de un proyecto al crecimiento económico del país, estimando sus beneficios para la sociedad y sus costos probables a partir de precios sociales, ya que los de mercado no necesariamente miden en forma adecuada los beneficios y costos sociales.

En la evaluación privada a partir de precios de mercado se presentan dos enfoques, el primero es el que permite determinar sobre la base de los flujos de ingresos y costos económicos, la bondad de un proyecto, es decir, si es rentable por sí mismo. En este caso se parte de que los diferentes costos inherentes al proyecto se financian totalmente por el capital propio de la entidad de que se trate. El segundo enfoque es financiero, permitiendo medir la rentabilidad del capital propio invertido por el promotor del proyecto ante diversas alternativas de financiamiento. En resumen, ambos enfoques se diferencian en que el segundo considera como ingreso el préstamo y como costos, los intereses y la amortización de ese préstamo.

A continuación, se muestra un resumen de los principales indicadores de evaluación haciendo énfasis en las vías de cálculo y los requerimientos de cada uno

### **Valor actual neto (VAN)**

El Valor Actual Neto (VAN) de un proyecto mide en términos de valor absoluto el incremento del patrimonio del inversionista en el momento de aceptar la inversión si está se comporta en el futuro como se prevé. Se define como el valor actualizado del flujo de ingresos netos obtenidos durante la vida útil económica del proyecto a partir de la determinación por año de las entradas y salidas de efectivo.

Estos saldos anuales que pueden ser positivos o negativos y que se producen en diferentes momentos no es válido compararlos directamente porque la unidad monetaria, cualquiera que sea, dentro de un determinado número de años no tendrá igual valor que en el momento actual, es por ello, que para comparar una unidad monetaria en distintos momentos se actualizan los saldos en el momento cero de la inversión, es decir en el año en que se incurre en el

primer gasto en la ejecución del proyecto, utilizando para ello una tasa de actualización o tasa de descuento que se fija predeterminadamente y que homogeniza los saldos que se han obtenido en diferentes momentos, reduciéndolos a una unidad común.

El valor en el momento actual (año cero) del flujo de ingresos netos que se obtienen para los años de vida del proyecto se calcula a partir de:

$$\text{VAN} = (\text{FC}_0 * a_0) + (\text{FC}_1 * a_1) + \dots + (\text{FC}_j * a_j) + \dots + (\text{FC}_n * a_n)$$

o sea, 
$$\text{VAN} = \sum_{j=0}^n \text{FC}_j a_j$$

Donde:

FC es la corriente de liquidez neta de un proyecto, o ingreso neto, positivo o negativo que se obtiene en los años 0,1, 2, 3, n.

a es el factor de actualización en los años 1,2, 3, n, correspondiente a la tasa de actualización que se utilice.

Se parte del año cero porque se consideran desde los primeros gastos de inversión, es decir el análisis se realiza a partir del período de construcción. Es conveniente anotar que la tasa de descuento puede cambiar de año en año.

$$a_j = \frac{1}{(1 + k)^j}$$

En el cálculo del VAN no se considera la depreciación, pues el egreso correspondiente se produjo al momento de pagar por el activo en cuestión, estando incorporada a la inversión, no reflejando ningún movimiento de caja o efectivo. Constituyen cargos contables, sin realización efectiva.

A los efectos de selección del proyecto el criterio será siempre que el mismo será rentable si el valor actual del flujo de ingresos es mayor que el valor actual del flujo de costos cuando éstos se actualizan con la misma tasa de descuento, es decir cuando la diferencia entre ambos flujos es mayor que cero. Dicho de otra forma, cuando el VAN es positivo ya que significa que el proyecto cubre sus costos.

Si se debe escoger entre diversas variantes de proyecto, deberá optarse por el proyecto con el VAN positivo mayor, aunque es aconsejable realizar un análisis integral utilizando también otros indicadores.

### **Tasa interna de retorno o de rendimiento (TIR)**

La tasa interna de retorno o rendimiento (TIR) representa la rentabilidad general del proyecto y es la tasa de actualización o de descuento a la cual el valor actual del flujo de ingresos en efectivo es igual al valor actual del flujo de egresos en efectivo. En otros términos, se dice que la TIR corresponde a la tasa de interés que torna cero el VAN de un proyecto, anulándose la rentabilidad del mismo.

De esta forma se puede conocer hasta qué nivel puede crecer la tasa de descuento y aún el proyecto sigue siendo rentable financieramente.

El procedimiento para calcular la TIR es similar al utilizado para calcular el VAN, estimándose diferentes tasas de actualización que aproximen lo más posible el VAN a cero a partir de un proceso iterativo, hasta llegar a que el VAN sea negativo. La TIR se encontrará entre esas dos tasas y mientras más cercana sea la aproximación a cero, mayor será la exactitud obtenida, debiendo estar la diferencia entre las tasas en un rango no mayor del  $\pm 2\%$  si se quiere lograr una buena aproximación.

La fórmula para hallar la TIR será:

$$TIR = i_1 \frac{VAN_p (i_2 - i_1)}{VAN_p + VAN_n}$$

Donde:

$i_1$  es la tasa de actualización en que el VAN es positivo e  $i_2$  en que es negativo. VAN p y VAN n son los resultados correspondientes al VAN positivo a la tasa  $i_1$  y al VAN negativo a la tasa  $i_2$ .

El VAN n se suma con signo positivo.

Para que la TIR calculada sea lo más exacta posible los valores VAN p y VAN n deben ser los más cercanos a cero. Este indicador se calcula cuando la corriente de liquidez tiene saldos positivos y negativos.

El criterio de selección corresponderá a aquellos proyectos que posean una

mayor TIR y ésta siempre deberá ser mayor o igual a la tasa de actualización que garantice un rendimiento mínimo de capital para la inversión propuesta.

### **Período de recuperación (PR)**

Este indicador mide el número de años que transcurrirán desde la puesta en explotación de la inversión, para recuperar el capital invertido en el proyecto mediante las utilidades netas del mismo, considerando además la depreciación y los gastos financieros. En otros términos, se dice que es el período que media entre el inicio de la explotación hasta que se obtiene el primer saldo positivo o período de tiempo de recuperación de una inversión.

Una forma sencilla de cálculo se realiza a partir de la siguiente fórmula.

$$PR = t_n + \frac{SA_1}{SA_1+SA_2} - m$$

Donde:

$t_n$  es el número de años con saldo acumulado negativo desde el primer gasto anual de inversión (incluyendo la construcción).

$SA_1$  es el valor absoluto del último saldo acumulado negativo.

$SA_2$  es el valor absoluto del primer saldo acumulado positivo.

$m$  es el período de tiempo de la construcción y el montaje

El período de recuperación no considera la etapa referida a la construcción por lo que se deduce el tiempo que media entre el inicio de la construcción y el momento de la puesta en explotación. Tampoco considera para su cálculo la corriente de costo y beneficio durante la vida productiva del proyecto después que se ha reembolsado el costo de inversión original.

La ventaja de este criterio radica en su simplicidad, pero su aplicación no sirve para comparar proyectos, dado que no considera el valor del dinero en el tiempo, sino que compara directamente valores obtenidos en distintos

momentos. Más que un criterio económico, este indicador es una medida de tiempo.

No es aconsejable utilizarlo tampoco como criterio básico o de decisión fundamental para seleccionar proyectos. Es por ello que se utiliza sólo como complemento del análisis de rentabilidad de inversión y de indicadores básicos como el VAN y la TIR.

### **Periodo de recuperación descontado (PRD)**

Con objeto de paliar una de las limitaciones del plazo de recuperación simple surge el denominado plazo de recuperación descontado que es semejante al anterior salvo en lo que se refiere al descuento de los flujos de caja de la inversión que este método sí lo refleja en sus cálculos. Así pues, se trata de averiguar el tiempo mínimo en que se recupera el desembolso inicial de un proyecto de inversión y para ello iremos sumando los diversos flujos de caja actualizados hasta obtener la cifra de dicho desembolso inicial. La tasa de actualización será el coste de oportunidad del capital.

### **Análisis de riesgos e incertidumbre.**

La dificultad para predecir con certeza los acontecimientos futuros hace que los valores estimados para los ingresos y costos de un proyecto no sean siempre los más exactos que se requirieran, estando sujetos a errores.

Tal falta de certeza implica que todos los proyectos de inversión estén sujetos a riesgos e incertidumbres debido a diversos factores que no siempre como se apuntaba son estimados con la certeza requerida en la etapa de formulación, parte de los cuales pueden ser predecibles y por lo tanto asegurables y otros sean impredecibles, encontrándose bajo el concepto de incertidumbre.

Indicadores tales como volumen de producción, ingresos por ventas, costos de inversión y costos de materias primas y materiales requieren ser examinados con una mayor precisión, ya que son variables cuyos valores están sujetos a mayores variaciones. Para ello se realizan los análisis de riesgo.

Estos análisis se pueden realizar mediante tres pasos o etapas:

- Análisis de umbral de rentabilidad
- Análisis de sensibilidad
- Análisis de probabilidad

Cada propuesta de proyecto debe ser examinada de forma independiente para determinar si es necesario realizar los tres pasos. Se aconseja que sólo si existen inquietudes fundamentadas en cuanto a la viabilidad de un proyecto importante, es necesario realizar este análisis de forma completa.

A continuación, se analizan los dos primeros tipos, ya que son los más utilizados en la literatura especializada.

### **Umbral de rentabilidad (UR)**

Mediante el análisis del Umbral de Rentabilidad se determina el nivel o régimen mínimo de explotación en el que los ingresos provenientes de las ventas coinciden con los costos de producción, es decir el punto en que un proyecto no deja ni pérdida ni utilidad. Por encima de este punto el proyecto produce utilidades y por debajo produce pérdidas.

Mientras más bajo sea el UR, tanto mayores son las probabilidades de que el proyecto obtenga utilidades y tanto menor el riesgo de que incurra en pérdidas.

El Umbral de Rentabilidad puede expresarse en términos de unidades físicas producidas (volumen de producción), ingresos por ventas (valor de la producción) o por ciento de utilización de la capacidad instalada.

### **Análisis de Sensibilidad.**

Como parte de la evaluación de todo proyecto de inversión es conveniente sensibilizar los resultados de la evaluación o sea determinar cuán sensible es la decisión adoptada respecto a las principales variables que inciden en la rentabilidad del proyecto, especialmente de aquellas de difícil predicción. Este tipo de análisis consiste en medir el máximo cambio o variación porcentual máxima que podría experimentar una variable sin dejar de hacer rentable el proyecto. En otros términos, representa la variación de un indicador por un incremento o decremento de uno o varios factores que intervienen en su cálculo, permitiendo definir un margen admisible para estas variaciones.

Debe realizarse el análisis de sensibilidad suponiendo variaciones en los

parámetros iniciales, recalculando nuevamente el VAN, la TIR, PR y PRD.

Las conclusiones que resulten del análisis de sensibilidad pueden conducir al replanteamiento del proyecto como consecuencia de la inseguridad en los resultados obtenidos y llegar en situaciones extremas incluso a desistir en su ejecución.

### **Estados financieros**

Los Flujos de Caja o Corrientes de Liquidez constituyen la base informativa imprescindible para realizar los análisis de rentabilidad comercial (económicos - financieros) que requiere el estudio de factibilidad del proyecto propuesto a ejecutar.

La estimación de los flujos de caja se deriva tanto del comportamiento de las ventas como de la programación de la producción y de la correspondiente planificación financiera.

Este indicador muestra el movimiento del dinero en el tiempo, al reflejar el balance de los ingresos y egresos que implica el proyecto, además de programar de existir déficit, las necesidades de financiamiento externo, los plazos de amortización de estos financiamientos y sus costos.

En correspondencia con el tipo de análisis que se realice, los flujos de caja pueden ser económicos o financieros y a su vez estos dos tipos de análisis se complementan y no se sustituyen entre sí.

Los elementos que integran los flujos de caja se pueden agrupar en dos grandes partidas, las entradas y las salidas de fondos. Ellos se diferencian en lo fundamental en los elementos que se consideran cuando se van a conformar dichas partidas.

En los flujos de caja referidos al análisis económico se reflejan los cobros y pagos en el momento en que se saldan, realizándose a una tasa de actualización o descuento determinada que implica la utilización del factor tiempo. Esto permite la actualización de las entradas y salidas futuras a sus valores presentes. Para la realización de estos flujos se pueden considerar o no los gastos financieros.

En el caso de los flujos de caja referidos al análisis financiero se reflejan los cobros y pagos en el momento en que se incurren, aportando una mayor

precisión sobre la liquidez del proyecto. Para este tipo de flujo no se realiza una actualización de las entradas y salidas.

Partiendo de estos conceptos generales, se parte de la conformación de tres tipos de flujos de caja. En todo proyecto debe realizarse obligadamente dos tipos de análisis económico-financiero, el Análisis de liquidez mediante el Flujo de caja para la planificación financiera o Corriente de liquidez y el Análisis de rentabilidad a partir de los Flujos de caja con y sin financiamiento.

### **Flujos de Caja para el cálculo de los indicadores de rentabilidad actualizados**

Cuando se hace referencia al análisis de rentabilidad se parte de la elaboración de los Flujos de caja con y sin financiamiento. A partir de los saldos que resultan de los mismos se calculan los indicadores de rentabilidad actualizados, VAN y TIR, de cuyos resultados se puede determinar si es conveniente invertir en el proyecto que se analiza. Por lo general se obtienen mejores resultados en el flujo con financiamiento ya que existe un desplazamiento en el tiempo.

Independientemente de las restricciones financieras de la economía cubana, que conlleva a la necesidad de recurrir a recursos financieros externos, es conveniente la realización de ambos flujos para determinar qué incidencia tienen el gasto por financiamiento y analizar la conveniencia o no de recurrir a éste.

Ambos flujos se diferencian en las partidas donde se reflejan las salidas de efectivo ya que el detalle y contenido de las mismas deben corresponderse con el caso que se analice, o sea si se consideran o no la obtención de recursos financieros externos a la entidad inversionista. El flujo de caja sin financiamiento permite determinar las posibilidades que tendría el proyecto por sí mismo, sin tener que recurrir a gastos por préstamos para financiar los gastos de inversión.

### **Consideraciones finales de capítulo**

Mediante la búsqueda bibliográfica realizada en este capítulo se llega a las



siguientes conclusiones:

- Los Sistemas Fotovoltaicos se pueden dividir en dos grupos fundamentales: sistemas conectados a la red y sistemas no conectados a la red o sistemas aislados.
- Tanto en Cuba como en el mundo la instalación de sistemas fotovoltaicos conectados a la red mantiene un desarrollo creciente, dadas las ventajas que brindan estas instalaciones y la disminución considerable de los precios en los últimos años.
- Las instalaciones fotovoltaicas son válidas en la inmensa mayoría del territorio nacional cubano.
- Con el estudio de factibilidad podemos saber si será factible llevar a cabo el proyecto.
- Los conjuntos de indicadores financieros reseñados en la literatura consultada permiten una toma de decisiones que minimicen el grado de incertidumbre o de riesgo, resaltando el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno de la inversión (TIR) y el Período de Recuperación de la inversión (PR).

## **CAPITULO II ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TECNICO ECONOMICO DEL PARQUE SOLAR FOTOVOLTAICO GUASIMAL III**

### **2.1 Caracterización de los Estudios de Factibilidad para la Unión Eléctrica**

Toda inversión requiere de un proceso de análisis y preparación, según sus características y complejidad, por eso antes de la elaboración del Estudio de Factibilidad de una inversión se realizan estudios y valoraciones previas, los que fundamentan la desestimación o continuidad del proyecto.

Dentro de los estudios previos al de factibilidad se encuentran el estudio de oportunidad y el de pre-factibilidad y en todos se realizan los mismos cálculos, para la determinación de los indicadores económico financieros, los que se diferencian en el nivel de documentación y en la exactitud de los datos

utilizados los que serán más exactos en la medida en que se avanza en estos estudios.

Estudio de Oportunidad ---- Ideas Preliminares ---- + 30% grado de imprecisión.

Estudio de Pre-Factibilidad ---- Soluciones Conceptuales ---- + 20% grado de imprecisión.

Estudio de Factibilidad ---- Ingeniería Básica ---- + 10% grado de imprecisión.

Elementos a aportar para la elaboración o evaluación de Estudios de Factibilidad de las inversiones que proponen las Entidades de la UNE.

- ✓ Antecedentes, objetivo, alcance y fundamentación de la inversión
- ✓ Certificación o solicitud del estudio de mercado (análisis demanda-capacidad)
- ✓ Descripción del proyecto a evaluar (incluye el análisis de la fuerza de trabajo y de los gastos de mantenimiento y operación)
- ✓ Certificación de indicadores técnicos
- ✓ Análisis de materias primas e insumos
- ✓ Energéticos
- ✓ Microlocalización
- ✓ Compatibilización con los intereses de la Defensa y demás organismos de Consulta. Elementos para la evaluación económica, tales como costo de la Inversión, costos de operación, ingresos o ahorros del proyecto. Todos los costos, ingresos y ahorros de la inversión deben estar diferenciados por moneda (CUC y CUP), así como la parte que corresponde a la importación (USD).
- ✓ Certificación de las fuentes de ingresos para la recuperación de la inversión, por el OSDE o la empresa.
- ✓ Estructura, términos y condiciones del financiamiento propuesto para ejecutar la Inversión.
- ✓ Otros elementos solicitados por INEL o la entidad consultora que realizará el estudio, según las características de la inversión. A partir de estos elementos aportados se elaborará el estudio técnico económico con los indicadores de eficiencia (VAN, TIR, RVAN y Periodo de

Recuperación), análisis de sensibilidad y las conclusiones y recomendaciones para la ejecución o no del Proyecto.

En el caso de la fundamentación de inversiones de Medios de Transporte se requiere además de la información anteriormente descrita la siguiente:

- Situación actual del parque automotor existente en la organización o entidad, con el aporte de los elementos siguientes:

Tipo de equipo, Parámetros de explotación, Capacidad, Años de explotación, Estado Técnico (B, R o M), Tipo de combustible y Distancia que recorren

- Determinar la demanda de producción o servicios
- Propuesta de equipos a adquirir, determinando si son por ampliación o reposición.
- Para proyectar el futuro deberá aportar:

Cantidad de Km. Recorrer, Combustible, Destino final de los equipos (hasta nivel de UEB o Actividad)

- Fuentes de Financiamiento de La Inversión, a partir de lo establecido por el MEP de que:

Equipos pesados: Obtener Financiamiento a 3 AÑOS

Camiones, microbús, ligeros: Obtener Financiamiento a 2 años, Autos y Motos: Obtener Financiamiento a 1 año

Los niveles de aprobación de las inversiones o estudios de factibilidad en la UNE son los siguientes:

Para inversiones Nominales de más de 15 Millones de pesos, vinculadas al incremento de capacidades productivas, de servicios y equipos automotores y que potencien la utilización de FRE y el incremento de la eficiencia energética: Empresas, UNE y MEP. Para inversiones Nominales de más de 15 Millones de pesos, vinculadas a reposición y reparaciones capitales: Empresas y UNE.

Para inversiones no Nominales hasta 15 Millones de pesos: Empresas y UNE.

Para inversiones no Nominales hasta 0.5 Millones de pesos: Empresas, las que aprobarán: A nivel de estudio de factibilidad: - La reposición simple de la actividad. (Sistemas ingenieros, maquinarias y equipos que garanticen la actividad fundamental). - Restitución, reequipamiento o sostenimiento, de uso administrativo (mobiliarios, equipos informáticos, equipos de clima, refrigeración, otros), siempre que no haya sido evaluada en los estudios donde se originó el activo en cuestión. Con estudios previos a la factibilidad: - Imprevistos para garantizar la actividad fundamental Información mínima a evaluar para ejecutar los imprevistos que garanticen la actividad fundamental, para lo cual la entidad deberá contar: - Objetivos, alcance y características técnicas de la inversión. - Presupuestos desglosado en componentes y monedas. - Cronograma directivo. - Fuentes de financiamiento. - La compatibilización con los OACE de consulta y rectores que corresponda. - La evaluación económica financiera: con los estados y flujos que permitan evaluar el afecto de la inversión en la operación de la entidad.

- Otros aspectos que se consideren de utilidad según las características propias. Los Comités de Evaluación de Inversiones (CEI) de las empresas de la UNE, enviarán a la Dirección de Inversiones del OSDE, trimestralmente, copia de los dictámenes de aprobación de los estudios de factibilidad de las inversiones que aprueban a su nivel.

## **2.2 Estudio de Factibilidad Técnico Económico del Parque Solar Fotovoltaico Guasimal 3**

### **Antecedentes**

La energía solar fotovoltaica es una fuente de energía que produce electricidad de origen renovable, obtenida directamente a partir de la radiación solar mediante un dispositivo semiconductor denominado célula fotovoltaica, o bien mediante una deposición de metales sobre un sustrato denominada célula solar de película fina.

Este tipo de energía se usa para alimentar innumerables aparatos autónomos, para abastecer refugios o casas aisladas y para producir electricidad a gran escala para redes de distribución. Debido a la creciente demanda de las fuentes renovables de energía, la fabricación de células solares e instalaciones fotovoltaicas ha avanzado considerablemente en los últimos años. Destacando el desarrollo tecnológico que ha logrado la República Popular China.

Desde hace unos años, los gobiernos y las instituciones públicas de muchos países han comenzado a aumentar su conciencia, no sólo frente a las limitaciones que presentan los recursos naturales, sino también frente a las consecuencias económicas de mantenerse dependientes de la importación de energías primarias de unos países cuya inestabilidad puede aumentar los precios de forma imprevisible. Por ello, son muchos ya los que han tomado diferentes tipos de medidas para fomentar el ahorro energético y el uso de energías renovables tales como la solar fotovoltaica donde el estado cubano es ejemplo de ello.

Con una disminución del 73% de su costo de generación desde 2010, la **energía solar** es una de las modalidades que ya ha demostrado resultados positivos en distintas partes del mundo, no sólo en proyectos a gran escala sino también para satisfacer las necesidades de los pueblos y las comunidades más alejadas y vulnerables. El informe de IRENA pone un especial énfasis en lo que se espera para los próximos dos años: los costos de la energía solar fotovoltaica se reducirán a la mitad para 2020.

Durante el 2017, los costos de generación con energía eólica terrestre y solar fotovoltaica se estimaron en seis centavos y 10 centavos de dólar por kWh (kilovatio hora), respectivamente. Para los próximos dos años se estima que los mejores proyectos podrían llegar a producir electricidad a sólo tres centavos de dólar por kWh, o incluso menos de esa cifra. Cabe destacar que el promedio de costo actual de generación de energía a través de **combustibles fósiles** oscila entre cinco y 17 centavos de dólar por kWh.

En este marco, Cuba ha iniciado desde el año 2012 con la instalación de Parques Solares Fotovoltaicos (PSFV) de Conexión a Red por todo el país, la estrategia diseñada para enfrentar esta situación supone básicamente seguir avanzando en la producción petrolera, especialmente off-shore, y elevar la

generación eléctrica a partir de FRE a 24% del total hacia 2030. El desarrollo de estas últimas requiere inversiones que se estiman en 3 700 millones de dólares, las que suponen también la participación de financiamiento foráneo y créditos intergubernamentales para llevarlas a cabo.

Uno de los programas llevados a cabo en nuestro país para aumentar la producción de energía renovable es la instalación de 100 MWp distribuidos en Parques Solares en todo el territorio nacional.

Este programa responde a la implementación de los lineamientos del Partido Comunista de Cuba específicamente al 204: Acelerar el cumplimiento del Programa aprobado hasta 2030, para el desarrollo de las fuentes renovables y el uso eficiente de la energía.

Específicamente en la provincia Sancti Spíritus se construirán 8 Parques solares pertenecientes a este programa de 100 MWp para un total de 22 MWp que serán conectados al Sistema Eléctrico Nacional.

La provincia de Sancti Spíritus con una extensión de 6744 km<sup>2</sup> ocupa el 6.08% del territorio nacional con una población aproximada de 453300.00 habitantes al cierre de agosto del 2014. La ciudad se encuentra en el centro del país, con frontera al Oeste con Villa Clara y al Suroeste con Cienfuegos específicamente con el municipio de Trinidad, al Este colinda la provincia de Ciego de Ávila.

Las zonas montañosas de la provincia correspondientes al Escambray se encuentran entre los municipios de Sancti Spíritus, Trinidad y Fomento.

En la actualidad se encuentra instalado y en explotación 2 Parques Solares uno ubicado en el municipio La Sierpe y el otro en Cabaiguán, el primero no pertenece al programa de los 100 MW.

El Parque Solar Fotovoltaico Guasimal 3 estará ubicado al sur del poblado de Guasimal en el municipio Sancti Spíritus, provincia Sancti Spíritus, con una capacidad de 2.2 MWp. El parque suministrará energía al circuito SU3010 que posee una carga de 9.02 MWp en el horario pico solar, siendo 34.5 kV el voltaje de conexión del mismo. Este parque cuenta con una extensión superficial de 3.5 ha ubicado a 8 km de la carga.; por sus características técnicas y la ubicación producirá un ahorro estimado de 2779 MWh/año debido a la reducción de pérdidas eléctricas y la generación limpia, lo que representa 20.842,3 t/año de

combustibles fósiles dejados de consumir equivalente a 2432 t/año de gases no emitidos a la atmósfera.

Según el Decreto Ley 327 del 2014, la clasificación de las inversiones es propuesta por el inversionista y es objeto de aprobación por la instancia que le corresponda. La inversión que nos ocupa se clasifica en:

- Constructiva y de montaje, de acuerdo con su naturaleza.
- Productiva, según su destino.
- No nominal, de acuerdo con la planificación, control y evaluación de las inversiones.
- Principal, por el papel que desempeña en el desarrollo económico y social.

### **Objetivo y Alcance**

El objetivo del presente trabajo es evaluar la factibilidad técnica, económica y financiera con las premisas actuales para la construcción de un Parque Solar Fotovoltaico en el poblado de Guasimal municipio Sancti Spíritus, con una carga nominal de 2.2 MW, con la característica fundamental de ser una instalación sincronizada al Sistema Eléctrico Nacional.

### **Fundamentación del Proyecto**

Este proyecto se origina por el interés de la Unión Eléctrica de desplegar parques fotovoltaicos conectados a las redes eléctricas del SEN como vía para incrementar la capacidad de generación eléctrica instalada, diversificar las fuentes de generación reduciendo consumos de combustibles fósiles y atenuar la contaminación atmosférica asociada a su quema, empleando la transformación directa en electricidad de la radiación solar, fuente renovable con manifestación estable y predecible en Cuba, que ha sido bien estudiada y caracterizada desde el punto de vista energético, y que:

- Reducirá la dependencia de importar combustibles fósiles que obligan al país a fuertes erogaciones de divisas, cuyos precios son inestables, tenderán a aumentar en el mediano y largo plazo, y que, aunque se

produzcan nacionalmente tienen elevado valor añadido si se emplean como materias primas para importantes procesos industriales.

- Fortalecerá el sistema eléctrico en la zona; reducirá los costos de generación en la región de emplazamiento y el costo general de generación en el SEN, principalmente al reducir las pérdidas eléctricas desde el generador hasta el usuario final.
- Reducirá los impactos ambientales debidos al calentamiento global por emisiones de gases de efecto invernadero y las lluvias ácidas.

El parque tendrá operadores in situ, para la protección, el mantenimiento ligero y supervisar su funcionamiento, por vía remota a través de sistemas de comunicaciones convencionales se tendrá información sobre la operación, previéndose intervenciones planificadas de un personal mínimo para su mantenimiento o reparaciones de mayor envergadura , tendrá un pequeño local de control automático que alojará los armarios generales de protecciones y de medición de la energía, y con facilidades básicas para apoyar las labores de verificación y mantenimiento. Además, contará con un sistema automatizado de vigilancia tecnológica y sistema de alarma contra intrusos.

*Los datos de este subepígrafe fueron tomados del documento Memoria Descriptiva elaborado por INEL como parte de la ingeniería básica del proyecto. (2)*

En cada proyecto ejecutivo de Plan General se preverán los siguientes objetos de obra:

Mesa Solar Fotovoltaica

Casa de Control (Contenerizada)

Contenedor Tecnológico (Contenerizado y se ubican Inversor-Transformador y Local de Celdas)

Estación Meteorológica

Garita de Entrada y Vigilancia

Garitas de Vigilancia

Tratamiento de Residuales Sociales



Tanque Soterrado para Agua

Tanque Elevado para Agua

Vial Interior

Cercado Perimetral

### Obras Civiles

La parte civil para la creación del parque solar fotovoltaico consta de las siguientes etapas constructivas:

- Cimentación de casa de control y contenedor tecnológico.
- Cimentación de las estructuras de soporte de los módulos fotovoltaicos.
- Garita de vigilancia y garita de entrada

Obras inducidas directas

Estas obras son:

-Línea eléctrica

- Vial de acceso

### **Análisis del mercado**

Teniendo en cuenta que el emplazamiento es de 2200kW de potencia y estará interconectado al Sistema Eléctrico Nacional, la presente inversión posee un mercado seguro, teniendo en cuenta que la energía producida será más económica garantizando los beneficios esperados. En la estrategia hasta el 2030 se prevé que la capacidad instalada de generación a partir de fuentes renovables alcance el 24%.

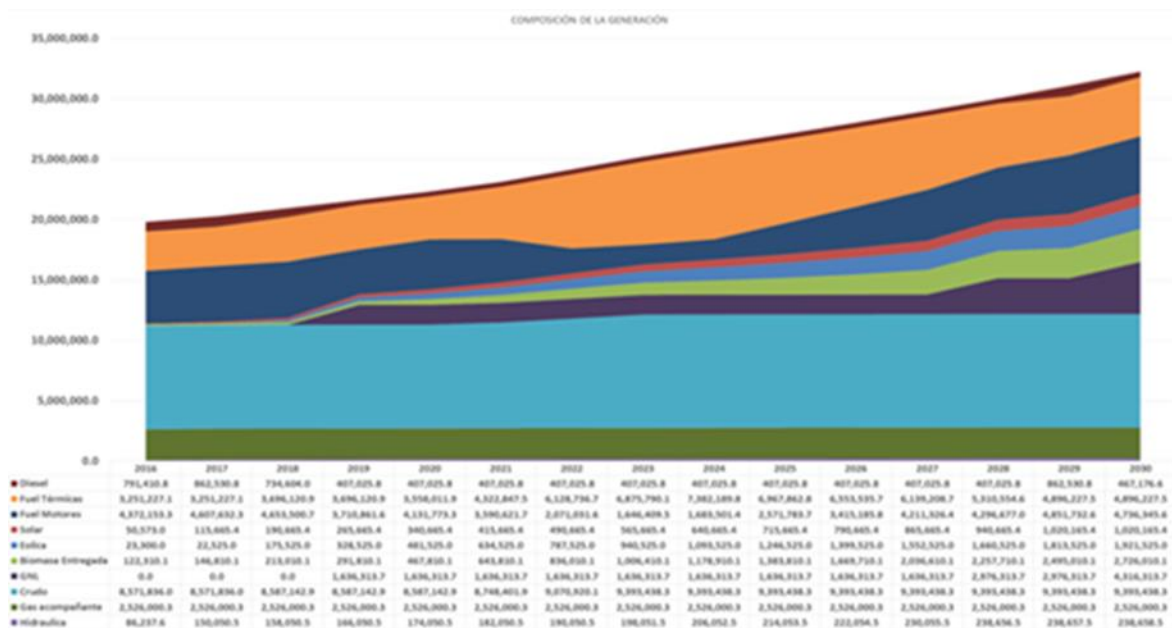


Figura 1 Producción actual y futura con fuentes renovables de energía en Cuba.

El municipio Sancti Spíritus posee un total de clientes residenciales de 58667, clientes privados 56038, clientes estatales 2629. El parque suministrará energía al circuito SU3010 que posee una carga de 9.02 MW en el horario pico solar, siendo 34.5 kV el voltaje de conexión del mismo. Este parque cuenta con una extensión superficial de 3.5 ha ubicado a 8 km de la carga. Con esta estrategia se provee que la capacidad instalada de generación a partir de fuentes renovables tenga un crecimiento constante en la demanda.

### Descripción Técnica del Proyecto

En este acápite se describirá el proyecto desde lo general a lo particular desde el punto de vista técnico. Se describirá también el lugar del emplazamiento, las características de este, los elementos generales del proyecto, componentes principales y sus características técnicas, los criterios de selección del equipamiento y los elementos tecnológicos de cada equipo componente.

### Requisitos técnicos principales

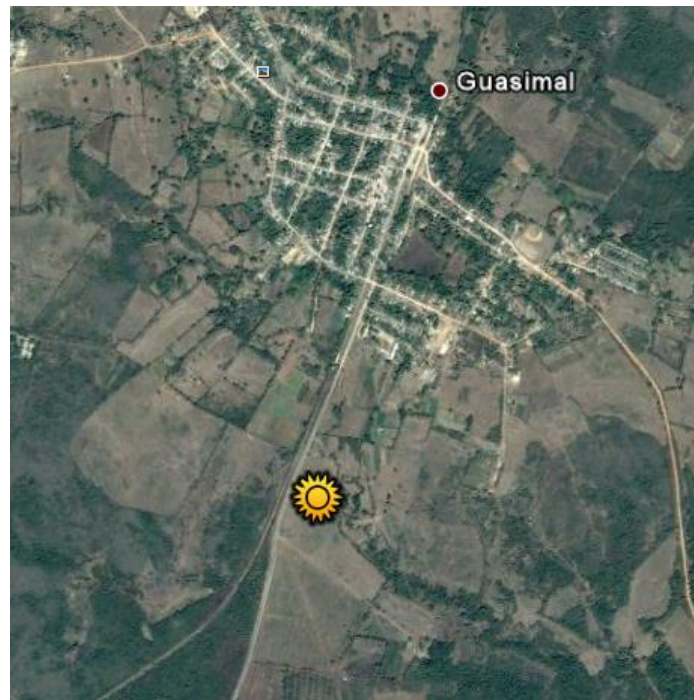
Estos datos fueron tomados del Estudio de Pre Factibilidad del programa de los 100 MWp. (1)

### Estructuras soportantes:

Para las estructuras soportes se montarán en mesas de 2x11 paneles, de fabricación china y la cimentación se hará mediante hincado.

## Evaluación del emplazamiento

En la figura siguiente (Figura 1) se muestra el emplazamiento, el área señalada corresponde al PSFV Guasimal 3.



*Figura 2 Área seleccionada para la construcción del PSFV Venegas Imagen tomada del Google.*

El área seleccionada se caracteriza por ser un área relativamente llana sin valor agrícola. Dicho emplazamiento tiene condiciones que facilitan su construcción, conexión a la red eléctrica y futura operación.

En resumen, sus ventajas son:

- Excelente exposición de los paneles fotovoltaicos, libres de obstáculos naturales o edificaciones que proyecten sombras que afecten su eficiencia.
- La orientación del Parque Fotovoltaico es al Sur, lo que permite un mayor aprovechamiento de la radiación solar para la generación de electricidad.
- Fácil adecuación del área a los requerimientos para emplazar los Parques Fotovoltaicos.
- Buena accesibilidad para el traslado de equipos pesados en su etapa constructiva (nivelación del terreno, acarreo de materiales, movimiento de tierra).
- La calidad del aire en la zona es satisfactoria para el propósito planteado al no haber emisiones industriales que puedan provocar deposiciones de

polvos sobre la superficie de los módulos fotovoltaicos que afecten su eficiencia. Ni aerosoles marinos.

### **Criterios de selección del equipamiento tecnológico principal**

- Módulos solares fotovoltaicos de silicio (mono o poli cristalino) con potencia de 250 Wp preferentemente de fabricación nacional.
- Conexiones entre módulos mediante terminales del tipo Multi-contact para garantizar rápida instalación con máxima fiabilidad y durabilidad de las conexiones de CD.
- Inversores centrales y de los tipos ya existentes en el país siempre que sea posible.
- Disponer de una alimentación independiente para servicio de planta que asegure energía para la vitalidad de los inversores, el sistema de monitoreo y de protección física.
- Sistema de supervisión remota que permita la comunicación y parámetros a transmitir. Se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:
  1. Se empleará el sistema de monitoreo definido por el fabricante.
  2. Se instalará sensores externos para monitorear variables meteorológicas adicionales (al menos radiación, temperatura ambiente, temperatura de módulos y velocidad del viento).
  3. Se registrarán todos los parámetros operacionales de interés a través de los inversores.
  4. Se empleará una data logger con modem de amplias prestaciones para la transmisión de datos al despacho de carga que se defina, generalmente el DPC.
  5. Se emplearán dos vías independientes de comunicación, según establecen las normativas de la UNE.

### **Disposición en el terreno de los componentes**

En base a la localización del emplazamiento, los módulos fotovoltaicos se anclarán a una estructura metálica formando un plano de 15° con la horizontal y

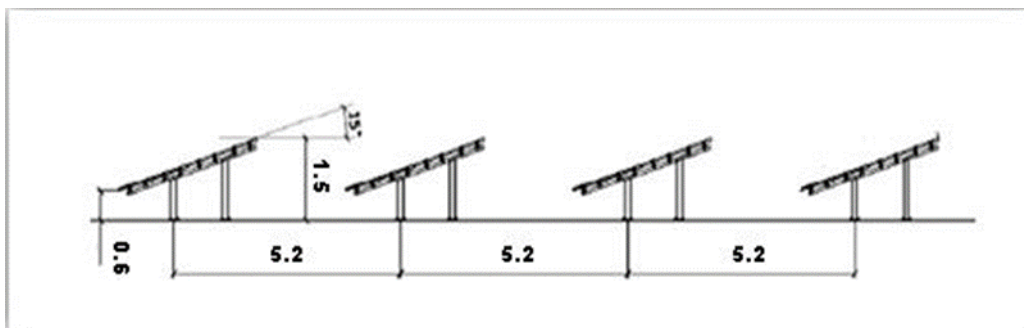
con orientación al Sur puro (acimut 0°). Se ha diseñado una estructura que eleve la parte baja de los módulos fotovoltaicos 0.6 m sobre el nivel del suelo para reducir las pérdidas de producción derivadas de los sombreados que pudieran ocasionar malezas propias del terreno y tierras.

La disposición de los módulos fotovoltaicos en dichas mesas responderá a un posicionamiento horizontal (apaisado) que otorgará al conjunto una mayor resistencia a los efectos de la carga de viento al disminuir la altura sobre nivel del suelo.

La sujeción de los módulos a la estructura se realizará por los cuatro puntos indicados por el fabricante.

Dicha sujeción se realiza mediante unas piezas o abrazaderas que además de no provocar sombreados en los módulos fotovoltaicos, aseguran la transmisión de cargas a la estructura. Para facilitar los trabajos de fabricación de las estructuras y montaje de los módulos fotovoltaicos a las estructuras o mesas, no se usarán los taladros que poseen en sus marcos.

La distancia entre filas de mesas es de 1.8 metros, como puede verse en la Figura 3.



*Figura 3 Separación entre subsistemas fotovoltaicos.*

Con ésta disposición y distribución en planta, se consiguen minimizar las pérdidas debidas a la orientación o a la inclinación, las pérdidas por sombreado y las pérdidas totales.

En el diseño, selección de equipos y configuración de planta se asegurará la capacidad para gestionar fácilmente la instalación por vía remota, visualizando los datos de funcionamiento de manera rápida, sencilla y eficaz. Para este proyecto se comunicarán a nivel de campo:

- Ocho inversores SC 500MV.

- Una Estación meteorológica automática compuesta por data logger, sensores de radiación, temperatura de celdas de los módulos, temperatura ambiente y velocidad de viento.
- Un Sistema de seguridad (detección de intrusos y alarma remota).
- Contadores bidireccionales de energía.

Como ventajas de la solución propuesta se destacan:

- Desde el punto de vista de explotación de la instalación, el operador de la planta podrá configurarla para gestionar la producción, lo que le conferirá una capacidad de control absoluta sobre la misma.

### **Tecnología**

El PSFV estará compuesto por:

- 2 Contenedores Tecnológicos (Inversor-Transformador)
- 1 Casa de control
- 400 mesas
- 8800 Módulos Fotovoltaicos de 250 Wp
- 28 Cajas de Conexión de Cadenas SunBox™ PVS-16M.

EL programa fotovoltaico a desarrollar estará conformado por 8800 módulos fotovoltaicos de 250 Wp de potencia unitaria, acoplados a 2 inversores solares de potencia nominal 500 kW cada uno. De esta manera, el proyecto cuenta con una potencia total de 2.2 MWp.

### **Inversores solares**

Se utilizarán 2 inversores solares modelo SG500MX de fabricación china y potencia 500 kW cada uno, cada inversor presentará 8 entradas de corriente directa, de estas se emplearán 7 quedando una de reserva, la tensión de salida del inversor será de 315 V en CA, y su corriente máxima 1008 A, 60 HZ, por cumplir los requisitos de la solicitud de oferta y por su versatilidad al posibilitar la totalidad de las configuraciones con módulos solares. Referirse a las características técnicas de catálogo de los inversores, puede emplearse una tabla como la siguiente:

Inverter Specifications:

ITEMS	SG500MX-V31	
<b>Input (DC)</b>		
Max. DC power	560KW	
Max. DC Input volt	1000V	
Start voltage	520V	
Min working voltage	500V	
MPPT volt range	500Vdc~850Vdc	
Max. DC Input current	1120A	
No. of DC inputs	8/16	
<b>Output (AC)</b>		
Rated output power	500KW	
Max. output power	550KVA	
Max. AC output current	1008A	
Rated grid voltage	315Vac	
Grid Voltage range	250-362Vac	
Rated grid frequency	50Hz/60Hz	
Grid frequency range	47-52Hz/57-62Hz	
THD of output current	<3% at nominal power	
DC current Injection	<0.5% of rated output power	
Power Factor adjustable	0.9(lagging) ~0.9(leading)	
<b>Efficiency</b>		
Max. efficiency	98.7% (without transformer)	
European efficiency	98.5% (without transformer)	
<b>Protection</b>		
Input side disconnection	DC load switch	
Output side disconnection	AC load switch	
DC overvoltage protection	Yes	
AC overvoltage protection	Yes	
Grid monitoring	Yes	
Ground fault monitoring	Yes	
Over temperature protection	Yes	
Insulation monitoring	Yes	
Surge protection for aux. power supply	Yes	
<b>General data</b>		
Dimension (W×H×D)	1606×2034×860mm	
Net weight	1700kg	
Operating temperature	-30℃ ~ +65℃ (up to 55℃ without derating)	
Power consumption at night	<100W	
External aux. power supply voltage	400Vac (L-L)	
Cooling Method	Controlled force-air cooling	
Ingress Protection	IP20 (indoor)	
Relative humidity	0~95%, non-condensing	
Max. operating altitude	6000m (operation with derating above 3000m)	
Fresh air consumption	4500m <sup>3</sup> /h	
Display	Touch screen	
Communication protocol	Modbus	
Standard Comm. Interface	RS485	



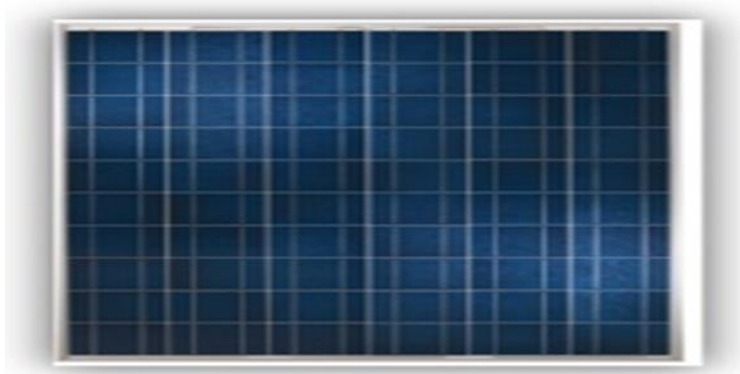
*Tabla 1 Características de los inversores.*

## Módulos solares

Para este proyecto, se utilizará el módulo solar con una potencia pico de 250 Wp y una tolerancia positiva de 5W. A continuación, se indican algunas de sus características generales.

- Módulo formado por 60 células solares multicristalinas con muy alta eficiencia.
- Dimensiones: 1650 mm x 990 mm x 40 mm.
- Peso: 20 kg





*Figura 4 Cadena de módulos en el parque diseñado*

### **Interconexiones**

Los módulos fotovoltaicos se agruparán a razón de 22 módulos fotovoltaicos todos montados sobre una misma mesa y formando una cadena (string), está conectada a una caja concentradora de 16 entradas y una salida, la que se conectará a la entrada de corriente directa existente en el inversor SG500MX.

Cada 1,1 MW presentará el siguiente arreglo:

200 strings que estarán conectados a 14 cajas de conexiones.

22 módulos que conformarán un string

Cada inversor de 500 kW (dos por 1,1 MW) tendrá 7 cajas concentradoras con 100 string en paralelo

Las conexiones de corriente directa entre módulos de cada mesa y la caja concentradora se realizarán empleando conectores Multi-Contact y conductores SEZ 2x(1x4mm<sup>2</sup>); estos serán adosados a las estructuras metálicas de soporte mediante grapas con espiga roscada o irán canalizados por el perfil superior de la mesa, para impedir su rotura por fricción o fatiga, debido a oscilaciones inducidas por el viento, o por tracción o impactos causados accidentalmente por algún vehículo que circule dentro del área en labores de inspección o mantenimiento. En el caso donde se necesite cruzar entre filas para llegar a la caja concentradora se emplearán tuberías flexibles de 4 pulgadas directamente enterrada para los conductores de 4 mm<sup>2</sup>.

La conexión entre la caja concentradora y los gabinetes de corriente directa de los inversores, será con cable multiconductor de dos vías tipo ZR-YJV22-2x70 mm<sup>2</sup>, 0.6/1 kV, de cobre, aislamiento XLPE, con forro exterior de PVC. Esta instalación será en cable directamente enterrado.



La conexión entre las celdas de salida se realizará con cables monoconductores tipo ZR-YJV22-3(1x70 mm<sup>2</sup>) , 26/35 kV. Esta instalación será en cable directamente enterrado.

Toda la canalización será directamente enterrada, a una profundidad de 1000 mm, cuando la canalización se cruce con el cable de la malla de tierra esta ira por encima del cable de malla de tierra, quedando la malla a una profundidad mínima de 1000.

Los cables de baja tensión o corriente directa irán separados entre ellos a 80 mm, el cable de media tensión estará separado de los circuitos de baja tensión a una distancia de 250 mm.

El cruce de los viales se realizará en líneas de conductos de embebidos en hormigón de 200 kg/cm<sup>2</sup>, con un saliente de 1000 mm como mínimo del borde externo del vial.

Cuando la distancia entre los conductores de media tensión y la línea de comunicación sea menor de 500 mm, los circuitos irán a diferentes niveles.

Sistema de seguridad y vigilancia

Los componentes del sistema de Seguridad serán:

- Un cercado perimetral.
- Garita de Vigilancia.
- Iluminación Perimetral y Vial.
- Sistema de puesta a tierra.
- Protección contra descargas eléctricas y sobretensiones.

Las características y fundamentaciones de cada uno de los componentes se pueden obtener en la Memoria Descriptiva del proyecto entregada por INEL.

### **Cronograma Directivo**

Este PSFV tienes prevista su ejecución en 336 días contados desde octubre de 2017 a diciembre de 2018 según el cronograma directivo facilitado por el Inversionista Directo. El mismo incluye las tres etapas del proceso inversionista y se muestra el cronograma directivo en la siguiente tabla.

<b>Id</b>	<b>Nombre de tarea</b>	<b>Duración</b>	<b>Comienzo</b>	<b>Fin</b>
1	PSFV Guasimal (2.2 MWp)	336 días	23/10/2017	17/12/2017
2	Elaboración de la documentación necesaria para la fase de Pre Inversión	72 días	23/10/2017	22/01/2018
3	Entrega de Proyectos	15 días	31/05/2018	16/07/2018
4	Entrega de Suministros de malla de tierra, alumbrado perimetral y materiales de montaje	1 día	01/06/2018	01/06/2018
5	Entrega de Estructuras metálicas	1 día	04/06/2018	04/06/2018
6	Entrega de Módulos Fotovoltaicos	1 día	17/09/2018	17/09/2018
7	Entrega de suministros Tecnológicos	1 día	24/09/2018	24/09/2018
8	Construcción de Facilidades Temporales	6 días	02/05/2018	08/05/2018
9	Preparación del Área	27 días	09/05/2018	11/06/2018
10	Cercado Perimetral	44 días	06/08/2018	21/09/2018
11	Garita de Entrada	52 días	20/08/2018	20/10/2018
12	Garita de Vigilancia	33 días	27/08/2018	08/10/2018
13	Alumbrado Perimetral	24 días	03/09/2018	01/10/2018
14	Hincado de Pilotes(160 u/días)	25 días	30/07/2018	31/08/2018
15	Montaje de mesas(400) (10u/ días)	40 días	06/08/2018	27/09/2018
16	Montaje de paneles.(8800) (352 u/días)	25 días	18/09/2018	15/10/2018
17	Malla Tierra	50 días	03/09/2018	05/11/2018
18	Cimentación de MVPS	40 días	27/08/2018	09/10/2018
19	Cimentación de la Casa de Control	15 días	01/10/2018	18/10/2018
20	Redes hidro- sanitarias	7 días	18/10/2018	25/10/2018
21	Montaje de MVPS	4 días	09/10/2018	12/10/2018
22	Montaje de la Casa de Control	1 días	25/10/2018	25/10/2018
23	Conexión de cables de corriente directa	48 días	01/10/2018	21/11/2018
24	Conexión de cables de media tensión	27 días	22/10/2018	24/11/2018
25	Configurar y ajustar protecciones de salida( según carta ajuste emitida por el grupo de protecciones OBE)	2 días	26/11/2018	28/11/2018
26	Comprobar esquema de control	2 días	29/11/2018	30/11/2018
27	Anillar las llaves de los seccionadores según esquema de trabajo	2 horas	30/11/2018	01/12/2018
28	Pruebas de caja String ( según procedimiento de SM)	3 días	30/11/2018	03/12/2018
29	Instrumentación Automática	10 días	03/12/2018	13/12/2018
30	Equipos de campo	1.8 días	03/12/2018	04/12/2018
31	Equipos de Casa de Control	1,8 días	05/12/2018	06/12/2018
32	SCADA	6,4 días	06/12/2018	13/12/2018
33	Estación Meteorológica	10 días	12/11/2018	22/11/2018
34	Sistema contra descargas Atmosféricas	10 días	12/11/2018	22/11/2018
35	Autorización del despacho para energizar	1 hora	14/12/2018	14/12/2018
36	Conexión al SEN	5 horas	05/12/2018	06/12/2018
37	Pruebas del Equipamiento Conectado	3 días	14/12/2018	16/12/2018
38	Puesta en Explotación	1 hora	17/12/2018	17/12/2018
39	Elaboración del estudio de Post Inversión	14 días	18/06/2020	03/07/2020

## **Permisos y Avals requeridos para la fase de Pre Inversión**

### Microlocalización

Se cuenta con el aval de IPF para el programa. Se ha concebido el proyecto compuesto por 1 Parque Fotovoltaico ubicado en Guasimal poblado del municipio Sancti Spíritus. Integrado por 8800 módulos fotovoltaicos de 250 Wp cada uno. La planta solar fotovoltaica tributará su energía a la red eléctrica local a un nivel de tensión de 34.5 kV (nominal) a través de un transformador central de conexión.

### Medio Ambiente

Tal y como plantea la Microlocalización se deben cumplir con las orientaciones de la Ley 81 del Medio Ambiente. Se recomienda la realización del estudio de impacto ambiental del emplazamiento, así como el estudio de Peligro, Vulnerabilidad y Riesgo.

Se cuenta con el aval del CITMA para el programa. La ejecución de esta inversión tiene como objetivo construir un Parque Solar Fotovoltaico con una potencia total de 2.2 MW para incrementar las entregas de energía al Sistema Eléctrico Nacional a partir de fuentes renovables, lo que permite reducir el consumo de combustible fósiles en el SEN y por consiguiente disminuye la contaminación ambiental.

El efecto positivo que supone la generación eléctrica con energía Solar queda reflejado en primer término, en la eliminación de las emisiones gaseosas, en comparación con las producidas en centrales térmicas.

### **Avals**

- Se cuenta con el aval del MINFAR para la instalación de dicho emplazamiento.
- Se cuenta con el aval de INRH.
- Se cuenta con el aval de ETECSA.
- Se cuenta con el aval del Departamento Tierra, Tractores y Suelos del MINAG.
- Se cuenta con el aval de MINSAP HIGIENE.

- Se cuenta con el aval de ONURE
- Se cuenta con el aval de la Defensa
- Se cuenta con aval del Centro Provincial de Vialidad
- Se cuenta con aval de la UNE OBE Provincial
- Estos forman parte de las respuestas de los organismos de consulta de la Dirección Provincial Planificación Física.

### **Fuentes de Financiamiento**

La instalación de estos 2.2 MWp en el poblado de Guasimal, Sancti Spiritus, pertenece al programa de instalación de los 100 MWp en PSFV el cual contará con diferentes fuentes de financiamiento en divisas a través de la obtención de créditos.

Para llevar a cabo la inversión descrita se prevé un crédito en Divisas del Banco de Desarrollo Chino que cubrirá el 85% del monto de importación, además incluye la prima de seguro de SINOSURE y los intereses asociados al crédito, así como los intereses del crédito de la banca cubana que cubrirá el monto asociado a la divisa local. Las condiciones del financiamiento planteadas en el presente estudio son las siguientes:

#### a) Crédito Banco de Desarrollo Chino

Monto del préstamo: 1664.3 MUSD

Comisión de Administración: 1,0 %. Se paga una sola vez, sobre el monto total del Crédito. Constituye una condición precedente para la utilización del mismo.

Período de gracia: 3 años

Intereses: 5.2 %. Durante el período de gracia solo se pagan intereses, los días 1 de febrero y agosto de cada año, se calculan a partir de la primera utilización del Crédito, sobre el monto utilizado.

Principal: Se paga a partir de que concluya el período de gracia en 24 cuotas iguales semestrales, los días 21 de enero y de julio de cada año que corresponda.

El seguro se financia con fondos líquidos aportados por el Ministerio de Economía y Planificación (MEP). El resto de la inversión se financia con fondos propios.

### **Estudio Económico Financiero**

La evaluación económica financiera constituye la etapa del Estudio de factibilidad donde se mide si la magnitud de los beneficios obtenidos con la ejecución del proyecto supera los costos y gastos incurridos. Los resultados de esta evaluación demostrarán la rentabilidad del proyecto, así como sus aportes en divisas a la economía nacional.

### **Premisas del análisis**

Las premisas definidas fueron entregadas por la Dirección de Energía Renovable de la Unión Eléctrica. Esta misma dirección aprobó el uso para la realización del estudio económico financiero la herramienta (FV 1 año inversión), capacitando en la misma a los realizadores del estudio en un curso teórico-práctico efectuado en los meses de abril-mayo/2017.

Además de las premisas utilizadas las cuales fueron definidas para cada programa se utilizaron valores como la Energía en MWh/an en el territorio de construcción del parque, las horas de sol equivalente anual/ diaria, la irradiación promedio diaria y anual, estos valores fueron entregados por el Instituto de Meteorología en el curso teórico-práctico impartido. Ver Anexo 1.

Las premisas para el análisis definidas por la Unión Eléctrica son las siguientes:

- Los valores de los indicadores financieros y las tablas de salidas de datos están dados en CUC y Moneda Total.
- Tasa de cambio  $1\text{USD} = 1\text{CUC} = 1\text{CUP}$ . Establecidas por la Resoluciones 80 del 2014 y la Resolución 65 del 2003 del Banco Central de Cuba.
- El horizonte temporal: 25 años.
- El factor de crecimiento de la eficiencia de la generación del panel será de 0.99
- El factor de emisión a utilizar es de  $0.8753 \text{ t CO}_2/\text{MWh}$
- Para el cálculo de los ingresos utilizar el costo del kWh promedio de  $0,19 \text{ CUC/kWh}$  y  $0.45\text{MT/kWh}$  y la demanda de energía en MWh local.

- La tasa de actualización: 8%, 12% y 15%
- Tasa Interna de Retorno(TIR): mayor que el 9%
- Precio promedio ponderado del SEN: Los precios de los combustibles utilizados fueron los plantados en el reporte de la UNE y de la Agencia de Información de Energía de USA,2017.
- El cálculo de la depreciación se realiza utilizando tasas máximas teniendo en cuenta lo establecido en la Resolución 701 del 2015 del MFP.
- Capital de Trabajo
  - Cuentas por Cobrar: 30 días de cobertura
  - Efectivo en Caja y Banco:30 días de cobertura
  - Cuentas por Pagar: 45 días de cobertura
  - Piezas de Repuesto: 180 días de cobertura
- Pérdidas en distribución: 14,6%.
- Consumo Neto Especifico Distribución: 300 g/kWh.
- Índice de los Costos de mantenimientos: 0,002 CUC/kWh y 0,006 cup/kWh
- Impuesto del 2% sobre las ventas.
- Contribución territorial para el desarrollo local: 1% de las ventas brutas
- Impuesto sobre utilidades: 35%

### **Indicadores Económicos**

Los principales indicadores calculados son los siguientes:

- Costo de inversión
- Capital de trabajo
- Costo de totales de producción
- Ingresos y ahorros por eficiencia

### **Costo de Inversión**

El costo de inversión preliminar ha sido elaborado teniendo en cuenta experiencias anteriores y resultados alcanzados en la instalación de los parques solares fotovoltaicos que en la actualidad ya se encuentran en funcionamiento (**La Sierpe, Sancti Spíritus y Neiva en Cabaiguán**), así como ofertas técnicas recibidas para el equipamiento tecnológico de un PSFV,

además de los costos de importación de equipos del programa de 100 MWp. A partir de este monto y sobre la base de la capacidad a instalar, se estimó el resto de los acápites de inversión tomando como base las particularidades del entorno nacional.

Los costos de inversión son todos los que se incurren desde la etapa de preparación de la inversión hasta su puesta en funcionamiento. Están formados por el capital fijo y el capital de explotación neto o capital de trabajo. Es importante señalar que se ha considerado un 6% de incertidumbre en el cálculo de los costos totales de inversión para cubrir omisiones e incrementos de precios.

En las siguientes tablas se muestran los valores de inversión del proyecto utilizando la plantilla de la empresa Hidroenergía aprobada por la Dirección de Fuentes Renovables de la Unión Eléctrica.

**Monto de Inversión para la Evaluación Económica Financiera.**

	MCUC	MCUP	MT	Importación
				MUSD
<b>1. Inversión Fija</b>	<b>3401.9</b>	<b>2131.6</b>	<b>5533.5</b>	<b>1958.0</b>
<b>Construcción y Montaje</b>	<b>663.1</b>	<b>818.0</b>	<b>1481.1</b>	<b>434.6</b>
<b>Equipos</b>	<b>2733.4</b>	<b>1254.6</b>	<b>3988.0</b>	<b>1523.4</b>
<b>Inversiones Inducidas Directas</b>	<b>5.4</b>	<b>59.0</b>	<b>64.4</b>	
Vial de acceso	3.8	55.7	59.5	
Línea Eléctrica	1.6	3.4	5.0	
<b>2. Gastos Previos de Producción</b>	<b>453.9</b>	<b>404.4</b>	<b>858.3</b>	<b>303.4</b>
<b>3. Capital Fijo(1+2)</b>	<b>3855.8</b>	<b>2536.1</b>	<b>6391.9</b>	<b>2261.4</b>
<b>4. Capital de Trabajo Inicial</b>	<b>47.5</b>	<b>65.1</b>	<b>112.5</b>	
<b>Inversión Total (3+4)</b>	<b>3903.3</b>	<b>2601.1</b>	<b>6504.4</b>	<b>2261.4</b>

El desglose por partidas se adjunta como **Anexo 2**

## Monto de Inversión para la Planificación.

TOTAL					AÑO 1			
Total	MT	MCUC	MN	MUSD	MT	MCUC	MN	MUSD
Construcción&Montaje	1481,1	663,1	818,0	434,6	1481,1	663,1	818,0	434,6
Equipos	3988,0	2733,4	1254,6	1523,4	3988,0	2733,4	1254,6	1523,4
Obras inducidas	64,4	5,4	59,0	0,0	64,4	5,4	59,0	0,0
Otros	858,3	453,9	404,4	303,4	858,3	453,9	404,4	303,4
<b>Valor Inversión</b>	<b>6391,9</b>	<b>3855,8</b>	<b>2536,1</b>	<b>2261,4</b>	<b>6391,9</b>	<b>3855,8</b>	<b>2536,1</b>	<b>2261,4</b>
Capital Trabajo	112,5	47,5	65,1	0,0	112,5	47,5	65,1	0,0
<b>Total de la Inversión</b>	<b>6504,4</b>	<b>3903,3</b>	<b>2601,1</b>	<b>2261,4</b>	<b>6504,4</b>	<b>3903,3</b>	<b>2601,1</b>	<b>2261,4</b>

### Capital de trabajo

El capital de explotación o capital de trabajo corresponde a los recursos financieros necesarios para explotar el proyecto en forma total o parcial. Para el cálculo del capital de explotación neto o de rotación fueron consideradas las siguientes premisas:

- *Cuentas por Cobrar:* se consideraron 30 días de Cobertura o Rotación.
- *Materias Primas:* se consideraron 30 días de Cobertura o Rotación.
- *Piezas de Repuesto:* se consideraron 180 días de Cobertura o Rotación.
- *Efectivo en Caja:* se consideraron 30 días de Cobertura o Rotación.
- *Cuentas por pagar:* se consideraron a 45 días de Cobertura o Rotación.

El cálculo del capital de trabajo se observa en el anexo 3, en este caso vemos que no existen dificultades financieras para explotar el proyecto, ya que se contara con los recursos financieros requeridos y existen incrementos de aprovechamiento de la capacidad anual durante su período de asimilación en ambas monedas y a nivel total.

### Costos Totales de Producción

Para la conformación de los costos totales de producción se han tenido en cuenta los costos de operación, los gastos financieros y la depreciación. En el



anexo 4 se tabulan los costos totales producción por componentes durante la vida útil del proyecto.

## Costos de Operación

### Salarios

Según las premisas aprobadas se contará con 8 operadores y 1 jefe de brigada, cuyos salarios se especifican en la siguiente tabla:

BRIGADA DE OPERACION	Cantidad	VALORES UNITARIOS			% estim. MN	70%	Total Mensual			Total Anual		
		Salario Básico	Pago por Perfecc.	Salario total	Estim. MN	Estim. CUC (Percápita)	Salario total MN	Estim. MN	Estim. CUC (Total)	Salario total MN	Estim. MN (70%)	Estim. CUC
Operadores	8	315	75	390	273	18	3.120	2.184	144	37.440	26.208	1.728
Jefe de Brigada	1	360	75	435	305	18	435	305	18	5.220	3.654	216
				0	0		0	0	0	0	0	0
				0	0		0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>9</b>	<b>675</b>	<b>150</b>	<b>825</b>	<b>578</b>	<b>36</b>	<b>3.555</b>	<b>2.489</b>	<b>162</b>	<b>42.660</b>	<b>29.862</b>	<b>1.944</b>

Tabla 2 Salario operadores.

Los costos totales debido a salario se muestran a continuación en donde se han tenido en cuenta los impuestos a esos efectos y la contribución a la seguridad social.

Salarios Directos e Indirectos	Retribución Anual
Cálculo del salario Anual (MCUP)	<b>42,7</b>
Cálculo estimulación Anual (MCUP)	<b>29,9</b>
TOTAL Salario y Estim. en MCUP	<b>72,5</b>
Cálculo estimulación Anual (MCUC)	<b>1,9</b>
Impuesto sobre FT CUP	5,00% <b>3,7</b>
Contrib. Secur. Social CUP	14,00% <b>10,4</b>

Tabla 4 Salarios directos e indirectos.

### Mantenimiento

En la siguiente tabla se muestran los gastos anuales de mantenimiento según las premisas planteadas:

Gastos materiales de mantenimiento	MT	MCUC	MCUP
Generación (kWh) lineal	2.595.044	2.595.044	2.595.044
Indice de mto	0,0080	0,0020	0,006
(Nueva,Rehab=1) / (Remod,Ampl=0)		1	1
<b>Valor Anual</b>	<b>20,8</b>	<b>5,2</b>	<b>15,6</b>

Tabla 5 Gastos materiales de mantenimiento.

## Depreciación

Tomado del EPFTE del programa de los 100 MW. (1)

Para la realización del estudio se utilizó el método de depreciación lineal aplicando, para los diferentes acápite los porcentos correspondientes a cada tipo de activo, según lo que establece la resolución 379-2003 del Ministerio de Finanzas y Precios.

Transporte.....	20%
Gastos previos.....	20%
Software y equipos Tecnología de informática y Comunicaciones .....	6,7%
Edificaciones y equipos tecnológicos.....	4

**(Ver Anexo 5)**

## Costo nivelado de la Energía

Una forma de comparar los resultados de proyectos de igual tecnología es a través del costo nivelado de la energía generada. En este caso se comparan costos para producir una unidad de energía con los costos unitarios del Sistema Eléctrico Nacional (SEN).

Con el objetivo de evaluar proyectos y poder proponer su nivel de prioridad frente a otros, la plantilla de evaluación de la Empresa de Hidroenergía cuenta con una herramienta para calcular el costo nivelado de la energía (LCOE por sus siglas en inglés), en la misma se ha adoptado el método de cálculo que por convenio internacional resulta el más empleado en esta tecnología. En la tabla 6 aparece el costo nivelado de la energía del proyecto con y sin financiamiento.

<b>Costo Nivelado</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>LCOE con financiamiento</b>	<b>LCOE sin financiamiento</b>
CUC/MWh	189.9	108.93	127.60
CUP/MWh	259.16	150.95	154.07
MT/MWh	449.06	259.88	281.67

En cuanto al costo nivelado para la inversión se aprecia que, en ambos casos, tanto CUC como MT es menor que el Costo unitario del SEN.

### **Ingresos o Ahorros del Proyecto**

Por la naturaleza renovable del proyecto, los ahorros serán vistos como el combustible necesario para generar igual cantidad de energía que el proyecto en cuestión, al mismo tiempo, la cuantificación del ahorro en divisas se verá como la cantidad de divisas, en miles de pesos, ahorrada por no tener que importar la cantidad de combustible que se necesita quemar en fuentes fósiles para generar la energía propuesta en este proyecto.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores y que la presente inversión tiene como objetivo fundamental que la planta esté interconectada al SEN razón por la que no tendrá un consumidor único o definido, se consideró para el presente estudio una tarifa promedio de: 0,19 CUC/kWh y 0,26 cup/kWh para una tarifa total de 0,45 cup/kWh.

#### **GP\*(1-IPP) x Tarifa = Ingresos**

Dónde:

**GP:** Generación del PSFV

**IPP:** Índice de pérdida de los paneles.

**Tarifa Divisas** = 0,19 CUC/kWh

**Tarifa Moneda total** = 0,45 cup/kWh

Para evaluar los ahorros por este concepto se tuvo en cuenta la cantidad de toneladas ahorradas, para ello se consideró la energía dejada de servir por el SEN (150 GWh/año) el índice de pérdidas de los paneles (un 20% en 25 Años), el consumo específico neto promedio del SEN (279,4 g/kWh), las pérdidas en

transmisión (5%) y el precio promedio ponderado de una tonelada de combustible en el SEN (Según lo planificado en la proyección 2015-2040).

Los ahorros partieron del siguiente cálculo:

$$\mathbf{GP * (1-IPP) x CEN / (1-p) x P= Ahorro}$$

**GP:** Generación del PSFV

**IPP:** Índice de pérdida de los paneles.

**CEN:** Consumo Específico Neto de Sistema Eléctrico Nacional.

**p:** Pérdidas de distribución.

**P:** Precio Promedio Ponderado del combustible en el Sistema Eléctrico Nacional.

La generación eléctrica con energía solar genera un efecto positivo al medio ambiente eliminar las emisiones gaseosas, en comparación con las producidas en

Para el cálculo de la cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub> se tuvo en cuenta el factor de emisión utilizado por la UNE, dato ofrecido por la UEB de Ingeniería Ambiental de INEL: 0,8753Tn de CO<sub>2</sub> por cada MWh generado. El impacto considerado en el presente estudio se basa en el siguiente cálculo:

$$\mathbf{GPS x Fe = Tn CO_2}$$

Dónde:

**GPS:** Generación promedio anual de los parques Solares (MWh) una vez instalada toda la potencia.

**Fe:** Factor de Emisión de CO<sub>2</sub> por cada MWh generado.

Para el cálculo se utilizó la energía promedio anual, que incluye la pérdida de eficiencia de los paneles durante todo el horizonte temporal evaluado.

De lo anterior se deriva que se ingresen como promedio valores superiores a los 28550.6 en Moneda Total y de ellos más de 12320.0 MCUC. **(Ver anexo 6)**

Para el cálculo de los ingresos por este concepto en ambas monedas se tuvo en cuenta que la sincronización de los parques se hará de manera escalonada

durante los dos primeros años de inversión y en el tercer año ya estará toda la potencia instalada en operación.

El proyecto por sus características técnicas y la ubicación producirá un ahorro estimado de 19462.8 toneladas de combustible, lo que equivale a un ahorro de 13419.8 MCUC durante toda la vida del proyecto.

Como se puede apreciar el programa de instalación de 100 MWp en Parques Solares Fotovoltaicos tiene un impacto positivo en el medio ambiente, en este caso se dejarán de emitir a la atmósfera, anualmente, valores superiores a las 2271 toneladas de CO2. **(Vea anexo 7)**

### Resultados de la Evaluación Financiera

Los principales indicadores económicos a que se hará referencia son VAN, TIR, RVAN, PRD, PRS. Se evaluará el resultado con y sin financiamiento externo según las premisas.

La evaluación económica de este proyecto indica que es factible su ejecución bajo las premisas planteadas, debe destacarse que la tasa de descuento aplicada resultó ser de **8%**. En los próximos acápites se presentarán los resultados de la evaluación.

A continuación, se muestra el análisis financiero con y sin financiamiento. Como puede verse en la siguiente tabla el análisis sin financiamiento muestra que bajo las premisas planteadas el proyecto de inversión es factible. Véase que en ambas monedas de análisis el VAN es 1772.4 MCUC y 4081.2 MMT.

Sin Financiamiento	(MCUC)	Sin Financiamiento	(MMT)
VAN	1.772,4	VAN	4.081,2
TIR	13,6%	TIR	16,3%
PRS	6,8	PRS	5,5
PRD	10,2	PRD	7,4
Inversión descontada	3.903,3	Inversión descontada	6.504,4
RVAN	0,5	RVAN	0,6

Tabla 7 Resultados de la evaluación financiera.

En cuanto a los valores obtenidos de la TIR se aprecia que en el caso de la moneda CUC se obtuvo como resultado 13.6 % el cual es mayor que la TIR definida en las premisas del proyecto (8%), en este caso el proyecto es

rentable bajo las premisas planteadas. El periodo de recuperación en esta moneda se espera en los 10 primeros años de puesto en marcha el parque. En el caso del análisis en Moneda Total el proyecto es rentable bajo las premisas planteadas obteniendo un 16.3 % de TIR. El periodo de recuperación en esta moneda se espera en los primeros 7 años de puesto en marcha el parque.

Como se observa, el proyecto de inversión al contar con el financiamiento previsto los resultados en ambas monedas es favorable. A partir de las condiciones de financiamiento antes mencionadas, el proyecto en CUC muestra un VAN de 2303.6 MCUC, mientras que en la moneda total se obtienen beneficios superiores a los 4612.4 MCUP. En cuanto a los valores de la TIR, el proyecto en CUC es de 19.7% y en moneda total es de 20.2%, superior en ambos casos a la tasa definida en las premisas. El período de recuperación en moneda total muestra que el proyecto se recupera en 6 años.

Con Financiamiento	(MCUC)	Con Financiamiento	(MMT)
VAN (10 %)	2.303,6	VAN	4.612,4
TIR	19,7%	TIR	20,2%
PRS	4,6	PRS	4,5
PRD	6,2	PRD	5,6
Inversión descontada	3.903,3	Inversión descontada	6.504,4
RVAN	0,6	RVAN	0,7

*Tabla 8 Resultados de la evaluación financiera con financiamiento.*

Para evaluar la factibilidad económica y financiera del proyecto también se calculó el flujo de caja para la planificación financiera en ambas monedas y el proyecto de balance. Se pudo constatar que el proyecto en todos los años de su vida útil cuenta con suficientes ingresos para cubrir sus obligaciones. **(Ver anexo 6 y 8).**

#### **Análisis del flujo de caja en USD para el balance externo**

Para el país, esta inversión es factible al sustituir importaciones de forma directa por concepto de ahorro de combustibles. El VAN del flujo de caja en USD resultante de esta evaluación es de 3089.2 MUSD con un periodo de recuperación de 2.5 años, en la siguiente tabla se muestran los resultados de este análisis.

	MUSD
VAN	3.089,2
TIR	42,2%
RVAN	5,2
PRS	2,3
PRD	2,5

*Tabla 9 Análisis del flujo de caja para el balance externo*

### **Análisis de Sensibilidad**

Se realizó un análisis de sensibilidad para cubrir la incertidumbre de los datos utilizados en la evaluación del proyecto, variando los parámetros iniciales que más influyen en los resultados obtenidos. Para ello se consideraron variaciones de hasta un 30% en el costo de la inversión y en el costo de operación y mantenimiento respecto a variaciones de hasta un 30% en la generación.

A continuación, se muestra el análisis de sensibilidad para el proyecto con financiamiento, nótese la sensibilidad del proyecto ante variaciones de la tasa de descuento.

Indicador		TIR del Capital Social en MT (Con Financiamiento)				
Umbral		9,00%				
		Generación (MWh)				
		70%	85%	100%	115%	130%
Costo de la inversión	70%	18,9%	24,5%	30,0%	35,4%	40,6%
	85%	14,8%	19,6%	24,3%	28,9%	33,5%
	100%	11,8%	16,1%	<b>20,2%</b>	24,2%	28,2%
	115%	9,5%	13,3%	17,0%	20,6%	24,1%
	130%	<b>7,6%</b>	11,1%	14,4%	17,7%	20,9%

Indicador		TIR del Capital Social en MT (Con Financiamiento)				
Umbral		9,00%				
		Generación (MWh)				
		70%	85%	100%	115%	130%
Costo de operación y mantenimiento	70%	12,5%	16,7%	20,9%	24,9%	28,9%
	85%	12,2%	16,4%	20,5%	24,6%	28,5%
	100%	11,8%	16,1%	<b>20,2%</b>	24,2%	28,2%
	115%	11,4%	15,7%	19,8%	23,9%	27,8%
	130%	11,1%	15,3%	19,5%	23,5%	27,5%

Indicador		VAN en MUSD del Proyecto Balanza de Pagos				
Tasa actualización		8,00%				
		Precio del petróleo ponderado SEN				
		70%	85%	100%	115%	130%
Costo de la inversión	70%	2.041,2	2.808,3	3.575,4	4.342,5	5.109,6
	85%	1.798,1	2.565,2	3.332,3	4.099,4	4.866,5
	100%	1.555,0	2.322,1	<b>3.089,2</b>	3.856,3	4.623,3
	115%	1.311,9	2.079,0	2.846,0	3.613,1	4.380,2
	130%	1.068,8	1.835,8	2.602,9	3.370,0	4.137,1

Tabla 10 Análisis de sensibilidad con financiamiento.

Al analizar los resultados del VAN en MT se obtiene que el proyecto es factible, obteniendo un VAN de 4081.2. En caso que se tome una Tasa de Descuento mayor que el 8% el Valor Actual Neto disminuirá, pero la inversión continuara siendo rentable para la empresa.



Indicador		TIR de la Inversión en MT (Sin Financiamiento)				
Umbral		9,00%				
		Generación (MWh)				
		70%	85%	100%	115%	130%
Costo de la inversión	70%	15,8%	20,2%	24,5%	28,8%	33,0%
	85%	12,3%	16,1%	19,8%	23,3%	26,9%
	100%	9,8%	13,1%	<b>16,3%</b>	19,4%	22,5%
	115%	<b>7,9%</b>	10,9%	13,7%	16,5%	19,2%
	130%	<b>6,3%</b>	9,1%	11,7%	14,2%	16,6%

Indicador		TIR de la Inversión en MT (Sin Financiamiento)				
Umbral		9,00%				
		Generación (MWh)				
		70%	85%	100%	115%	130%
Costo de operación y mantenimiento	70%	10,4%	13,7%	16,9%	20,0%	23,0%
	85%	10,1%	13,4%	16,6%	19,7%	22,8%
	100%	9,8%	13,1%	<b>16,3%</b>	19,4%	22,5%
	115%	9,5%	12,9%	16,1%	19,2%	22,2%
	130%	9,2%	12,6%	15,8%	18,9%	22,0%

Sensibilidad del VAN en MT para proyecto sin financiamiento a la tasa de descuento						
		Tasa de descuento				
		4,0%	5,6%	8,0%	12,0%	15,0%
Valor Actual Neto MMT		8.099,3	6.224,8	4.081,2	1.664,5	437,0

Tabla 11 Análisis de sensibilidad sin financiamiento.

## Consideraciones finales del capítulo

Después de haber analizado el proyecto de inversión desde los puntos de vistas técnico, económico y financiero, se concluye que:

- Con la realización de este proyecto se obtiene una producción promedio anual de 2595 MWh/ Año, lo que representa un ahorro de 19462.8 t de combustible durante toda la vida del proyecto y de 13419.8 MCUC por concepto de sustitución de importaciones, dejándose de emitir anualmente a la atmósfera 2271 t de CO<sub>2</sub>.
- Bajo las premisas plantadas los resultados del estudio para la empresa son favorables teniendo en cuenta que los indicadores de rentabilidad obtenidos son los esperados.
- La balanza de pago beneficio país arroja resultados favorables en todos los indicadores por lo que el proyecto se justifica a partir de estos resultados.

## **CONCLUSIONES**

1. Se logró determinar los fundamentos teóricos que sustentan el funcionamiento de paneles fotovoltaicos, los cuales tienen un impacto positivo sobre el medioambiente, bajos costos de operación y una larga vida útil, que hacen de esta fuente de obtención de energía una variante tecnológica competitiva.
2. Los indicadores económicos financieros muestran resultados favorables, lo que hace de la propuesta de inversión de la construcción del PSFV Guasimal 3 una excelente alternativa de inversión.
3. El análisis económico y financiero demuestra la existencia de beneficios que se derivan del ahorro de combustible y la protección al medio ambiente al dejar de emitir a la atmosfera CO<sub>2</sub> producto a la quema de combustibles fósiles.

## **RECOMENDACIONES**

1. Por la importancia del proyecto en el programa de desarrollo energético para el país se propone someter el presente estudio a la consideración de las partes pertinentes, con el objetivo de su aprobación.
2. Controlar el presupuesto de inversión de modo que no se exceda de los valores aquí planteados. Al mismo tiempo la planificación de los mantenimientos tanto físico como en valores debe permitir que se cumpla con la generación esperada.

## BIBLIOGRAFIA

1. A. S. Sera, Energía solar fotovoltaica. Temas seleccionados. Cuba: Editorial Academia, 2013.
2. Almaguer López, Rafael Antonio. (2007) "Bases metodológicas para la elaboración de estudios de factibilidad en Cuba" Publicado en el sitio de la intranet UCLV: <http://consultor.fce.edu.cu>.
3. Baca Urbina, G. (2001) "Evaluación de Proyectos". 4ta Ed. McGraw-Hill Interamericana de México, S. A. De C. V.
4. Brealey, R., Myers, S. (1995) "Fundamentos de Financiación Empresarial". 4ta Ed. McGraw-Hill Interamericana de España S. A.
5. Carrasquero, Domingo. (2004) "El estudio de mercado. Guía para estudios de factibilidad". Publicado en el sitio de Internet: <http://www.gestiopolis.com/recursos3/docs/mar/estmktpref>
6. Castro, R., Mokate, M. (1998) "Evaluación económico social de proyectos de inversión". Ed. UniAndes. Santa Fé de Bogotá, Colombia.
7. C. C. Torralvo, "Modelos para la caracterización eléctrica de módulos fotovoltaicos en condiciones de sol real," Tesis Doctoral, Departamento de Física Aplicada, Universidad de Málaga, Malaga, España, mayo, 2015.
8. D. C. M. Figueredo. Cuba hacia 100% con energías renovables.
9. Díaz Durán, Mario. (2004) El índice riesgo país: medición del nivel de riesgo de inversión. Publicado en el sitio de internet: <http://www.monografias.com/trabajos15/riesgo-pais/riesgo-pais.shtml>.
10. "Fuentes renovables de energía abre camino de la actualización," Granma, 2014.
11. J. I. A. M. (NAP). (2002, Energía solar fotovoltaica. 103.
12. Koch Tovar, Josefina. (2006) "Manual del Empresario Exitoso". Publicado en el sitio de Internet: <http://www.eumed.net/libros/2006c/210>
13. Luna, Rafael. (1999) "Manual para determinar la factibilidad económica de proyectos". Publicado en el sitio de Internet: <http://www.capas.org>
14. Macario Alberto, J. (1996) "Fuentes de Financiación y Control de la Inversión". Folleto, Ed. Maestría en Formulación, Evaluación y Administración de Proyectos de Inversión, Córdoba, Argentina.
15. Mascareñas, Juan (1999) Innovación financiera. Aplicaciones para la gestión empresarial. Ed. McGraw Hill, España.


16. Mascareñas, Juan. (2001) La valoración de proyectos de inversión productivos, Editorial Universidad Complutense de Madrid, España.
17. Mascareñas, Juan. (2004) El riesgo en la empresa, Editora Pirámide, Madrid.
18. Mascareñas, Juan. (2004) Opciones reales en la valoración de proyectos de inversión. Ed. Universidad Complutense de Madrid, España.
19. Ministerio de Ciencia Tecnología y medio ambiente. (2007) "RESOLUCIÓN N° 126/2007, Procedimiento para la Evaluación de los Estudios de Factibilidad de las Inversiones vinculadas a las esferas de la ciencia, la tecnología y medio ambiente". Publicada en la Gaceta Oficial Ordinaria No. 53, de fecha 03/08/2007.
20. Ministerio de Economía y Planificación (MEP) y Ministerio de Finanzas y Precios (MFP). (2005) "Resolución Conjunta No. 1 /2005". Publicada en la Gaceta Oficial Ordinaria.
21. Rocabert, J. P. (1999) La evaluación de políticas y proyectos. Criterios de valoración económicos y sociales". Ed. Icaria & Antrazyt. Barcelona, España.
22. Sánchez Machado, I. R. (2003) Enfoque económico social de evaluación de proyectos de inversión. Tesis doctoral en Ciencias Económicas, CDICT, Universidad de La Habana.
23. Sánchez Machado, I.R. (2002) "Tópicos especiales sobre evaluación de proyectos de inversión". Monografía. Ed. CDICT- Facultad de Tecnología de la industria. Universidad Nacional de Ingeniería Managua, Nicaragua.
24. Sánchez Machado, I. R (2006) "Monografía Evaluación de proyectos de inversión" Universidad Central de las Villas.
25. Sapag Chain, N. y Sapag Chain, R. (1995) "Preparación y Evaluación de Proyectos". 3ra Ed. McGraw Hill Interamericana S. A.
26. S. E. International, Fotovoltaica. Manual de diseño e instalación
27. Suárez, A. (1986) "Decisiones óptimas de inversión y financiación". Ed. Pirámide S. A., Madrid, España.
28. Vélez Pareja, I. (2000) Evaluación financiera de proyectos de inversión, Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
29. Weston, J. F. & Brigham, E. (1994) "Fundamentos de Administración Financiera". 10ma Ed. McGraw-Hill.

30. Ministerio de Economía y Planificación (MEP) y Ministerio de Finanzas y Precios (MFP). (2005) "Resolución Conjunta No. 1 /2005". Publicada en la Gaceta Oficial Ordinaria.

31. Decreto No. 327 del 23 de enero del 2015 que abarca todas las inversiones que se ejecutan en el territorio nacional por entidades estatales, sociedades mercantiles de capital ciento por ciento cubano, Empresas Mixtas, Asociaciones Económicas Internacionales (AEI) y Empresas de capital totalmente extranjero.

## ANEXOS

### Anexo 1: Energía y Valores de la Inversión

Nombre de la inversión		GUASIMAL 3		 <a href="#">Click aquí RETScreen</a>				
Potencia (kWp)	2.200,0	Coordenadas	21,72			-79,47	Enclave	Sancti Spiritus
H = Irradiación promedio diaria y anual		<sup>0</sup> Inclinación	15,0	<sup>0</sup> azimut	0,0	5,737	2,094	
A = Area total PSFV (m <sup>2</sup> )							14.864,9	m <sup>2</sup>
r = Rendimiento del módulo SFV (%)							14,8%	
i = Rendimiento del inversor							98,4%	
v = Pérdidas varias (polvo, cables, "mismatching", etc.)							12,0%	
FU = Factor de utilización							17,7%	
Horas de sol equivalente anual/diaria							1.548,0	5,2
E = Energía (MWh/an)							3.405,5	1,55
Tipo de conexión							Red-Central	Deb tipo

Total	TOTAL				AÑO 1			
	MT	MCUC	MN	MUSD	MT	MCUC	MN	MUSD
Construcción&Montaje	1481,1	663,1	818,0	434,6	1481,1	663,1	818,0	434,6
Equipos	3988,0	2733,4	1254,6	1523,4	3988,0	2733,4	1254,6	1523,4
Obras inducidas	64,4	5,4	59,0	0,0	64,4	5,4	59,0	0,0
Otros	858,3	453,9	404,4	303,4	858,3	453,9	404,4	303,4
<b>Valor Inversión</b>	<b>6391,9</b>	<b>3855,8</b>	<b>2536,1</b>	<b>2261,4</b>	<b>6391,9</b>	<b>3855,8</b>	<b>2536,1</b>	<b>2261,4</b>
Capital Trabajo	112,5	47,5	65,1	0,0	112,5	47,5	65,1	0,0
<b>Total de la Inversión</b>	<b>6504,4</b>	<b>3903,3</b>	<b>2601,1</b>	<b>2261,4</b>	<b>6504,4</b>	<b>3903,3</b>	<b>2601,1</b>	<b>2261,4</b>

## Anexo 2 Desglose de la Inversión por partidas

INSTALACION:

DESGLOSE DE CONCEPTOS DE INVERSION

% de desviación **6%**

**GUASIMAL 3**

Costos iniciales (créditos)	Unidad				AÑO 1				TOTAL				
	Medida	Costo unit.			Cantidad	Costo total			Cantidad	Importe total			
		MCUC	MCUP	MMT		MUSD	MCUC	MCUP		MMT	MUSD	MCUC	MCUP
<b>Estudio de factibilidad</b>													
Inspección del sitio				0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Evaluación de recursos				0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Estudio de impacto ambiental		2,1	4,6	6,7	1,0	2,2	4,9	7,1	0,0	1,0	2,2	4,9	7,1
Diseño preliminar				0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Estimado de costos detallado				0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Estudio de Factibilidad				0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Gerencia del proyecto				0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Víáticos y alojamiento			2,1	2,1	1,0	0,0	2,2	2,2	0,0	1,0	0,0	2,2	2,2
Transporte		3,3		3,3	1,0	3,5	0,0	3,5	0,0	1,0	3,5	0,0	3,5
				0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>SUBTOTAL FACTIBILIDAD</b>				0,0		<b>5,7</b>	<b>7,1</b>	<b>12,8</b>	<b>0,0</b>		<b>5,7</b>	<b>7,1</b>	<b>12,8</b>
<b>Desarrollo</b>													
Negociaciones del contrato				0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Permisos y autorizaciones		16,3	65,4	81,7	1,0	17,3	69,3	86,6	0,0	1,0	17,3	69,3	86,6
Topografía y estudio de derechos de tierra		6,5	84,1	90,6	1,0	6,9	89,1	96,0	0,0	1,0	6,9	89,1	96,0
Financiamiento del proyecto		0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Legal y contabilidad				0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Gerencia del proyecto		28,1		28,1	1,0	29,8	0,0	29,8	0,0	1,0	29,8	0,0	29,8
Víáticos y alojamiento		2,1	51,2	53,3	1,0	2,2	54,3	56,5	0,0	1,0	2,2	54,3	56,5
Transporte		45,8		45,8	1,0	48,5	0,0	48,5	0,0	1,0	48,5	0,0	48,5
Compatibilización con la Defensa	%			-				0,0					0,0
Facilidades temporales y otros				0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>SUBTOTAL DESARROLLO</b>				0,0		<b>104,7</b>	<b>212,7</b>	<b>317,5</b>	<b>0,0</b>		<b>104,7</b>	<b>212,7</b>	<b>317,5</b>
<b>Ingeniería</b>													
Proyecto Vial de acceso		1,8	6,2	8,0	1,0	1,9	6,6	8,5	0,0	1,0	1,9	6,6	8,5
Proyecto Línea eléctrica				0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Proyecto Casa de Control, subestación		1,0	3,7	4,7	1,0	1,1	3,9	5,0	0,0	1,0	1,1	3,9	5,0
Proyecto Tecnológico		5,1	18,2	23,3	1,0	5,4	19,3	24,7	0,0	1,0	5,4	19,3	24,7
Supervisión de la construcción				0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Capacitación		10,0	15,0	25,0	1,0	10,6	15,9	26,5	0,0	1,0	10,6	15,9	26,5
Asistencia técnica en la const. y puesta en marcha		6,0	80,0	86,0	1,0	6,4	84,8	91,2	0,0	1,0	6,4	84,8	91,2
Otros proyectos		13,9	51,0	64,9	1,0	14,7	54,1	68,8	0,0	1,0	14,7	54,1	68,8
<b>SUBTOTAL INGENIERIA</b>				0,0		<b>40,1</b>	<b>184,5</b>	<b>224,6</b>	<b>0,0</b>		<b>40,1</b>	<b>184,5</b>	<b>224,6</b>
<b>Gastos financieros del préstamo</b>													
Intereses durante la construcción				0,0		303,4	0,0	303,4	303,4		303,4	0,0	303,4
<b>TOTAL GASTOS PREVIOS</b>				0,0		<b>453,9</b>	<b>404,4</b>	<b>858,3</b>	<b>303,4</b>		<b>453,9</b>	<b>404,4</b>	<b>858,3</b>



Sistema eléctrico de potencia

<b>Casa de control</b>	<b>463,9</b>	<b>340,1</b>	<b>804,0</b>	<b>437,2</b>		<b>491,7</b>	<b>360,5</b>	<b>852,2</b>	<b>463,4</b>		<b>491,7</b>	<b>360,5</b>	<b>852,2</b>	<b>463,4</b>
Casa de control	390,1	75,4	465,5	390,1	1,0	413,5	79,9	493,4	413,5	1,0	413,5	79,9	493,4	413,5
Antena y estación meteorológica	47,1	12,1	59,2	47,1	1,0	49,9	12,8	62,8	49,9	1,0	49,9	12,8	62,8	49,9
Auxiliares de la casa de control			0,1			0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Montaje civil de la casa de control	6,7	70,7	77,4		1,0	7,1	74,9	82,0	0,1	1,0	7,1	74,9	82,0	0,1
Montaje tecnológico de la casa de control	20,0	181,9	201,9		1,0	21,2	192,8	214,0	0,1	1,0	21,2	192,8	214,0	0,1
Transportación de la casa de control			0,1			0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Inversor</b>	<b>204,8</b>	<b>81,7</b>	<b>286,5</b>	<b>0,1</b>		<b>217,1</b>	<b>86,6</b>	<b>303,7</b>	<b>0,1</b>		<b>217,1</b>	<b>86,6</b>	<b>303,7</b>	<b>0,1</b>
Inversor	180,2	35,1	215,3		1,0	191,0	37,2	228,2	0,1	1,0	191,0	37,2	228,2	0,1
Auxiliares del inversor			0,1			0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Montaje civil del inversor			0,1			0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Montaje tecnológico del inversor	2,5	38,4	40,9		1,0	2,7	40,7	43,4	0,1	1,0	2,7	40,7	43,4	0,1
Transportación del inversor	22,1	8,2	30,3		1,0	23,4	8,7	32,1	0,1	1,0	23,4	8,7	32,1	0,1
<b>Generador fotovoltaico 1</b>	<b>2.470,3</b>	<b>1.369,8</b>	<b>3.840,1</b>	<b>1.360,0</b>		<b>2.618,5</b>	<b>1.452,0</b>	<b>4.070,5</b>	<b>1.441,6</b>		<b>2.618,5</b>	<b>1.452,0</b>	<b>4.070,5</b>	<b>1.441,6</b>
Mesas - Materiales	401,8	78,3	480,1	360,0	1,0	425,9	83,0	508,9	381,6	1,0	425,9	83,0	508,9	381,6
Mesas - Auxiliares			0,1			0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mesas - Movimiento Tierra			0,1			0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mesas - Construcción civil	132,2	390,5	522,7		1,0	140,1	413,9	554,1	0,1	1,0	140,1	413,9	554,1	0,1
Mesas - Montaje tecnológico	26,3	124,1	150,4		1,0	27,9	131,5	159,4	0,1	1,0	27,9	131,5	159,4	0,1
Mesas - Transportación materiales		15,1	15,1		1,0	0,1	16,0	16,0	0,1	1,0	0,1	16,0	16,0	0,1
Módulo FV - Materiales	1.840,2	233,9	2.074,1	1.000,0	1,0	1.950,6	247,9	2.198,5	1.060,0	1,0	1.950,6	247,9	2.198,5	1.060,0
Módulo FV - String box y Auxiliares	0,1	0,1	0,1			0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Módulo FV - Montaje tecnológico	61,7	493,3	555,0		1,0	65,3	522,9	588,2	0,1	1,0	65,3	522,9	588,2	0,1
Módulo FV - Transport de materiales	8,1	34,6	42,7		1,0	8,6	36,7	45,3	0,1	1,0	8,6	36,7	45,3	0,1
SUBTOTAL MESAS	560,3	608,0	1.168,3	360,0		593,9	644,5	1.238,4	381,6		593,9	644,5	1.238,4	381,6
SUBTOTAL MODULO	1.910,0	761,8	2.671,8	1.000,0		2.024,5	807,5	2.832,1	1.060,0		2.024,5	807,5	2.832,1	1.060,0
<b>SUBTOTAL EQUIPOS</b>						<b>3.327,3</b>	<b>1.899,1</b>	<b>5.226,4</b>	<b>1.905,0</b>		<b>3.327,3</b>	<b>1.899,1</b>	<b>5.226,4</b>	<b>1.905,0</b>

Obras civiles y otras

Obras inducidas

Camino de acceso

Mov. tierra camino de acceso y viales internos

Const. civil camino de acceso y viales internos

Transportación de los materiales utilizados

Línea eléctrica

Materiales de la línea eléctrica

Movimiento de tierra de la línea eléctrica

Montaje tecnológico de la línea eléctrica

Transportación de recursos de la línea eléctrica

Objetos de obra directos

Cercado perimetral

Materiales para el cercado perimetral

Movimiento de tierra para cercado

Construcción civil de cercado

Montaje tecnológico del cercado

Transportación de materiales del cercado

Alumbrado perimetral

Materiales para alumbrado

Movimiento de tierra para alumbrado

Construcción civil de alumbrado

Montaje tecnológico del alumbrado

Transport. de materiales del alumbrado

Otras Obras civiles

Garita

Otros

SUBTOTAL OBRAS CIVILES

TOTAL CAPITAL FIJO

Repuestos

Capital de trabajo financiero

TOTAL CAPITAL DE TRABAJO

COSTO TOTAL DE INVERSION

					5,4	59,0	64,4	0,0		5,4	59,0	64,4	0,0
					3,8	55,7	59,5	0,0		3,8	55,7	59,5	0,0
					1,5	13,8	15,3		1,0	1,6	14,6	16,2	0,0
	km				2,1	38,7	40,8		1,0	2,2	41,0	43,2	0,0
							0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
					1,5	3,2	4,7	0,0		1,6	3,4	5,0	0,0
	km				0,6	1,2	1,8		1,0	0,6	1,3	1,9	0,0
							0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
					0,9	2,0	2,9		1,0	1,0	2,1	3,1	0,0
							0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
									0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
									69,2	173,5	242,7	53,0	
										69,2	173,5	242,7	53,0
					7,8	45,0	52,8	50,0		8,3	47,7	56,0	53,0
					2,4	25,0	27,4	50,0	1,0	2,5	26,5	29,0	53,0
					2,0	8,0	10,0		1,0	2,1	8,5	10,6	0,0
					3,4	12,0	15,4		1,0	3,6	12,7	16,3	0,0
					0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
							0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
					13,1	34,4	47,5	0,0		13,9	36,5	50,4	0,0
					6,5	15,2	21,7		1,0	6,9	16,1	23,0	0,0
					1,2	3,5	4,7		1,0	1,3	3,7	5,0	0,0
					5,0	15,5	20,5		1,0	5,3	16,4	21,7	0,0
					0,4	0,2	0,6		1,0	0,4	0,2	0,6	0,0
							0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
					44,4	84,3	128,7	0,0		47,1	89,4	136,4	0,0
					15,5	30,1	45,6		1,0	16,4	31,9	48,3	0,0
					28,9	54,2	83,1		1,0	30,6	57,5	88,1	0,0
							0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
									74,6	232,6	307,2	53,0	
										74,6	232,6	307,2	53,0
									3.401,9	2.131,7	5.533,6	1.958,0	
										3.401,9	2.131,7	5.533,6	1.958,0
									2,6	7,8	10,4	0,0	
					44,9	57,3	102,2			44,9	57,3	102,2	
									47,5	65,1	112,5	0,0	
										47,5	65,1	112,5	0,0
									3.903,3	2.601,1	6.504,4	2.261,4	
										3.903,3	2.601,1	6.504,4	2.261,4









## Anexo 6: Flujo de caja para la Planificación Financiera

MCUC		TOTAL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26		
<b>ENTRADAS DE EFECTIVOS (1)</b>		16223.3	3903.3	547.4	542.5	537.7	532.9	528.2	523.5	518.8	514.2	509.7	505.1	500.6	496.2	491.8	487.4	483.1	478.8	474.5	470.3	466.1	462.0	457.9	453.8	449.8	445.8	441.8		
<b>Recursos financieros</b>		3903.3	3903.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Capital Propio (incluye intereses durante construcción)		2239.0	2239.0																											
Préstamos		1664.3	1664.3	-																										
<b>Ingresos o Ahorros del Proyecto</b>		12320.0	0.0	547.4	542.5	537.7	532.9	528.2	523.5	518.8	514.2	509.7	505.1	500.6	496.2	491.8	487.4	483.1	478.8	474.5	470.3	466.1	462.0	457.9	453.8	449.8	445.8	441.8		
Ingresos netos por Venta de Electricidad		12320.0	0.0	547.4	542.5	537.7	532.9	528.2	523.5	518.8	514.2	509.7	505.1	500.6	496.2	491.8	487.4	483.1	478.8	474.5	470.3	466.1	462.0	457.9	453.8	449.8	445.8	441.8		
<b>SALIDAS DE EFECTIVO (2)</b>		5698.5	3903.3	6.7	6.7	6.7	145.4	145.4	145.4	145.4	145.4	145.5	145.5	145.5	145.5	145.5	145.5	145.5	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	-31.5	
<b>Incremento Activo Fijo o Inv. Total</b>		3855.8	3855.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Inversión Fija		3401.9	3401.9										0.0										0.0							
Costos Previos (deducido interés pagado)		453.9	453.9																											
<b>Incremento de Capital de Explotación Neto</b>		0.0	47.5	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-38.7	
<b>Costos de Operación</b>		178.4	0.0	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1
<b>Impuestos</b>		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Servicios de la deuda (si procede)</b>		1664.3	0.0	0.0	0.0	0.0	138.7	138.7	138.7	138.7	138.7	138.7	138.7	138.7	138.7	138.7	138.7	138.7	138.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Intereses y otros costos financieros		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Reembolso del Préstamo		1664.3	0.0	0.0	0.0	0.0	138.7	138.7	138.7	138.7	138.7	138.7	138.7	138.7	138.7	138.7	138.7	138.7	138.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Aporte 50% rendimiento estatal</b>		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>SALDO ANUAL (1-2)</b>		10524.8	0.0	540.6	535.8	531.0	526.2	521.4	516.6	511.8	507.0	502.2	497.4	492.6	487.8	483.0	478.2	473.4	468.6	463.8	459.0	454.2	449.4	444.6	439.8	435.0	430.2	425.4		
<b>SALDO ACUMULADO FINAL</b>				540.6	1076.4	1607.4	2138.4	2669.4	3200.4	3731.4	4262.4	4793.4	5324.4	5855.4	6386.4	6917.4	7448.4	7979.4	8510.4	9041.4	9572.4	10103.4	10634.4	11165.4	11696.4	12227.4	12758.4	13289.4	13820.4	14351.4

Moneda Total

	TOTAL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26		
<b>ENTRADAS DE EFECTIVOS (1)</b>	33050.0	6304.4	1268.5	1257.2	1246.1	1235.0	1224.0	1213.1	1202.4	1191.7	1181.1	1170.6	1160.2	1149.3	1138.7	1128.5	1119.5	1109.5	1099.7	1089.9	1080.2	1070.6	1061.1	1051.7	1042.3	1033.1	1023.9		
<b>Recursos financieros</b>	6304.4	6304.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Capital Propio (incluye intereses durante construcción)	4840.1	4840.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Préstamos	1664.3	1664.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Ingresos o Ahorros del Proyecto</b>	2850.6	0.0	1268.5	1257.2	1246.1	1235.0	1224.0	1213.1	1202.4	1191.7	1181.1	1170.6	1160.2	1149.9	1139.7	1129.5	1119.5	1109.5	1099.7	1089.9	1080.2	1070.6	1061.1	1051.7	1042.3	1033.1	1023.9		
0.0	0.0																												
Venta de Electricidad	2850.6	0.0	1268.5	1257.2	1246.1	1235.0	1224.0	1213.1	1202.4	1191.7	1181.1	1170.6	1160.2	1149.9	1139.7	1129.5	1119.5	1109.5	1099.7	1089.9	1080.2	1070.6	1061.1	1051.7	1042.3	1033.1	1023.9		
<b>SALIDAS DE EFECTIVO (2)</b>	22065.1	6304.4	443.1	437.7	432.3	563.7	560.4	636.8	631.6	626.5	512.7	509.2	669.0	728.0	721.5	714.9	708.5	583.4	613.1	719.0	712.8	706.6	700.5	694.4	688.4	682.4	585.5		
<b>Incremento Activo Fijo o Inv. Total</b>	6301.9	6301.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Inversión Fija	5533.6	5533.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Costos Previs (deducido interés pagado)	858.3	858.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Incrom. de Capital de Explotación Neto</b>	0.0	112.5	-1.0	-0.9	-0.9	-0.9	-0.9	-0.9	-0.9	-0.9	-0.9	-0.9	-0.9	-0.9	-0.9	-0.9	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	
<b>Costos de Operación</b>	2300.7	0.0	95.2	95.2	95.2	95.2	95.2	95.2	95.2	95.2	95.2	95.2	95.2	95.2	95.2	95.2	95.2	95.2	95.2	95.2	95.2	95.2	95.2	95.2	95.2	95.2	95.2	95.2	95.2
<b>Impuestos</b>	4728.8	0.0	27.1	27.0	26.9	26.8	26.6	26.5	26.4	26.3	26.2	26.1	272.6	269.1	265.7	262.2	258.8	255.4	261.2	336.0	332.8	329.5	326.3	323.1	319.9	316.8	313.6		
<b>Servicios de la deuda (si procede)</b>	1664.3	0.0	0.0	0.0	138.7	138.7	138.7	138.7	138.7	138.7	138.7	138.7	138.7	138.7	138.7	138.7	138.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Intereses y otros costos financieros	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Reembolso del Préstamo	1664.3	0.0	0.0	0.0	138.7	138.7	138.7	138.7	138.7	138.7	138.7	138.7	138.7	138.7	138.7	138.7	138.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
<b>Aporte SWk rendimiento estatal</b>	6899.5	0.0	321.7	316.4	311.2	306.0	300.8	377.2	372.2	367.1	263.5	250.1	160.3	225.9	222.7	219.6	216.6	213.5	237.5	288.6	285.6	282.7	279.8	276.9	274.0	271.2	268.4		
<b>SALDO ANUAL (1-2)</b>	12984.9	0.0	825.4	819.6	813.8	669.3	663.6	576.4	570.8	565.2	668.4	661.4	494.2	421.8	418.2	414.6	411.0	546.2	486.8	370.9	367.5	364.0	360.7	357.3	354.0	350.7	438.4		
<b>SALDO ACUMULADO FINAL</b>			825.4	1645.0	2458.7	3128.0	3791.6	4368.0	4938.8	5504.0	6172.4	6833.0	7528.0	7749.8	8160.0	8382.6	8937.7	9338.9	10026.5	10397.4	10764.0	11128.9	11489.5	11846.8	12200.0	12551.5	12909.9		



## Anexo 7: Datos Fundamentales

### Datos fundamentales

Energía Media Anual	2.595	MWh/año
---------------------	-------	---------

TCO <sub>2</sub> promedio no emitido/año	2.271
--	-------

Durante toda la vida del proyecto		
Ahorro Combustible	19.462,8	toneladas
	13.419,8	MCUC

### Ingresos por ahorro de combustibles y premias financieras

Años	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Combust. fósil dejado de consumir (MCUC)	0,0	338,5	364,7	385,7	403,7	416,8	428,9	447,3	465,4	479,6	489,5	503,5	523,6	543,0	564,8	571,7	588,1	597,9	620,5	629,5	642,6	669,6	672,5	684,1	693,1	705,1
Combust. fósil dejado de consumir (t)	0	865	857	849	842	834	827	820	812	805	798	791	784	777	770	763	756	750	743	736	730	723	717	711	704	698
MWh de generación	0	2.882	2.857	2.831	2.806	2.781	2.757	2.732	2.708	2.684	2.660	2.636	2.613	2.590	2.567	2.544	2.521	2.499	2.477	2.455	2.433	2.411	2.390	2.369	2.347	2.327
Precio combustible (USD/TON) anual	343,5	391,5	428,5	454,1	479,5	499,5	518,7	545,7	572,9	595,6	613,5	636,6	667,9	698,9	733,5	749,2	777,5	797,5	835,2	854,9	880,5	911,9	938,1	962,7	984,1	1010,2
Consumo esp. Neto en Distrib. (Total)	300,0																									

**USD**

PRESTAMO EXTERNO	85%	1.664,3
Tasa de interés	5,2%	anual
Periodo de Gracia	3	años
Periodo del Crédito	15	años
Periodo de repago	12	años

**CUC**

PRESTAMO INTERNO	0%	0,0
Tasa de interés	0,0%	anual
Periodo de Gracia	0	años
Periodo del Crédito	0	años
Periodo de repago	0	años

**CUP**

PRESTAMO INTERNO	0%	0,0
Tasa de interés	0,0%	anual
Periodo de Gracia	0	años
Periodo del Crédito	0	años
Periodo de repago	0	años

Capital Propio inicial CUC	1.945,3
Capital Propio inicial CUP	2.501,1
Tasa de Actualización	8,0%

Tasa de Cambio	1,00	CUC
	1,00	MN

