



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE ELECTROTECNIA Y COMPUTACION

Tesis monográfica para optar al título de Ingeniero Eléctrico

Título

“Estudio y dimensionamiento técnico - económico de un sistema híbrido eólico solar fotovoltaico aislado de la red comercial, para el suministro de energía de la finca: La Granja del municipio Belén del departamento de Rivas Nicaragua.”

Autores:

Br. Carlos Daniel Chávez García 2017-0202S

Br. Justin Josué Morales Jerez 2017-0226S

Tutor:

Ing. Carlos Abraham Pérez Méndez.

Managua, Nicaragua



“Estudio y dimensionamiento técnico - económico de un sistema híbrido eólico solar fotovoltaico aislado de la red comercial, para el suministro de energía de la finca: La Granja del municipio Belén del departamento de Rivas Nicaragua.”

Resumen

La presente tesis monográfica: “Estudio y dimensionamiento técnico - económico de un sistema híbrido eólico solar fotovoltaico aislado de la red comercial, para el suministro de energía de la finca: La Granja del municipio Belén del departamento de Rivas Nicaragua.”, se basa en un proceso investigativo, analítico y cuantitativo, para llegar a establecer una propuesta técnica de un sistema híbrido eólico o solar fotovoltaico, para suministrar energía eléctrica a la finca La Granja del municipio de Belén del departamento de Rivas- Nicaragua, que a su vez fue evaluada su factibilidad económico mediante los indicadores financieros el Valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR), que nos permitiera establecer la rentabilidad de la inversión.

Queremos recalcar que esta investigación es a nivel de prefactibilidad técnica para el dimensionamiento del sistema híbrido a proponer de energía eólico solar fotovoltaico, considerando que la finca La Granja ya cuenta con el suministro de energía eléctrica comercial y es una industria ya establecida de cultivo de plátano con un mercado de venta del producto.

Este proyecto se creó con el fin de dar respuesta a una problemática real de la finca La Granja, donde por razones de su actividad económica, la producción de plátanos para el abastecimiento de los consumidores es vital la calidad y continuidad del suministro de la energía eléctrica, ya que si esta falla se ocasionan pérdidas económicas en el proceso productivo y en otros casos las continuas faltas al suministro de energía eléctrica podrían dañar sus equipos eléctricos.

A la presente tesis se le adjunta disco CD-ROM, con archivos digitales que competen a este trabajo.



“Estudio y dimensionamiento técnico - económico de un sistema híbrido eólico solar fotovoltaico aislado de la red comercial, para el suministro de energía de la finca: La Granja del municipio Belén del departamento de Rivas Nicaragua.”

índice de contenido

Introducción	1
Antecedentes	6
Justificación.....	9
Objetivos	11
➤ Marco Teórico.....	12
1 La importancia de un estudio técnico – económico.	12
1.1 Componentes de un estudio técnico:	13
• Análisis y determinación optima de la localización del proyecto	13
• Determinación del tamaño óptimo del proyecto	13
• Ingeniería del proyecto	14
• Identificación y descripción del proceso	14
2 Fuentes de energía.....	14
3. Sistemas solares fotovoltaicos.....	15
Tipos de paneles fotovoltaicos según su tecnología	16
4. Sistemas eólicos.....	17
5. Sistemas híbridos.....	19
6. Análisis financiero.....	23
7.1. Análisis Económico.....	24
7.2. Conceptos financieros.....	24
8. Costo de oportunidad del capital (COK).....	25
9. Ubicación del proyecto	26
9.1. El clima y el tiempo promedio en todo el año en la finca La Granja.	27



“Estudio y dimensionamiento técnico - económico de un sistema híbrido eólico solar fotovoltaico aislado de la red comercial, para el suministro de energía de la finca: La Granja del municipio Belén del departamento de Rivas Nicaragua.”

Hipótesis y variables	29
Metodología de desarrollo de la investigación	31
• Planificación	31
• Ejecución	31
• Publicación de resultados	32
Capítulo 1.- Energía Solar Fotovoltaica, conceptos básicos- Elementos del Sistema.	34
1.1 Aplicación de la energía solar fotovoltaica.....	35
1.2 Celular Solar Fotovoltaica.	36
1.3 Módulo Fotovoltaico.	38
1.4 Curva característica del módulo fotovoltaico.	39
1.5 Generador Fotovoltaico.....	42
1.6 Estructura de los módulos fotovoltaicos.	42
1.7 Puesta a Tierra.	44
1.8 Aplicaciones de la energía solar fotovoltaica.....	44
1.9 Componentes de una instalación fotovoltaica.	46
1.10 Radiación Solar.	47
Capítulo 2.- La energía eólica y sus ventajas.....	50
2.1 Definición de la energía eólica.....	51
2.2 Ventajas de la energía eólica.....	51
2.3 Desventajas de la energía eólica.	52
2.3.1. Energía Mini-eólica.....	53
2.3.2. Sistema híbrido.	54
Capítulo 3.- Datos de diseño para sistema híbrido eólico-solar fotovoltaico de la finca La Granja.....	56
3.1 Macrolocalización de la finca La Granja.	57
3.2 El clima y el tiempo promedio en todo el año en la finca La Granja.....	58
3.3 Cargas a conectarse y consumo horario.	59



“Estudio y dimensionamiento técnico - económico de un sistema híbrido eólico solar fotovoltaico aislado de la red comercial, para el suministro de energía de la finca: La Granja del municipio Belén del departamento de Rivas Nicaragua.”

3.4	El sistema de riego de los cultivos de la Finca.	65
Capítulo 4.- Propuesta de Diseño del sistema híbrido eólico -solar fotovoltaico (Prefactibilidad Técnica).		68
4.1	Cálculo de la cantidad de paneles del Sistema Solar.....	69
4.2	Cálculo de la capacidad del inversor del sistema Solar.	74
4.3	Configuración de los módulos fotovoltaicos.....	75
4.4	Cálculo del banco de baterías.....	77
4.5	Cálculo del Sistema Regulador.....	79
4.6	Cálculo del breaker de protección de corriente directa.	81
4.7	Cálculo de la protección de la cadena serie de paneles.	82
4.8	Potencia del aerogenerador.....	83
4.8	Estructuras soporte de los paneles solares.....	88
4.9	Caída de tensión de los cables en corriente continua.	89
4.10	Caída de tensión de los cables en corriente alterna.....	91
Capítulo 5.- Análisis Financiero de la propuesta, Sistema Híbrido Eólico-Solar Fotovoltaico.		94
5.1	Costos de Inversión, Ingresos y gastos.	94
5.2	Valor de la depreciación.....	98
5.3	Flujo Financiero.....	98
Capítulo 6.- Resultados obtenidos de la investigación.....		100
6.1	Resultados de la investigación.....	100
Conclusiones y Recomendaciones.....		102
Conclusiones.....		102
Recomendaciones.....		103
Bibliografía		104
ANEXO		106
iC60N circuit breakers (curve B, C, D).....		I
Catalogue numbers		II



“Estudio y dimensionamiento técnico - económico de un sistema híbrido eólico solar fotovoltaico aislado de la red comercial, para el suministro de energía de la finca: La Granja del municipio Belén del departamento de Rivas Nicaragua.”

iC60N circuit breakers (curve B, C, D) (cont.) IV

iC60N circuit breakers (curve B, C, D) (cont.) V



“Estudio y dimensionamiento técnico - económico de un sistema híbrido eólico solar fotovoltaico aislado de la red comercial, para el suministro de energía de la finca: La Granja del municipio Belén del departamento de Rivas Nicaragua.”

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios Todo Poderoso por haberme guiado y quién nos cubrió de fuerza y sabiduría para culminar una de mis más preciadas metas.

En segundo lugar, a cada uno de los que son parte de mi familia, a mis PADRES por todo el amor, apoyo y consejos que me han brindado en el trayecto de mi vida.

Finalmente quiero agradecer a la Universidad Nacional De Ingeniería, quién abre sus puertas a jóvenes como nosotros, preparándonos para un futuro competitivo y formándonos como personas de bien, de igual forma gracias a todas las personas que de una u otra forma estuvieron involucradas en este proyecto.

Gracias infinitas a todos.

Br. Carlos Daniel Chávez García



“Estudio y dimensionamiento técnico - económico de un sistema híbrido eólico solar fotovoltaico aislado de la red comercial, para el suministro de energía de la finca: La Granja del municipio Belén del departamento de Rivas Nicaragua.”

AGRADECIMIENTO

Al concluir una etapa maravillosa de mi vida quiero extender un profundo agradecimiento, a quienes hicieron posible este sueño, aquellos que junto a mi caminaron en todo momento y siempre fueron inspiración, apoyo y fortaleza.

Esta mención en especial a DIOS, mis padres, mi hermano y mi novia. Muchas gracias a ustedes por demostrarme que “El verdadero amor no es otra cosa que el deseo inevitable de ayudar al otro para que este se supere.”

Mi gratitud, también a la Universidad Nacional de ingeniería, mi agradecimiento sincero al asesor de nuestra tesis, Ing. Carlos Pérez, y gracias a cada uno de los docentes quienes con su apoyo y enseñanzas constituyen la base de mi vida profesional.

Gracias infinitas a todos.

Br. Justin Josué Morales Jerez



“Estudio y dimensionamiento técnico - económico de un sistema híbrido eólico solar fotovoltaico aislado de la red comercial, para el suministro de energía de la finca: La Granja del municipio Belén del departamento de Rivas Nicaragua.”

DEDICATORIA

Primero que todo quiero dedicar el presente trabajo a nuestro Padre Celestial Dios y Salvador, nuestro Señor Jesucristo, por haberme encaminado e iluminado hasta esta etapa, por brindarme la fuerza necesaria para sobrellevar los problemas y no dejarme vencer, por la sabiduría y disertación que me regaló para hacer lo correcto, por la salud que siempre me ha dado y su protección.

Muy especialmente a mi querido y amado padre: Isidro Joel Chávez Baltodano, por todo el amor, entrega, sacrificio, aliento, ejemplo de vida, por su guía y apoyo incondicional que me ha brindado durante el transcurso de mi vida y esta etapa de preparación profesional.

A mis hijos: Zoraya Nohemí Chávez Reyes y Carlos Joel Chávez Reyes, quienes fueron mi motor, inspiración y motivación, para seguir luchando cada día con mi proceso de educación superior.

A mi querida esposa Nohemí Del Rosario Reyes Cerda, por su apoyo incondicional, por todas esas palabras de ánimo que tuviste para mí, por tener tu hombro siempre a la par del mío, por no dejarme caer y por ser en nuestros años de relación, mi compañera y mi amiga, que Dios te bendiga amor.

A mis familiares y amigos, por brindarme todo su apoyo y mano amiga cuando más la necesitaba, jamás lo olvidaré, gracias por ser parte de este mérito.

Br. Carlos Daniel Chávez García



“Estudio y dimensionamiento técnico - económico de un sistema híbrido eólico solar fotovoltaico aislado de la red comercial, para el suministro de energía de la finca: La Granja del municipio Belén del departamento de Rivas Nicaragua.”

DEDICATORIA

Quiero dedicar esta tesis a Dios por permitirme culminar con éxito mi tan anhelada carrera, darme buena salud y fortaleza en todo momento.

Br. Justin Josué Morales Jerez



Introducción

La demanda de electricidad ha aumentado continuamente a lo largo de las últimas décadas tanto en los hogares como en la industria. Dicho incremento obedece al creciente nivel de vida de las sociedades por medio de los avances tecnológicos. Por lo que cada vez es mayor la utilización de electrodomésticos y dispositivos electrónicos entre los que se destacan los de cómputo y comunicación; como consecuencia se tiene una mayor demanda de energía eléctrica y por consiguiente mayor producción de esta.

El uso de las energías Renovables tales como la energía fotovoltaica y eólica ha crecido de manera importante en las últimas décadas dados los beneficios directos económicos y ambientales que traen consigo.

El impulso de la energía renovable frente a la térmica es "un factor dinamizador de la economía nacional nicaragüense, casi el 76% de la energía que se genera en Nicaragua es renovable, 50% más que hace trece años (generación con energía renovable en 2010, era 25.5%).

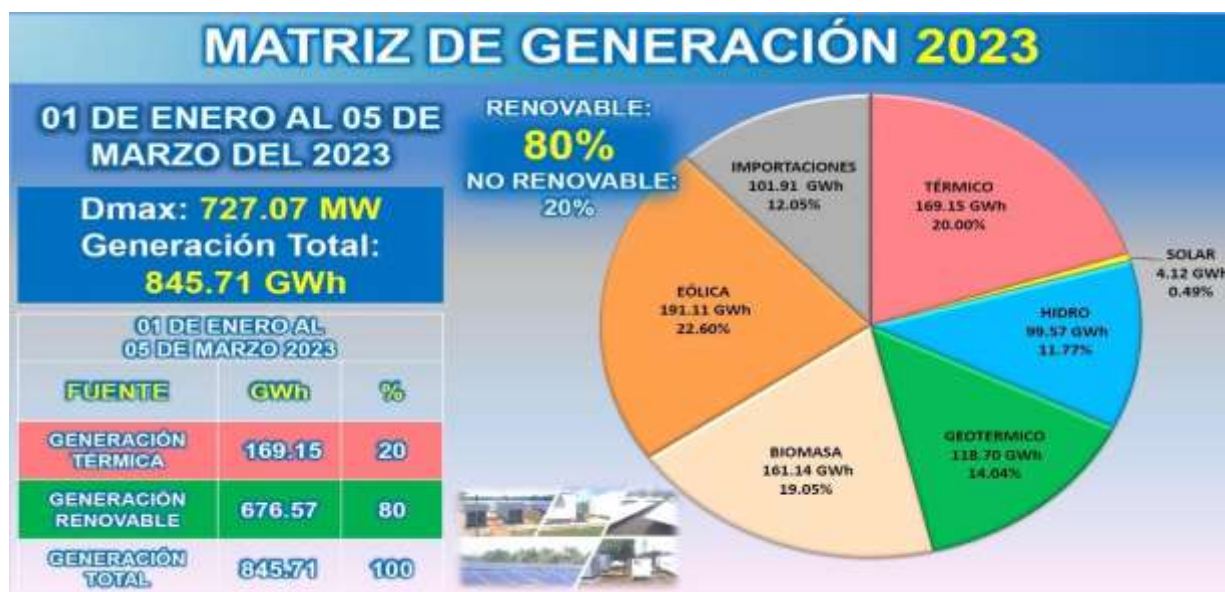
La capacidad de generar energía renovable en Nicaragua suponía en el año 2020 el 75,94% del total, lo que supone 50% más que en 2007, cuando la capacidad de generación era predominantemente térmica (más del 70%), a base de fueloil y diésel, según los datos del Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional (GRUN) (EUROAPRES, 2023).

En la siguiente figura grafica podremos apreciar un cambio de la matriz energética de Nicaragua, siendo notable en este año 2023, un 80% de la generación de energía renovable del país.



"Estudio y dimensionamiento técnico - económico de un sistema híbrido eólico solar fotovoltaico aislado de la red comercial, para el suministro de energía de la finca: La Granja del municipio Belén del departamento de Rivas Nicaragua."

Figura 1 Matriz Energética de Nicaragua



Fuente: <https://www.enatrel.gob.ni/matriz-de-generacion-2022/>

Con el avance de la tecnología actual, la diversificación de la matriz energética de Nicaragua se ha venido modificando con el uso de fuentes de energías renovables, lo que ha permitido el crecimiento de la electrificación en áreas rurales o remotas del país, donde no se contaba con el suministro de la energía eléctrica ya sea por su ubicación alejada del punto de conexión a la red eléctrica comercial o por las condiciones difíciles de acceso a esas zonas remotas del país.

El no contar con el servicio básico de electricidad en estas regiones remotas del país, limita su desarrollo social y económico y trae como consecuencia el estancamiento de esta región.

Como sabemos, en las zonas rurales es donde se encuentran las fincas: agrícolas, ganaderas, porcinas, avícolas, entre otras, donde es vital para el proceso productivo el



“Estudio y dimensionamiento técnico - económico de un sistema híbrido eólico solar fotovoltaico aislado de la red comercial, para el suministro de energía de la finca: La Granja del municipio Belén del departamento de Rivas Nicaragua.”

suministro de la energía eléctrica en estas regiones o si el mismo no se garantiza con la calidad y continuidad de su suministro de la energía, esto supone una baja en la producción y en el peor de los casos pérdidas económicas, por lo cual, no se pueden dar el lujo de no tener acceso a un servicio tan básico y fundamental como lo es, el suministro de la energía eléctrica.

En este caso, una alternativa para garantizar la continuidad del suministro de la energía eléctrica a los clientes o usuarios de estas regiones es instalar una fuente de energía local, la cual principalmente puede ser con cualquier fuente de energía renovable, sea esta solar, eólica, etc.

Muchas veces los sistemas de suministro de energía con energía renovable se instalan de forma independiente, es decir no se combina dos o más fuentes de energía renovable. Como ya sabemos la desventaja de los sistemas de energía renovable, ya sea solar, eólico, etc., es que no son energías firmes (***es decir que no está garantizada su disponibilidad de suministro en todo momento del día o del año***). Para solventar este inconveniente se suelen instalar de forma conjunta, lo que constituye un sistema híbrido.

Los sistemas híbridos son una tecnología preparada para responder a la demanda de los consumidores a través de la combinación de dos Energías Renovables. De esta forma, se resuelven los problemas que cada uno tiene de forma individual y al mismo tiempo se potencian todas sus virtudes (INARQUI, 2022).

Estos sistemas híbridos de energía Renovable ya han sido instalados en Nicaragua. Tal es el caso de la electrificación de las viviendas rurales de la comunidad el Jilguero de la Reserva Natural Miraflor Moropotente, Municipio de Condega (Sánchez, 2022).

En esta propuesta de investigación, contemplamos el estudio y dimensionamiento de un sistema híbrido de energía Renovable eólico-solar, aislado de la red comercial, para suministrar energía eléctrica a la finca La Granja, ubicada en el municipio Belén, departamento de Rivas.



“Estudio y dimensionamiento técnico - económico de un sistema híbrido eólico solar fotovoltaico aislado de la red comercial, para el suministro de energía de la finca: La Granja del municipio Belén del departamento de Rivas Nicaragua.”

La finca La Granja se dedica al cultivo del plátano, y se ha visto afectada en su producción por la falta de continuidad y calidad en el suministro de energía eléctrica, especialmente en el riego por bombas eléctricas, generando grandes pérdidas por daños en los cultivos o baja calidad de la fruta. Lo que ocasiona pérdidas económicas a la Granja.

Es por esta razón que se requiere que la finca La Granja cuente con un suministro de energía continua y de calidad que le permita desarrollar de manera óptima a su actividad productiva y a su vez, potenciar su economía.

Esto es posible, gracias a que el sistema poseerá dos tipos de fuentes renovables en un solo equipo (eólica/viento y fotovoltaico/solar), lo que maximizará las probabilidades de obtener una mayor capacidad y disponibilidad eléctrica, ya que, estos dos tipos de fuentes renovables se complementan entre sí. Si existe falta de viento, se compensará con el sol, y si existe falta de sol, se compensará con el viento.

Cabe mencionar que para los generadores eólicos se estará utilizando tecnología mini-eólica, es decir, un generador eólico de menor tamaño, más compacto y ligero que trabaja con vientos de hasta 3-4 metros por segundo (m/s), lo que convierte a nuestro sistema, en una alternativa más económica y aún más idónea para su transporte (Greendok, 2023).

No obstante, antes de proceder a la instalación e implementación del sistema, se debe realizar un debido estudio técnico-económico que garantice la viabilidad de este, buscando naturalmente, resultados positivos que respalden lo anteriormente mencionado.

Este estudio técnico-económico se llevará a cabo en un periodo de tiempo relativamente corto, 2 meses aproximadamente. Suficiente tiempo como para evaluar de manera sistemática nuestra propuesta y determinar su viabilidad.



“Estudio y dimensionamiento técnico - económico de un sistema híbrido eólico solar fotovoltaico aislado de la red comercial, para el suministro de energía de la finca: La Granja del municipio Belén del departamento de Rivas Nicaragua.”

Por consiguiente, el presente trabajo de investigación propone una solución a la problemática energética actual, a través de la implementación de un sistema híbrido eólico solar fotovoltaico que cuente con la capacidad y disponibilidad eléctrica suficiente para generar de manera continua un flujo de energía estable. Y, de esta manera, proveer a la finca La Granja un mayor desarrollo productivo y económico.

Este sistema es evaluado mediante un estudio técnico- económico para demostrar su factibilidad y viabilidad, incluso en los lugares donde no se tiene acceso a la red comercial, y así, si los resultados de este estudio son positivos, replicar e implementar los beneficios obtenidos, más allá de los límites de la finca La Granja, en pro de garantizar una solución definitiva a esta problemática que involucra a una gran parte de la población rural nicaragüense.



Antecedentes

Sector energético de Nicaragua:

El desarrollo del sector eléctrico inicia con la instalación de la planta eléctrica Central American Power en 1941, con una capacidad instalada de 2.2 MW. En la década de los años cincuenta inicia el proceso de electrificación de la zona del Pacífico. Posteriormente entre 1980 y 1990 se crean diferentes instituciones estatales en dependencia de sus funciones, se genera una evolución del marco normativo, se promueven inversiones en la capacidad instalada nacional hasta la aplicación de las reformas estructurales de la década del año 2000 (CEPAL, 2015).

Son pocos los estudios e investigaciones que documentan la utilización o implementación de un sistema híbrido eólico solar fotovoltaico en Nicaragua, a pesar de que esta tecnología, brinda una solución viable para resolver el problema del suministro eléctrico en las zonas donde la red comercial no tiene acceso.

Se lograron recopilar los siguientes estudios que hablan de un sistema híbrido eólico solar fotovoltaico, similar del que se habla en el presente estudio.

La primera documentación que se tiene acerca de un sistema híbrido eólico-solar fotovoltaico en Nicaragua, es una tesis monográfica del año 2017 por parte de los ingenieros Sandoval, Navarro y Avilés, cuyo tema fue “Modelos de sistema híbrido eólico- solar fotovoltaico para la generación de energía eléctrica en viviendas rurales de la comunidad el Jilguero de la Reserva Natural Miraflor Moropotente, municipio de Condega”. En este trabajo se abordó la probabilidad de un proyecto de electrificación con energías renovables como fuentes primarias, sin embargo, este quedó a nivel de estudio y diseño, sin llegar a su implementación (Sánchez, 2022).

Se recomienda a empresas estatales y distribuidoras de energía eléctrica en el país realicen evaluaciones y estrategias de desarrollo de sistemas de energías renovables, esto con el fin de brindar opciones a las comunidades que aún no cuentan con servicio eléctrico (Sánchez, 2022)”.



“Estudio y dimensionamiento técnico - económico de un sistema híbrido eólico solar fotovoltaico aislado de la red comercial, para el suministro de energía de la finca: La Granja del municipio Belén del departamento de Rivas Nicaragua.”

Otra documentación disponible que se tiene acerca de los sistemas híbridos en Nicaragua, involucra a los ingenieros Rivera y Poveda, quienes, en el año 2019, realizaron un “Estudio Técnico - Económico de un Sistema Fotovoltaico Híbrido para el Instituto Oftalmológico Munguía en el Departamento de Managua (Rivera & Poveda, 2019)”.

En dicho trabajo se propone un sistema que garantice la disponibilidad y confiabilidad de forma ininterrumpida por la naturaleza de las actividades del local.

Rivera y Poveda exponen:}}

a fuente de energía solar para generación fotovoltaico actualmente está en un crecimiento exponencial por motivo de la disminución de los costos iniciales de ejecución, también Nicaragua presta condiciones de potencial fotovoltaicos altamente rentables para la explotación, en consecuencia, la factibilidad económica de un proyecto fotovoltaico posee tasa de rentabilidad altas, que incluso sería mayor si las condiciones de la ley de industria eléctrica en Nicaragua permitiera la generación distribuida remunerada Rivera y Poveda (Rivera & Poveda, 2019).

Los estudios anteriormente mencionados son una muestra del potencial que posee Nicaragua para la generación de energía eléctrica a través de fuentes naturales.

En otras palabras, Nicaragua posee todas las condiciones para que se puedan implementar estos sistemas híbridos propuestos (fotovoltaicos, eólicos o ambos) a niveles macro, de ser así, podrían incrementar la generación de una energía más limpia y estable, capaz de abastecer hasta el rincón más inhóspito (que no ofrece las condiciones necesarias para la supervivencia) del país, independientemente exista o no, acceso de la red eléctrica comercial.



“Estudio y dimensionamiento técnico - económico de un sistema híbrido eólico solar fotovoltaico aislado de la red comercial, para el suministro de energía de la finca: La Granja del municipio Belén del departamento de Rivas Nicaragua.”

Por otro lado, a nivel de Centroamérica encontramos la implementación de un sistema similar al propuesto en el presente estudio, ubicado en Sarteneja, Belice en una granja acuícola que se dedica principalmente a la producción de Tilapia.

El proyecto, fue el resultado del arduo trabajo y la dedicación de los miembros de la Asociación, con la financiación de donaciones proporcionadas por el Alianza en Energía y Ambiente con Centroamérica (AEA). Cuenta con una capacidad instalada de 6,7 kilovatios producidos por los paneles solares y 1.1 kilovatios de la aerobomba. La granja acuícola se encuentra a unas 2 millas a las afueras de la comunidad y no es cubierta por la red nacional. La energía producida en la granja se utiliza para airear y bombear agua en los estanques y congelar los productos de la granja (Centroamérica, 2014).

El 29 de julio del 2014, autoridades de Sarteneja en Belice se reunieron para inaugurar el proyecto: "Electrificación con el uso de energía eólica y solar para una nueva granja acuícola en la Comunidad Sarteneja, principalmente para la producción de Tilapia".

En dicho proyecto se optó por la implementación de un sistema híbrido de generación eléctrica donde se combinan las tecnologías presentes en este estudio.

Así mismo, pretendemos mostrar en nuestra investigación, la viabilidad de nuestra propuesta, al garantizar la estabilidad y continuidad del suministro eléctrico y, por consiguiente, aumentar la productividad y el desarrollo económico de la finca La Granja



Justificación

Se debe tomar en cuenta que un pilar fundamental para el desarrollo económico de cualquier sociedad es, sin lugar a duda: un suministro de energía eléctrica que sea constante y de calidad, incluso en los lugares donde la red eléctrica comercial no tenga acceso.

Principalmente con esta propuesta de investigación queremos dar respuesta a una problemática real de la finca La Granja, donde por razones de su actividad económica, la producción de plátanos para el abastecimiento de los consumidores es vital la calidad y continuidad del suministro de la energía eléctrica, ya que si esta falla se ocasionan pérdidas económicas en el proceso productivo y en otros casos las continuas faltas al suministro de energía eléctrica podrían dañar sus equipos eléctricos.

Es conocido el papel clave que juegan otras alternativas eléctricas como lo son la energía fotovoltaica (solar) y la energía eólica (viento) para solventar la falta de suministro eléctrico, en lugares donde la red comercial no tiene acceso; Sin embargo, cuando trabajan individualmente, presentan deficiencias en ciertas condiciones climatológicas, y en adición, el elevado costo que tienen estas tecnologías por separado las hace inasequibles al bolsillo de la mayoría de los nicaragüenses.

Por tal razón, se ha decidido buscar una alternativa que combine ambas tecnologías, y que, al mismo tiempo, sea una alternativa más económica y tenga mayor capacidad y disponibilidad eléctrica.

La alternativa que se propone es un sistema híbrido eólico solar fotovoltaico que garantice a la finca La Granja el suministro continuo de energía que necesita para desarrollar su actividad productiva y potenciar su economía. Esta continuidad en el suministro eléctrico supondría, un aumento del grado de confiabilidad en el abastecimiento de la energía eléctrica a la finca la Granja, porque se estaría respaldado



“Estudio y dimensionamiento técnico - económico de un sistema híbrido eólico solar fotovoltaico aislado de la red comercial, para el suministro de energía de la finca: La Granja del municipio Belén del departamento de Rivas Nicaragua.”

por una doble alternativa de fuentes de suministros de energía eléctrica renovable, sin recurrir a bancos de baterías como sistema de respaldo y siempre estará presente.

Cabe destacar, que la evaluación de este sistema híbrido se llevará a cabo mediante un estudio técnico-económico que nos permita optimizar el sistema, ya que tendríamos dos fuentes de energía renovables para garantizar la continuidad y confiabilidad del suministro de energía eléctrica a la finca La Granja.

Un aspecto relevante es, que este estudio tiene carácter educativo, porque puede perfectamente funcionar como base para futuras investigaciones por parte de los estudiantes de pregrado y posgrado de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), y así, aportar un poco más al desarrollo óptimo de esta tecnología.

Dentro de las ventajas de los sistemas híbridos de energía renovable, tenemos:

Al combinar ambas energías en un único sistema, conseguimos potenciar y ampliar toda la energía renovable que generamos.

Este sistema no tiene necesidad de que esté conectado a la red eléctrica comercial. Ya que es un sistema Off Grid (Sistema de generación autónomo que no se encuentra conectado a la red eléctrica).

La energía solar y eólica trabajando de forma independiente tienen muchos problemas de interrupciones por ser energías no firmes y no trabajar de forma sincronizadas con su interconexión, sin embargo, cuando se combinan como un sistema híbrido logran mayor estabilidad como sistema eléctrico combinado y aumentan su confiabilidad de continuidad y calidad del suministro de la energía eléctrica.

Los días calurosos apenas permite el aprovechamiento de la energía eólica pero sí la solar, y de forma contraria, los días con frío y nublados se presentan con viento que resultan perfectos para captar energía eólica pero no la solar. Por esta razón un sistema híbrido se vuelve más confiable en cuanto a su continuidad del suministro de la energía eléctrica.



“Estudio y dimensionamiento técnico - económico de un sistema híbrido eólico solar fotovoltaico aislado de la red comercial, para el suministro de energía de la finca: La Granja del municipio Belén del departamento de Rivas Nicaragua.”

Objetivos

Objetivo General:

- Realizar una propuesta técnica de un sistema híbrido eólico solar fotovoltaico en la finca La Granja del municipio de Belén del departamento de Rivas, Nicaragua, y evaluarla mediante un estudio técnico – económico para determinar su factibilidad y viabilidad, para lograr optimizar la actividad productiva y el desarrollo económico de la finca, mediante una alternativa de suministro continuo de la energía eléctrica.

Objetivos específicos:

1. Evaluar la capacidad de generación de energía eólica y solar con base en las condiciones en los valores de velocidades de viento y radiación solar en la zona de estudio.
2. Diseñar a nivel de prefactibilidad el sistema híbrido eólico – solar fotovoltaico para la finca La Granja del municipio Belén del departamento de Rivas Nicaragua.
3. Evaluar los resultados y análisis del estudio técnico-financiero de la propuesta de instalación del sistema de generación de energía eléctrica híbrido eólico - solar fotovoltaico de la finca La Granja del municipio Belén del departamento de Rivas Nicaragua.



➤ **Marco Teórico**

La demanda hace referencia a la potencia requerida por el consumidor en un instante dado. Sus expresiones pueden ser: kW, kVA y kVAR. Para determinar una demanda, se debe establecer un lapso de tiempo en el que se requiere la potencia.

La finca La Granja está ubicada en una zona meramente rural, aproximadamente a 6 kilómetros de la carretera panamericana. El acceso a la red eléctrica comercial es casi nulo debido a el camino que lleva a la finca se encuentra en una zona con un terreno difícil y áspero.

El camino que lleva a la finca está ubicado en el kilómetro 102.5 frente a la carretera panamericana en dirección Managua - Rivas. Específicamente en el municipio de Belén, departamento de Rivas, Nicaragua. Cuenta con aproximadamente 8.5 manzanas, destinadas todas al cultivo de plátano.

Los suelos de la finca La Granja son en su mayoría profundos, bien drenados y fértiles, de texturas francas y franco arenosas, o al menos en 6 de sus 8 manzanas, ya que las últimas 2.5 manzanas, poseen un tipo de suelo distinto, llamado vertisol*, cuyo color es negro y textura arcillosa. Cabe mencionar que a esta sección de la finca se le conoce como: “El Fondo”, el cual es un nombre que estaremos utilizando a lo largo de nuestra investigación para facilitar el entendimiento del documento cuando nos refiramos a esta área en específico.

1 La importancia de un estudio técnico – económico.

La evaluación técnica se centra en los recursos técnicos¹ disponibles. Ayuda a determinar si dichos recursos cumplen con la capacidad prevista y si es posible convertir ideas en sistemas de trabajo. También implica la evaluación de los requisitos de hardware, software y otras tecnologías del sistema propuesto (Gabriel, 2010).

Recursos técnicos: Comprende procedimientos, patentes, métodos, formulas etc.

*Vertisol: Suelos arcillosos agregados en forma de cuña y grietas que se abren y se cierran periódicamente.

Por otro lado, la evaluación económica o financiera generalmente implica un análisis de costo/beneficio del sistema, lo que ayuda a considerar la rentabilidad, el costo y los beneficios asociados antes de que se asignen recursos financieros. También sirve como una evaluación independiente del sistema y mejora su credibilidad, lo que motiva a los encargados a discernir los beneficios económicos positivos para la instalación (Gabriel, 2010).

1.1 Componentes de un estudio técnico:

- Análisis y determinación óptima de la localización del proyecto

El objetivo general de este punto es, llegar a determinar el sitio donde se instalará la planta. En la localización óptima del proyecto se encuentran dos aspectos: la Macro localización (ubicación del mercado de consumo; las fuentes de materias primas y la mano de obra disponible) y la Micro localización (cercanía con el mercado consumidor, infraestructura y servicios). (Baca, 2010)

- Determinación del tamaño óptimo del proyecto

Se refiere a la capacidad instalada del proyecto, y se expresa en unidades de producción por año. Existen otros indicadores indirectos, como el monto de la inversión, el monto de ocupación efectiva de mano de obra o algún otro de sus efectos sobre la economía. Se considera óptimo cuando opera con los menores costos totales o la máxima rentabilidad económica. (Baca, 2010)

- Ingeniería del proyecto

Su objetivo es resolver todo lo concerniente a la instalación y el funcionamiento del equipo, desde la descripción del proceso, adquisición del equipo y la maquinaria, se determina la distribución óptima hasta definir la estructura jurídica y de organización que habrá de tener la planta productiva. (Baca, 2010)

- Identificación y descripción del proceso

La identificación de procesos indica en cuáles factores críticos de éxito, competencias claves o necesidades de mejoramiento debe trabajar la organización a mediano y largo plazo.

La descripción de los procesos se apoya con la utilización de elementos gráficos, especialmente diagramas que pueden ser de mayor o menor complejidad. (Baca, 2010)

2 Fuentes de energía

La energía es una magnitud física que asociamos con la capacidad que tienen los cuerpos para producir trabajo mecánico, emitir luz, generar calor, entre otros, para obtener esta energía se tendrá que partir de un cuerpo que tenga y pueda experimentar una transformación. A estos cuerpos se les llama fuentes de energía. Las cantidades disponibles de energía de estas fuentes se conocen como recursos energéticos, y la tierra la posee en enormes cantidades, a continuación, veremos los distintos recursos con los que contamos. Herrera (2011).

Existen muchas fuentes de energía recursos existentes en la naturaleza, que a su vez se transforman en otro tipo de energía para cumplir funciones que la humanidad necesita para sus actividades mediante tecnologías de transformación. Estas fuentes de energía se clasifican en dos grandes grupos: renovables y no renovables; según sean recursos "ilimitados" o "limitados". Ramos y Arróliga (2020).

3. Sistemas solares fotovoltaicos

Una de las formas más populares del aprovechamiento de la radiación solar es su transformación directa en energía eléctrica mediante el efecto fotovoltaico. El efecto fotovoltaico consiste en la conversión de energía luminosa en energía eléctrica, fue descubierta por Edmon Becquerel en 1839, y se comercializo a mediados del siglo XX (SL, 2016).

Una sola célula fotovoltaica entre 8 – 10 cm puede generar diferentes valores de potencia en función de la radiación recibida, pudiendo tener una potencia aproximada de 1Wp, generando así una tensión de 0,5 voltios (SL, 2016).

La transformación de la energía solar en electricidad se llama conversión fotovoltaica y es resultado del “efecto fotovoltaico”. Este efecto se lleva a cabo en dispositivos opto electrónicos conocidos como celdas solares. Cuando estos dispositivos absorben la radiación solar, (ángulo de inclinación = latitud del lugar más 5°), se genera de manera instantánea un voltaje de corriente directa en sus terminales y, si a estas se conecta una resistencia fluirá una corriente, evidenciando con ello la generación de potencia eléctrica con la que se produce trabajo (Rivera H. , 2019).

La energía solar es la que da origen a todas las formas de energías renovables y puede ser aprovechada directamente en la producción de calor y de electricidad. La energía fotovoltaica, en particular los sistemas solares individuales presentan unas características que los convierten en una solución adecuada para la electrificación rural en sistemas aislados Off Grid. 2*

Tipos de Placas Solares

Los tipos de placas solares se pueden agrupar en función de su aplicación, ya sea para generar calor (térmicos) o bien para generar electricidad (fotovoltaicos) (SUNFLEDS, 2022).

Tipos de placas solares hay tantas como queramos agrupar. Podemos clasificarlas por tecnología, por potencia, por tensión, por aplicación.

Los paneles solares pueden ser utilizados para generar electricidad, como es el caso de los paneles fotovoltaicos (módulos fotovoltaicos), o bien para generar calor, como es el caso de los colectores térmicos.

Los paneles solares térmicos (o placas solares, o colector térmico) se utilizan para calentar agua (que circula por su interior) y que se emplea en agua caliente sanitaria o calefacción (SUNFLEDS, 2022).

Los paneles fotovoltaicos, también conocidos como módulos solares fotovoltaicos, consisten en una serie de celdas fotovoltaicas, conectadas entre si, encapsuladas y enmarcadas posteriormente para poder usarlas en una instalación fotovoltaica y generar electricidad.

Tipos de paneles fotovoltaicos según su tecnología

1. Monocristalinos, Policristalinos, Amorfos y "Flexibles"
2. Según el silicio del que están compuestas las células solares:
3. Monocristalinos PERC: Con una eficiencia de entre (19%-20%), son los que más se comercializan por su relación calidad/precio.

2 *Off Grid: Sistema de generación autónoma que no está conectado a la red eléctrica.

4. Monocristalinos Tipo N: Son módulos de porcentaje de conversión superior a los convencionales, como los paneles solares sunpower maxeon, compuestos por material de mayor calidad.
5. Monocristalinos IBC: O también llamados de células de contactos traseros. Generalmente son células tipo-n y además con los contactos por la parte posterior de la célula. Por tanto, su eficiencia, durabilidad... es muy superior al resto.
6. Policristalinos: con porcentaje de conversión entre el 17-18%, tienen mejor relación calidad precio pero su rendimiento es menor y se están dejando de fabricar.
7. Amorfos (o Capa fina): en desuso, tienen rendimiento bajo y no son adecuados para instalaciones en viviendas

Una propuesta inicial para utilizar en esta propuesta de investigación, serían los módulos fotovoltaicos monocristalinos que poseen mayor y rendimiento que los policristalinos.

La eficiencia de los monocristalinos es entre el 16% al 19% y los policristalinos del 15% al 17% (SUNFLEDS, 2022).

Una recomendación técnica sobre la inclinación de la instalación de los paneles solares, en Nicaragua, es que esta no sea menor a los 150 (Barrera, 2015).

4. Sistemas eólicos

El uso de la energía eólica es uno de los métodos de aprovechamiento de energías renovables más antiguos, en su empleo industrial como bombeo de agua y molino de grano. La energía eólica se debe al viento, ya fue usada antiguamente para mover embarcaciones y molinos, actualmente se usa como fuente de energía renovable para la producción de electricidad.

Gracias al calentamiento no uniforme de la superficie terrestre por parte de la radiación solar se producen los vientos, entre el 1 y 2% de la energía que proviene del sol se convierte en viento. Las masas de aire sobre los océanos, los mares y los lagos durante el día se mantienen frías con relación a las áreas vecinas situadas sobre las masas continentales (SL, 2016).

El funcionamiento de las maquinas eólicas está fundamentada en la energía cinética que transmite el viento a las aspas del molino. Un aerogenerador de viento es un arreglo de aspas rígidas que forman un determinado ángulo respecto a la dirección del viento y este, al golpear el aspa, se desplaza sobre estas gracias a su ángulo de inclinación de las mismas, pero a la vez cede a la energía cinética, que se convierte en energía de rotación y es esta rotación la que se utiliza para su aprovechamiento de acuerdo a las necesidades del usuario (Sandoval Sanchez, Navarro Ramirez, & Aviles Urbina, 2017).

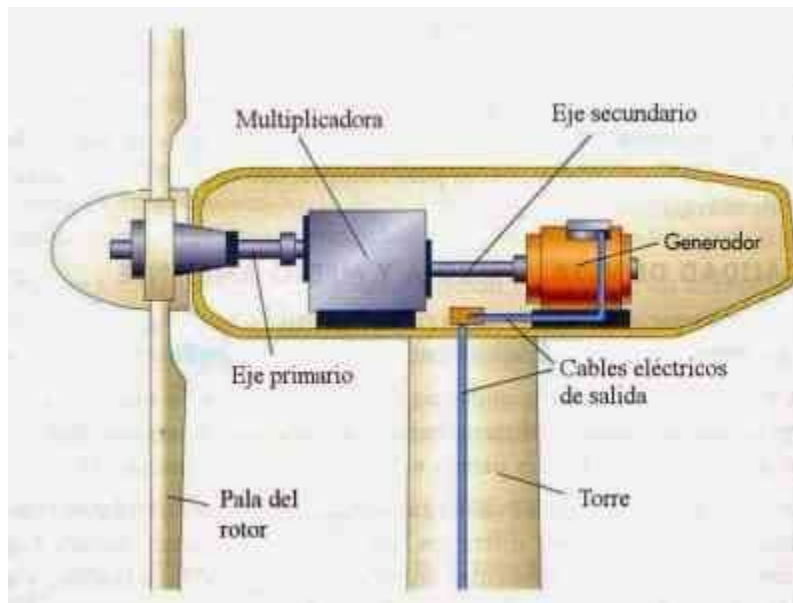
Una turbina eólica consta de cinco partes principales y muchas partes menores. Los componentes principales son los cimientos, la torre, el rotor y el buje (que incluye tres palas), la góndola y el generador (Airpes, 2022).

La instalación de todos estos elementos requiere un equipo para aerogeneradores específico para satisfacer las necesidades de cada uno de ellos.

1. La cimentación está en el suelo para las turbinas terrestres; es invisible porque está cubierta de tierra. Se trata de un gran y pesado bloque estructural de hormigón que debe soportar toda la turbina y las fuerzas que actúan sobre ella.
2. Las torres de la mayoría de las turbinas modernas están hechas de tubos de acero redondos

3. El rotor es la parte giratoria de la turbina; consta de tres palas y una parte central que conecta las palas, el buje.

Figura 2 Partes del aerogenerador



Fuente: <https://www.partesdel.com/aerogenerador.html>

5. Sistemas híbridos

Cuando dos o más sistemas de generación de energía se combinan en una sola instalación para la generación de energía eléctrica, surge lo que se denomina un sistema híbrido (Avila, 2011).

Un sistema híbrido eólico solar-fotovoltaico es una combinación de la tecnología de la energía solar y la energía proveniente del viento, es una forma de poder integrar de mejor manera ambas fuentes de energía para obtener resultados más eficaces.

“Estudio y dimensionamiento técnico - económico de un sistema híbrido eólico solar fotovoltaico aislado de la red comercial, para el suministro de energía de la finca: La Granja del municipio Belén del departamento de Rivas Nicaragua.”

Los sistemas híbridos optimizan las mejores condiciones del viento y el sol, complementándose entre sí. Los días fríos y de viento, normalmente nubosos apenas permiten aprovechar la luz solar, mientras que son ideales para los aerogeneradores. Por su parte, los días de altas presiones suelen provocar cielos despejados con poco viento, y, por lo tanto, son adecuados para los paneles solares fotovoltaicos (Ramos, s.f.).

Figura 3 Sistema Híbrido Eólico-Solar



Estudio y dimensionamiento técnico - económico de un sistema híbrido eólico solar fotovoltaico aislado de la red comercial, para el suministro de energía de la finca La Granja del municipio Belén del departamento de Rivas Nicaragua.

A continuación, se muestra una tabla referencial de costos comparativos de los sistemas de energía renovable: Eólico, Fotovoltaico e Híbrido.

TABLA COMPARATIVA DE SISTEMAS						
Sistema	Eólico		Fotovoltaico		Híbrido	
	Equipos	Costo Aproximado	Equipos	Costo Aproximado	Equipos	Costo Aproximado
	Aerogenerador 400W 12/24V	\$480.00	Módulo solar fotovoltaico	\$ 75.00	Aerogenerador 400W 12/24V	\$480.00
	Controlador de carga 12/24V	\$185.00	Controlador de carga	\$ 185.00	Controlador de carga 12/24V	\$185.00
	Inversor 12/24V 1000W	\$245.00	Inversor	\$ 95.5	Inversor 12/24V 1000W	\$245.00
	Total:	\$910	Batería	\$ 210.45	Módulo solar fotovoltaico	\$ 75.00
			Total:	\$565.95	Total:	\$985
Según la GlobalPetrolPrices el precio del KWh en Nicaragua es de \$0.174 para los hogares y de \$0.182 para los negocios						
Inversión	Sistema	Costos	Recuperación	Mensual		
	Eólico	\$910.00	Eólico	\$75.84		
	Fotovoltaico	\$565.95	Fotovoltaico	\$54.75		
	Híbrido	\$985.00	Híbrido	\$82.08		
Pago mensual aproximado	\$131.04					
Pago anual aproximado	\$1572.48					

Tabla 2. Tabla comparativa de sistemas de generación en base a precios de referencia.

Estudio y dimensionamiento técnico - económico de un sistema híbrido eólico solar fotovoltaico aislado de la red comercial, para el suministro de energía de la finca La Granja del municipio Belén del departamento de Rivas Nicaragua.

Con la instalación de este sistema híbrido propuesto se pretende explotar al 100% las condiciones ambientales del área en estudio, ya que se cuenta con las principales condiciones climatológicas para la instalación del sistema como lo son: el viento y el sol, por lo que se facilita la instalación de equipos aerogeneradores de tecnología mini eólica*, los cuales serán combinados con placas fotovoltaicas ya que el lugar cuenta con el mismo potencial de radiación solar.

Para ello se pretende ubicar en finca La Granja, para muestra de estudio en el que el sistema será de utilidad, ya sea para el suministro eléctrico de la casa central o bien para el aprovechamiento del mismo en el circuito de riego por goteo de la zona de “El Fondo”.

Figura 4 Esquema de un sistema híbrido



Una opción preliminar sería la instalación de un sistema que cuente con un panel solar de 100Wtts 12-24V monocristalina y un aerogenerador de 400Wtts 12V interconectados a un controlador híbrido eólico-solar de una salida hacia un inversor de 800wtts en potencia, el cual será conectado a la carga, dicho sistema se tomará como modelo a seguir. Una posibilidad de conexión a la carga sería la de consumo directo, sin utilizar acumuladores de energía (banco de baterías), ya que, si así se requiere, la energía resultante se ira utilizando a medida que se vaya produciendo.

6. Análisis financiero

Los sistemas híbridos son una tecnología preparada para responder a la demanda de los consumidores a través de la combinación de dos Energías Renovables. De esta forma, se resuelven los problemas que cada uno tiene de forma individual y al mismo tiempo se potencian todas sus capacidades.

7.1. Análisis Económico

Aquello que da paso decisivo entre el diseño y la ejecución de un proyecto, es un análisis de factibilidad económica, ya que, para que un sistema alcance esta factibilidad, la inversión que se tiene proyectada debe mostrar un retorno aceptable.

En un análisis económico se considera que el financiamiento del proyecto es mediante el uso de un capital propio, mismo que deberá ser analizado en el tiempo utilizando una tasa de costo de oportunidad del capital la cual permitirá obtener unos indicadores financieros sobre la rentabilidad del proyecto.

7.2. Conceptos financieros

En todo análisis económico-financiero de un proyecto de inversión se utilizan una serie de términos e indicadores financieros, entre estos se encuentran el Costo de Oportunidad del Capital (COK), el Promedio Ponderado del Costo de Capital (WACC), el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Retorno de la Inversión (ROI) a continuación se definirá brevemente el concepto de cada uno de estos términos e indicadores, para un mejor entendimiento del análisis del proyecto.

8. Costo de oportunidad del capital (COK)

Según el National Renewable Energy Laboratory (NREL), los costos anuales de operación y mantenimiento de instalaciones eólicas y solares, oscilan entre los valores que a continuación se detallan:

Tipo de instalación	Costo anual de O/M [\$/KW]	Desviación estándar del costo anual de O/M [± \$/KW]
Solar PV <10 kW	29	20
Solar PV 10 - 100 kW	26	19
Solar PV 100 - 1,000 kW	24	13
Solar PV 1 - 10 MW	22	10
Eólica <10 kW	38	22
Eólica 10 - 100 kW	44	11
Eólica 100 - 1,000 kW	38	6
Eólica 1 - 10 MW	46	19

Tabla 3. Costo anual de operación de un sistema eólico solar.

Fuente: Reporte anual de estimación de costos del 2012 del National Renewable Energy Laboratory

Con los datos anteriores podemos observar que, para una instalación menor a los 10KW tanto para el sistema solar como eólico, el costo de mantenimiento anual oscila entre los 29\$/kW y los 38\$/kW. Tomando en cuenta estos valores podemos deducir que el costo anual de operación y mantenimiento de un sistema híbrido ronda los 67 y 70 dólares anuales como máximo.

9. Ubicación del proyecto

El proyecto para la implementación del sistema híbrido eólico-solar fotovoltaico se ubicará y desarrollará en la finca La Granja, ubicada a 6 kilómetros de la carretera panamericana, cuya entrada se encuentra en el kilómetro 102.5 frente a la carretera panamericana en dirección Rivas – Managua. Específicamente en el municipio de Belén, Rivas.

Figura 5 Macrolocalización finca La Granja



Coordenadas

X = 60990.00 m E

Y= 1279513.00 m N

Esta finca cuenta con aproximadamente 8.5 manzanas, destinadas todas al cultivo de plátano.

Los suelos de la finca La Granja son en su mayoría profundos, bien drenados y fértiles, de texturas francas y franco arenosas, o al menos en 6 de sus 8 manzanas, ya que las ultimas 2.5 manzanas, poseen un tipo de suelo distinto, llamada vertisol*, cuyo color es negro y textura arcillosa.

La actividad económica de la finca, al igual que el resto del municipio, está basada más que todo en el cultivo del plátano. Su superficie es de 59406.16 m² y un relieve muy regular, con algunas pequeñas lomas en las partes más altas.

9.1. El clima y el tiempo promedio en todo el año en la finca La Granja.

En la finca La Granja, Rivas, la temporada de lluvia es nublada, relativamente moderada, depende mucho del invierno anual, presentando cambios bruscos solamente cuando acontece una tormenta tropical o similares; la temporada seca es bochornosa, ventosa y mayormente despejada y es relativamente caliente durante casi todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 22 °C a 30 °C (INETER, 2023).

Aproximadamente 6 meses son los que se tienen de verano (noviembre – abril), en donde la salida y puesta de sol oscila entre las 5:30 am hasta las 5:40 pm, lo que nos da unas 11 a 12hrs de sol, de las cuales sabemos que 4hrs (10am-2pm) son las óptimas para el aprovechamiento de la generación de energía solar – fotovoltaica (Alcor, 2002).

En el caso de los vientos, la finca La Granja, Rivas, presenta vientos con velocidades que oscilan entre los 14 a 18km/h aproximadamente, suficientes para hacer girar las turbinas eólicas y generar energía eléctrica (INETER, 2023).

Los 6 meses de invierno restantes se puede seguir aprovechando perfectamente la generación a través de las turbinas eólicas, así como también, un leve (por la nubosidad) pero constante aprovechamiento diario a lo que respecta la generación solar, a través de los paneles fotovoltaicos.

Fuentes primarias y secundarias de información

Como fuentes primarias se tomaron libros y conceptos de libros de la biblioteca en línea Esman Marín de la Universidad Nacional de Ingeniería UNI, y como fuentes secundarias tesis monografías de diferentes universidades nacionales como internacionales, las cuales han formado parte de la estructura de nuestro documento, de carácter investigativo, con el fin de mostrar los beneficios de nuestra propuesta.

Ver referencia bibliográfica en este documento.

Hipótesis y variables

La falta de continuidad y calidad del suministro de energía eléctrica ocasiona en la finca La Granja una baja en la producción del cultivo de plátano, lo cual conlleva pérdidas económicas por daños en sus equipos de bombeo y pérdidas de cultivos por falta de riego.

Para fincas agrícolas como La Granja es vital la calidad y continuidad del suministro de la energía eléctrica, ya que dependen totalmente del bombeo para el riego de sus cultivos.

Esta es la problemática energética que vive continuamente esta finca, y requiere dar una solución para mejorar su productividad y desarrollo económico. Garantizando el empleo a muchas familias de la zona donde se ubica la finca.

La falta de calidad y continuidad del suministro eléctrico en la finca La Granja, se debe a la ubicación alejada del punto de conexión a la red eléctrica comercial, dado que el camino que conecta a la finca La Granja con la carretera panamericana se encuentra en una zona donde el terreno es difícil de transitar, lo que dificulta el acceso para llevar la red cableada y otros materiales básicos esenciales para la electrificación de la zona. La instalación de un sistema híbrido eólico- solar fotovoltaico en la finca La Granja, haría posible el desarrollo productivo del cultivo de plátano de riego, gracias a que el sistema híbrido brindaría un suministro eléctrico continuo y de calidad.

Entre los beneficios que se obtendrán gracias a este sistema híbrido, están entre otros: la generación de una energía eléctrica de calidad, segura y confiable con una capacidad y disponibilidad eléctrica eficiente, lo que también significa, una reducción en gastos por compra de combustible que se utiliza para hacer funcionar un generador de combustión interna para producir energía por algunas horas en el día.

Entre las ventajas de combinar el uso del viento y la radiación solar para la generación de energía eléctrica está el reducir el costo total de la instalación, por lo cual el mayor o menor beneficio depende de la correlación estacional en el tiempo de ambos recursos. (Galino, 2010). Lo que significa que, al obtener resultados positivos en esta propuesta, se podría perfectamente replicar en otras zonas con características similares a las de la finca La Granja para la generación de energía eléctrica en lugares donde no es posible el acceso a la red comercial.

Variables

1. Pertinencia de la información.
2. Funcionalidad de la información.
3. Adecuación de la información.
4. Parámetros técnicos de interés tratados (Carga a conectarse de la Granja, Potencia y Amperaje
5. , Radiación solar, velocidad del viento y componentes del sistema híbrido solar-eólico

Metodología de desarrollo de la investigación

El proceso para realizar esta propuesta de investigación inicia con la evaluación investigativa sobre las fuentes bibliográficas a nivel nacional e internacional, acerca de otros sistemas similares a la presente propuesta, que se pretendan implementar o se hayan implementado en los últimos años. Posteriormente se seguirán las técnicas y métodos técnico-económicos para la obtener los resultados esperados.

Según, (Arias, 2023), una investigación aplicada es aquella que tiene como objetivo resolver problemas concretos y prácticos de la sociedad o las empresas. Por tanto, la investigación acá realizada es aplicada, porque de acuerdo con los objetivos planteados se desarrollan los avances del documento y del nivel de conocimiento recolectados, se tomará como base teórica para proponer una solución eficiente que impacte de manera positiva a la sociedad nicaragüense. La investigación aplicada es metódica y profunda, a continuación, detallaremos las fases de la misma:

- **Planificación**

Las fases de la investigación aplicada comienzan con la planificación.

En esta fase se realiza el planteamiento del tema y las preguntas que buscarán responderse. En ella también se realiza una investigación de antecedentes y una metodología con el plan a llevar a cabo.

- **Ejecución**

En la ejecución se aplica la metodología y el plan de acción con el objetivo de desarrollar la solución al problema.

De igual forma se recolecta información y se describen los sucesos ocurridos durante la ejecución.

- **Publicación de resultados**

En esta fase se hace el análisis de la información para posteriormente ser redactada.

Los resultados de la investigación pueden ser presentados en forma de artículos científicos, tesis o en patentes de invención en caso de ser requerido.

Las técnicas o instrumentos de documentación para la realización del trabajo investigativo son:

- Revisión documental: para la recolección y análisis de datos históricos, técnicos, teóricos y normativos.
- ▮ • Fichas de Análisis: para la obtención y análisis de información a partir de la observación y explicación de modelos análogos.
- Fotografías: para respaldar lo observado y justificar la toma de decisiones de la intervención o diseño.

«La investigación evaluativa es, ante todo, el proceso de aplicar procedimientos científicos para acumular evidencia válida y fiable sobre la manera y grado en que un conjunto de actividades específicas produce resultados o efectos concretos» (Coromoto, 2000).

El tipo de investigación aquí presentada es meramente **analítica, evaluativa y cuantitativa**, porque se valora de manera sistemática, los recursos materiales y recursos económicos, necesarios para lograr la meta deseada, acumulando evidencia valida y fiable sobre el tema encuestión, y todos los demás factores que intervienen en el proceso y que, a su vez, producen resultados y/o efectos concretos.

“Los métodos de investigación mixta son la integración sistemática de los métodos cuantitativo y cualitativo en un solo estudio con el fin de obtener una “fotografía” más completa del fenómeno” (Hernández Sampieri y otros 2008), es por eso que los datos

aquí obtenidos son **mixtos (cualitativos- cuantitativos)**, ya que nuestra perspectiva procura tratar la información obtenida desde los datos económicos y técnicos (cuantitativos) del estudio hasta la calidad de los materiales del sistema en cuestión, así como también las condiciones climatológicas que presenta la localización de la muestra en estudio (cualitativos). Hernández Sampieri nos cuenta, que un estudio transversal “consiste en un método de obtención de datos que perdura solo un momento, en un único tiempo”.

Por consiguiente, el tiempo de nuestro estudio es transversal, porque nos limitaremos a detallar los resultados obtenidos en un periodo de tiempo corto del presente año. Tan pronto se haya recopilado y analizado la información necesaria (datos, factores y otros aspectos) sobre nuestro estudio técnico – económico, procederemos a detallar las conclusiones y recomendaciones de la investigación. Cabe mencionar que nuestra manera de ejecutar este estudio es en base una investigación documental – campo, porque se realizara un análisis del sitio, así como también, cotizaciones sobre los equipos disponibles a nivel nacional.

El universo de estudio es un “conjunto de unidades que se quiere estudiar y que podrían ser observadas individualmente en el estudio (Sampiere, 2000)” . La población de estudio es “un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Esta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio”. Según el autor Arias (2006, p. 83) define muestra como “un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible”.

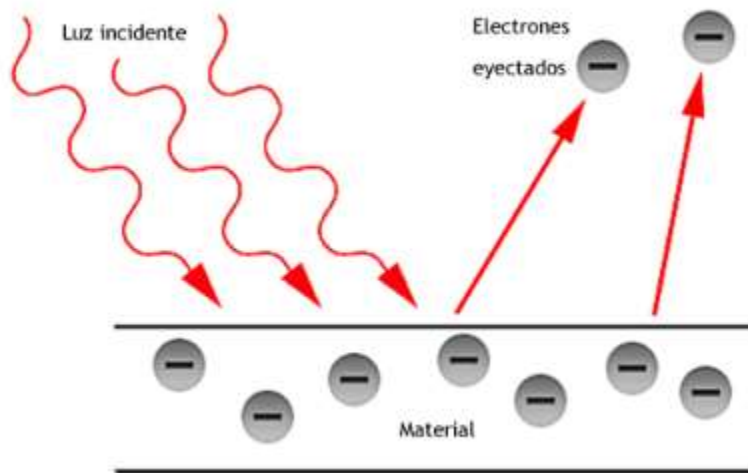
El universo de estudio es la finca La Granja, porque es la localización donde se llevará a cabo la investigación en su totalidad, debido a las condiciones climatológicas esenciales para desarrollar el estudio. La población será, la población del municipio de Belén, Rivas. El subconjunto o muestra será la familia que habita en la finca, ya que se encuentran dentro de las inmediaciones del terreno de estudio.

Capítulo 1.- Energía Solar Fotovoltaica, conceptos básicos- Elementos del Sistema.

1.1 Aplicación de la energía solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica es la energía obtenida a partir de la captación de las ondas electromagnéticas emitidas por el Sol, que consiste en el aprovechamiento de la radiación electromagnética producida por el sol mediante células fotovoltaicas, produciendo energía directamente gracias al efecto fotoeléctrico. Este efecto se produce al incidir los fotones producidos por el sol en una de las caras de las células fotoeléctricas formadas por un material semiconductor que, generalmente es el silicio, cediendo toda su energía a los electrones, situados sobre el material semiconductor que las conforman, produciendo así el efecto fotovoltaico, por el cual se crea una diferencia de potencial entre ambas caras y generando como consecuencia la corriente eléctrica, en forma de corriente continua (DC).

Figura 6 Efecto fotovoltaico



Fuente: <https://www.dexen.mx/paneles-solares-modulos-solares/attachment/efecto-fotovoltaico-paneles-solares/>

1.2 Celular Solar Fotovoltáica.

La célula solar fotovoltaica o célula fotoeléctrica es el dispositivo electrónico encargado de transformar directamente la energía solar en energía eléctrica, esto se debe a la composición del material semiconductor, generalmente silicio cristalino, que presenta efecto fotoeléctrico.

Debido a las propiedades que presenta, ya que éstas favorecen la producción del efecto fotovoltaico.

En la actualidad existen varios tipos de silicio cristalino, entre los que destacan tres tipos principales:

- Silicio Monocristalino. Son las células fotovoltaicas más usadas en la actualidad, esto se debe a que presenta un rendimiento más alto con respecto a los demás tipos de células fotovoltaicas. Para fabricarlo, se generan lingotes de cristal único de Silicio a partir del método de Czochralski mediante un crisol. Utiliza uniones cristalinas de Silicio P-N completamente ordenadas.

Figura 7 Panel Solar monocristalino.



- Silicio Policristalino. En este tipo de células por las que están formados son células policristalinas. Estos paneles se caracterizan por tener un color más claro que los paneles monocristalinos. El método de obtención se basa en el colado, en el que se funde silicio y se deja solidificar lentamente en un crisol, formado por múltiples cristales de silicio, siendo un proceso menos costoso que el de silicio monocristalino, pero con una reducción considerable de la eficiencia de las células y con ello, su rendimiento.

Figura 8 Panel Solar Policristalino



- Silicio Amorfo. Esta tecnología, difiere del silicio cristalino por el hecho de que los átomos se encuentran aleatoriamente localizados entre sí, esta aleatoriedad en la estructura atómica tiene un efecto importante en las propiedades electrónicas del material que causa un mayor espacio de banda (1,7eV) frente al silicio cristalino (1,1eV). Además, presenta unos rendimientos considerablemente más bajos que el Silicio cristalino, ya que utiliza sólo el 1% del material, lo que hace que tenga un coste de fabricación inferior al de las células cristalinas, pero a su vez disponga de facilidad para la fabricación en masa. Como consecuencia de las características que dispone este tipo de silicio, dispone de una vida útil más corta que el silicio cristalino.

Figura 9 Panel Solar Amorfo



1.3 Módulo Fotovoltaico.

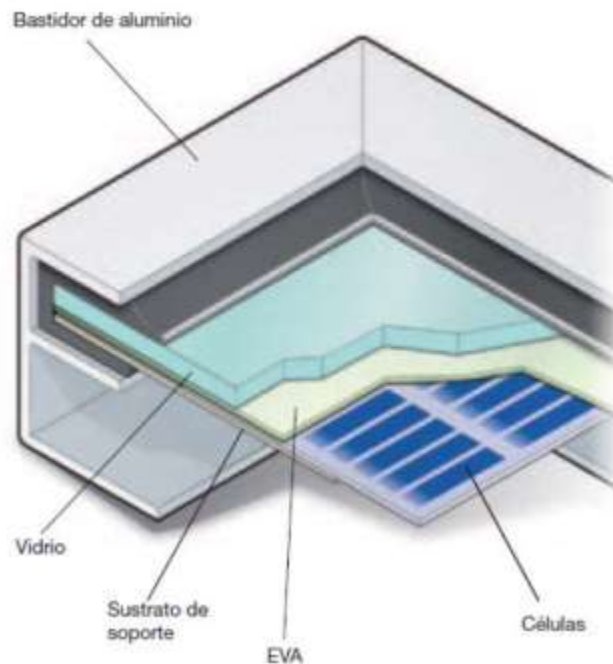
El módulo fotovoltaico está formado por el conjunto de células fotovoltaicas interconectadas y es el encargado de proporcionar los niveles de tensión y corriente adecuados a cada aplicación, proteger a las células fotovoltaicas frente a agresiones de los agentes atmosféricos, aislarlas eléctricamente del exterior, disipar el calor para evitar que el aumento de temperatura reduzca la energía suministrada por el módulo y dar rigidez mecánica al conjunto. Para ello, el módulo fotovoltaico se compone de una serie de materiales que le permiten disponer de dichas características.

A continuación, se puede observar los distintos niveles de protección que posee el módulo interiormente:

- Lámina protectora. El material más utilizado es el vidrio templado.
- Material encapsulante. EVA (Etileno-Vinilo-Acetato), siendo especialmente importante que no quede afectado por su transparencia por la continua exposición al sol.

- Sustrato de soporte. Situado en la parte posterior, que suele ser vidrio, metal o plástico.
- Bastidor metálico. Para asegurar tanto una rigidez como estanqueidad suficiente al conjunto, incorporando los elementos de sujeción en la parte inferior de la estructura del panel.

Figura 10 Componentes del Panel Fotovoltaico



1.4 Curva característica del módulo fotovoltaico.

La representación estándar del funcionamiento de un módulo fotovoltaico es la curva característica intensidad - voltaje. Por lo que, a partir de dicha curva se observan las posibles combinaciones de corriente y voltaje para un dispositivo fotovoltaico bajo unas condiciones estándar de medida de irradiación y temperatura. El punto concreto de corriente y voltaje en el que el dispositivo fotovoltaico trabajará vendrá determinado por la carga a la que esté conectado.

A continuación, se muestran los parámetros obtenidos del análisis de la curva (I-V) para unas condiciones estándar tanto de iluminación como de temperatura.

- Corriente de cortocircuito (I_{SC} o I_{CC}): Es la máxima corriente que producirá nuestro dispositivo con un voltaje igual a cero. Intensidad que proporciona el panel fotovoltaico cuando se fuerza a operar con los terminales cortocircuitados ($V=0$). Se corresponde con el valor máximo de la corriente que puede circular por el panel fotovoltaico.

- Voltaje de circuito abierto (I_{CA} o I_{OC}): Tensión medible en bornes del panel fotovoltaico cuando no está conectado a ninguna carga, siendo el máximo valor de tensión que puede proporcionar el panel fotovoltaico. Es el máximo voltaje del dispositivo para una corriente igual a cero.

- Tensión nominal o Tensión en el punto de máxima potencia (V_{mpp}): Corresponde a la tensión que proporciona el panel fotovoltaico cuando opera en el punto de máxima potencia (P_{mpp}), siendo su valor menor que el correspondiente a la tensión de circuito abierto (V_{OC}).

- Potencia Nominal o Potencia Máxima ($P_{m\acute{a}x}$ o P_{MPP}): Corresponde a la máxima potencia pico que el panel fotovoltaico puede proporcionar bajo las condiciones óptimas de radiación y temperatura. Es el punto en el cual la potencia entregada por el panel es máxima, obteniendo así, el mayor rendimiento del panel.

$$P_{MPP} = V_{mpp} \times I_{mpp}.$$

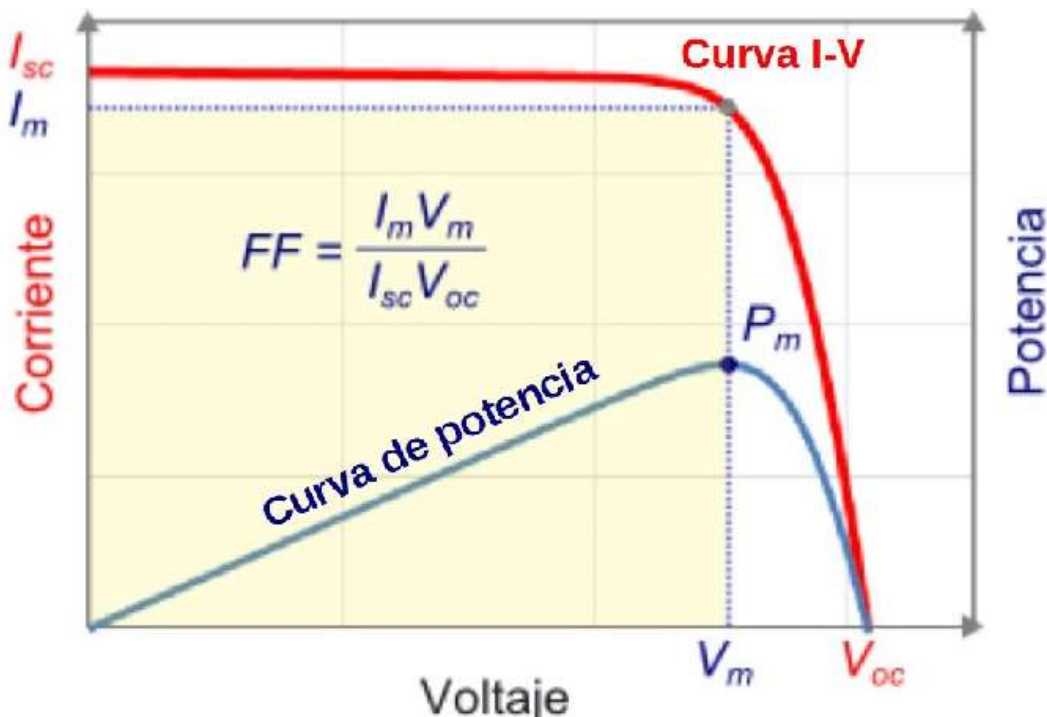
- Intensidad nominal o Intensidad en el punto de máxima potencia ($x I_{mpp}$) Corriente en el punto de potencia máxima P_{mpp} .. Es el punto de intersección con la máxima tensión de voltaje (V_{mpp}): Se corresponde a la máxima intensidad que el panel fotovoltaico quede proporcionar operando en el punto de máxima potencia (P_{MPP}), siendo su valor menor que el correspondiente a la corriente de cortocircuito (I_{SC}).

- Factor de forma (FF): Parámetro que relaciona la potencia máxima que proporciona el panel fotovoltaico con los valores máximos alcanzables considerando la tensión a circuito abierto (V_{oc}) y la corriente de cortocircuito (I_{sc}).

$FF = \frac{V_{mpp} I_{mpp}}{V_{oc} I_{sc}} = 0.8$	(1)
--	-----

- Eficiencia o Rendimiento (7). Define la eficiencia en la conversión de la energía. establece la relación entre potencia eléctrica aportada por el panel fotovoltaico y la potencia de la radiación que incide sobre él (P_r).

Figura 11 Curva característica I-V



1.5 Generador Fotovoltáico.

Un generador fotovoltaico es sistema formado por la asociación de un conjunto de módulos o paneles fotovoltaicos conexiados en serie y/o en paralelo, dependiendo de la demanda que se quiera abastecer para, de ese modo conseguir la potencia deseada.

Para optimizar la generación de energía, se debe tener en cuenta que los módulos fotovoltaicos se deberán instalar en un lugar con abundante radiación solar, quedando exento de lugares con sombras provenientes de árboles o edificios, ya que esto supondría un obstáculo para la producción y no se generaría energía.

Las conexiones de los módulos fotovoltaicos siguen las normas básicas de las conexiones eléctricas. La conexión en serie de los módulos produce una tensión igual a la suma de las tensiones de los módulos conectados, manteniendo así la intensidad en todo el generador fotovoltaico, mientras que, en la conexión en paralelo es la tensión la que se mantiene constante y es la intensidad la que se suma, obteniendo en el generador fotovoltaico una intensidad igual a la suma de las corrientes todos los módulos. Además, también se puede combinar la asociación serie – paralelo de los módulos fotovoltaicos, para así obtener los niveles de tensión y corriente deseados. Siendo este tipo de conexión la más común en las instalaciones fotovoltaicas.

1.6 Estructura de los módulos fotovoltaicos.

La estructura de soporte es la encargada de la sujeción mecánica, inclinación y orientación de los módulos fotovoltaicos con el objetivo de obtener el máximo rendimiento adaptándolos a las superficies de la instalación, tales como suelo, cubiertas planas, inclinadas.

Al igual que los módulos fotovoltaicos, deben soportar condiciones adversas tales como el desgaste climatológico y la fuerza del viento.

Tipos de estructuras:

1. Estructuras fijas. Dotan a la instalación de un ángulo de inclinación fijo, pudiendo instalarse sobre tejado, cubiertas planas o inclinadas y suelo. Este tipo de estructuras presentan un bajo coste tanto de instalación como de mantenimiento, así como un fácil mantenimiento y además un menor peso de la estructura.
2. Estructuras móviles. Este tipo de estructuras disponen de uno o dos ejes móviles que permiten aumentar el rendimiento de la instalación mediante el seguimiento solar, requiriendo para ello de un consumo eléctrico. Además, este tipo de estructuras presenta cierta complejidad mecánica, así como un alto coste de mantenimiento e instalación. El aumento del rendimiento puede aumentar la producción entre un 15% - 40% dependiendo de la altitud. Otro factor que tener en cuenta con este tipo de estructuras es el peso, ya que presentan un mayor peso.

Materiales:

- Aluminio: Tiene una vida útil elevada y el mantenimiento es muy bajo. Presenta una alta resistencia a la corrosión.
- Acero galvanizado y acero inoxidable: La perfilería presenta un tratamiento de galvanizado en caliente con un revestimiento de zinc. Tiene un menor coste que el aluminio, pero hay que tener en cuenta la mecanización de taladros, ya que puede perder la protección galvánica. El empleo del acero inoxidable permite solventar estos problemas, pero con la consecuencia del aumento del coste.
- Hormigón: Son piezas prefabricadas de hormigón. Se suelen emplear en cubiertas y superficies planas. Presentan una simplificación en el montaje, así como un bajo coste con respecto a los anteriores.

1.7 Puesta a Tierra.

- a. El sistema de puesta a tierra de las instalaciones generadoras fotovoltaicas está constituido por la puesta a tierra de protección y la tierra de servicio.
- b. Tierra de protección: Destinada a la protección contra contactos indirectos, descargas atmosféricas, etc. Comprende todas las partes metálicas expuestas de las instalaciones, tales como paneles FV, estructuras de soporte o bandejas de conductores.

Todos los conductores deberán ser de cobre electrolítico de sección adecuada según el Código Nacional Eléctrico, NEC. Estarán todas las partes metálicas unidas entre sí mediante elementos adecuados de conexión tales como terminales, conectores, etc.

- c. Tierra de servicio: Con el fin de garantizar el correcto funcionamiento de los dispositivos de corte y protección, del inversor, detección de defectos, se deberá unir a tierra un conductor activo (negativo) de la parte de corriente continua.

Se realizará en un único punto para eliminar la posibilidad de que circule corriente por los conductores de protección. Así como se deberán unir en un único sistema de puesta a tierra, las tierras de protección y las de servicio.

1.8 Aplicaciones de la energía solar fotovoltaica.

Principalmente existen dos tipos de aplicaciones para la energía solar fotovoltaica que, dependiendo de las necesidades del consumidor, podemos distinguir entre instalaciones aisladas y conectadas a red:

SISTEMAS AISLADOS

Un sistema fotovoltaico aislado es un sistema utilizado cuando se trata de lugares que no disponen de la red eléctrica, como pueden ser casas de campo, granjas o minas. La función principal de estos sistemas es abastecer de suministro de energía eléctrica a partir de módulos fotovoltaicos, produciendo corriente continua (DC) a un voltaje determinado dependiendo de las necesidades de la instalación.

La energía eléctrica producida puede ser utilizada en el momento para abastecer las cargas que requieran de energía y el excedente de energía producida, almacenarla en baterías para posteriormente poder disponer de ella cuando se requiera. Para ello, la instalación debe estar dimensionada para momentos en los que la climatología no permita la producción de energía y de este modo, asegurar el suministro autosuficiente de energía en todo momento.

SISTEMAS CONECTADOS A RED

Los sistemas fotovoltaicos conectados a red son utilizados en lugares como viviendas, almacenes o edificios, ya que consisten en la producción de energía a partir de paneles fotovoltaicos para abastecerse de la producción en el momento y el excedente verterlo a la red eléctrica, pudiendo hacer una compensación en factura para de este modo, abaratar el coste mensual de la factura.

En este tipo de instalaciones, no se cuenta con el uso de baterías para su almacenamiento, ya que la energía producida se consume directamente o se vierte a la red eléctrica en el momento.

1.9 Componentes de una instalación fotovoltaica.

INVERSOR O CONVERTIDOR DC/AC

El inversor o convertidor DC/AC es el encargado de transformar la corriente continua (DC) producida por los generadores fotovoltaicos en corriente alterna (AC), con los mismos parámetros de tensión (230/400V) así como una onda senoidal igual que la red eléctrica, permitiendo fijar la frecuencia de la tensión aplicada a la carga. La selección de este dependerá de la potencia nominal FV que deba gestionar.

REGULADOR DE CARGA O CONVERTIDOR DC/DC

El regulador de carga es un dispositivo electrónico cuya función es la de controlar el estado de carga de las baterías para garantizar que se realice una carga óptima y del mismo modo alargar la vida útil de estas. Además, también se encarga de proteger a las baterías contra posibles sobrecargas y voltajes excesivos.

Los reguladores de carga más utilizados son los MPPT ("Maximum Power Point Tracking"), que también se les llama maximizadores, puesto que aprovechan la máxima producción del panel solar para la carga de la batería.

ACUMULADOR O BATERÍA

La batería es la encargada de acoger el excedente de la energía cuando los consumos están cubiertos, para posteriormente utilizarlo cuando no se disponga de luz solar o también se puede acumular para cuando la energía solar no sea suficiente, abastecer los consumos con la carga acumulada.

No en todas las instalaciones fotovoltaicas se instalan baterías, por lo que no es un elemento principal, pero cada día son más necesarias por lo que se implantan en gran parte de las instalaciones.

1.10 Radiación Solar.

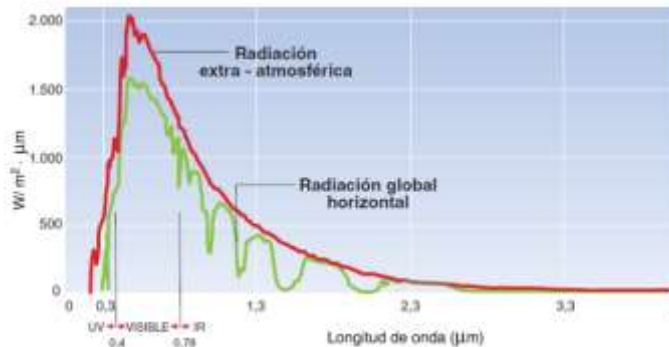
La energía solar resulta del proceso de fusión nuclear que tiene lugar en el sol. Esta energía es el motor que mueve nuestro medio ambiente, siendo la energía solar que llega a la superficie terrestre 10.000 veces mayor que la energía consumida actualmente por toda la humanidad.

La radiación es transferencia de energía por ondas electromagnéticas y se produce directamente desde la fuente hacia fuera en todas las direcciones. Estas ondas no necesitan un medio material para propagarse, pueden atravesar el espacio interplanetario y llegar a la Tierra desde el Sol.

La longitud de onda y la frecuencia de las ondas electromagnéticas, son importantes para determinar su energía, su visibilidad y su poder de penetración. Todas las ondas electromagnéticas se desplazan en el vacío a una velocidad de 299.792 km/s.

Estas ondas electromagnéticas pueden tener diferentes longitudes de onda. El conjunto de todas las longitudes de onda se denomina espectro electromagnético. El conjunto de las longitudes de onda emitidas por el Sol se denomina espectro solar.

Figura 12 Espectro Electromagnético de la radiación Solar



La proporción de la radiación solar en las distintas regiones del espectro es aproximadamente:

Ultravioleta: 7%

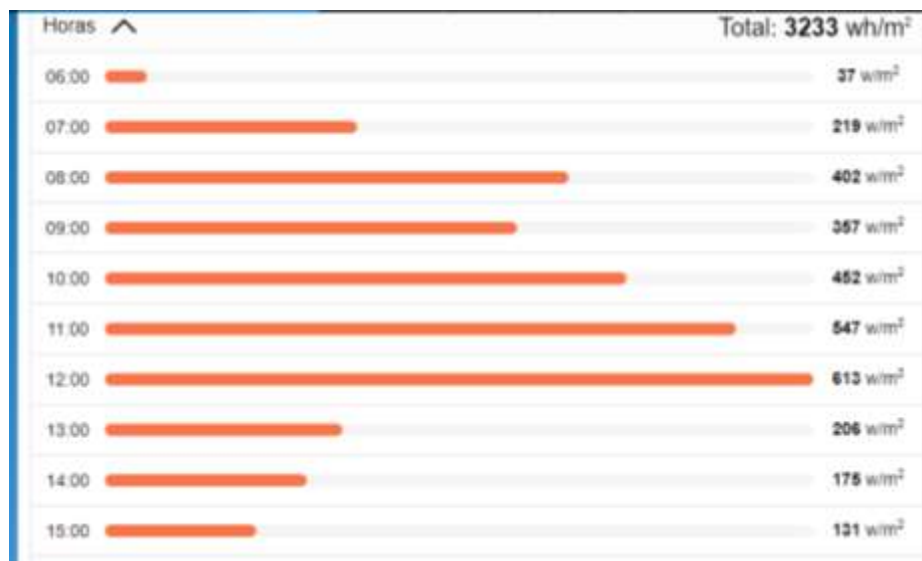
Luz visible: 43%

Infrarrojo: 49%

El resto: 1%

Una pequeñísima parte de la energía radiada por el Sol es interceptada por la Tierra, situada a unos 150 millones de km de distancia. La irradiancia solar es la magnitud empleada para indicar el valor de la radiación incidente en una superficie. En el caso del Sol, se define como la energía solar recibida por cada m^2 en un segundo.

En el caso de Nicaragua, se muestran valores instantáneos de radiación solar, que varían en 37 W/m^2 y 613 W/m^2 .



Fuente: <https://www.radiacionsolar.es/managua.html>

En función de cómo reciben la radiación solar los objetos situados en la superficie terrestre, se pueden distinguir estos tipos de radiación:

Radiación directa. Es aquella que llega directamente del Sol sin haber sufrido cambio alguno en su dirección. Este tipo de radiación se caracteriza por proyectar una sombra definida de los objetos opacos que la interceptan.

Radiación difusa. Parte de la radiación que atraviesa la atmósfera es reflejada por las nubes o absorbida por éstas. Esta radiación, que se denomina difusa, va en todas direcciones, como consecuencia de las reflexiones y absorciones, no sólo de las nubes sino de las partículas de polvo atmosférico, montañas, árboles, edificios, el propio suelo, etc. Este tipo de radiación se caracteriza por no producir sombra alguna respecto a los objetos opacos interpuestos. Las superficies horizontales son las que más radiación difusa reciben, ya que ven toda la bóveda celeste, mientras que las verticales reciben menos porque sólo ven la mitad.

Radiación reflejada. La radiación reflejada es, como su nombre indica, aquella reflejada por la superficie terrestre. La cantidad de radiación depende del coeficiente de reflexión de la superficie, también llamado albedo. Las superficies horizontales no reciben ninguna radiación reflejada, porque no ven ninguna superficie terrestre y las superficies verticales son las que más radiación reflejada reciben.

Radiación global. Es la radiación total. Es la suma de las tres radiaciones.

Figura 13 Tipos de Radiación Solar



Capítulo 2.- La energía eólica y sus ventajas.

2.1 Definición de la energía eólica.

La **energía eólica** es la energía que se obtiene del viento. Se trata de un tipo de energía cinética producida por el efecto de las corrientes de aire. Esta energía la podemos convertir en electricidad a través de un generador eléctrico.

Es una energía renovable, limpia, que no contamina y que ayuda a reemplazar la energía producida a través de los combustibles fósiles (Factorenergia, 2023).

La energía eólica se obtiene al convertir el movimiento de las palas de un aerogenerador en energía eléctrica. Un aerogenerador es un generador eléctrico movido por una turbina accionada por el viento, sus predecesores son los molinos de viento.

Un aerogenerador lo conforman la torre; un sistema de orientación ubicado al final de la torre, en su extremo superior; un armario de acoplamiento a la red eléctrica pegado a la base de la torre; una góndola que es el armazón que cobija los componentes mecánicos del molino y que sirve de base a las palas; un eje y mando del rotor por delante de las palas; y dentro de la góndola, un freno, un multiplicador, el generador y el sistema de regulación eléctrica (Factorenergia, 2023).

2.2 Ventajas de la energía eólica.

- a. Es una fuente de energía inagotable
- b. Es una fuente de energía renovable. El viento es una fuente abundante e inagotable, lo que significa que siempre se puede contar con la fuente original que produce la energía, lo que hace que no tenga fecha de caducidad. Además, está disponible en muchos lugares del mundo.
- c. Ocupa poco espacio

- d. Para producir y acumular la misma cantidad de energía eléctrica, un campo eólico necesita menos terreno que un campo de energía fotovoltaica.
- e. Además, es reversible, lo que significa que el área ocupada por el parque puede restaurarse fácilmente para renovar el territorio preexistente.
- f. No contamina
- g. La energía eólica es una de las fuentes de energía más limpia tras la energía solar. Esto es así porque durante su proceso de generación no lleva implícito un proceso de combustión. Así, no produce gases tóxicos, ni residuos sólidos alguno. Para hacernos una idea: un aerogenerador alcanza una capacidad de energía similar a la de 1.000 Kg de petróleo.
- h. Además, las propias turbinas tienen un ciclo de vida muy largo antes de ser retiradas para su eliminación.
- i. Bajo coste
- j. Los costes de las turbinas eléctricas eólicas y el mantenimiento de la turbina son relativamente bajos. El coste por kW producido es bastante bajo en las áreas muy ventosas. En algunos casos, el coste de producción es el mismo que el del carbón, e incluso la energía nuclear.

2.3 Desventajas de la energía eólica.

- I. El viento no está garantizado
- II. El viento es relativamente impredecible por lo que no siempre se cumplen las revisiones de producción, especialmente en unidades temporales pequeñas.
- III. Para minimizar los riesgos las inversiones en este tipo de instalaciones son siempre a largo plazo, con lo que el cálculo del retorno de éstas es más seguro (Factorenergia, 2023).

- IV. Los aerogeneradores sólo funcionan correctamente con ráfagas de viento entre los 10 y los 40 Km/h. A velocidades menores la energía no resulta rentable y a mayores supone un riesgo físico para la estructura.
- V. Energía no almacenable
- VI. Se trata de energía que no se puede almacenar, sino que debe ser consumida de manera inmediata cuando se produce. Eso hace que no pueda ofrecer una alternativa completa al uso de otros tipos de energía.
- VII. Impacto en el paisaje
- VIII. Los grandes parques eólicos tienen un fuerte impacto paisajístico y son visibles desde largas distancias. La altura promedio de las torres/turbinas oscila entre los 50 y los 80 metros, con palas giratorias que se elevan otros 40 metros. El impacto estético en el paisaje a veces genera malestar en la población local.
- IX. Afectan a las aves
- X. Los parques eólicos pueden tener un impacto negativo a la avifauna, especialmente entre las aves rapaces nocturnas. El impacto en la avifauna se debe a que las palas giratorias pueden moverse a una velocidad de hasta 70 Km/h. Las aves no son capaces de reconocer visualmente las cuchillas a esta velocidad, chocando con ellas fatalmente.

2.3.1. Energía Mini-eólica.

La energía mini eólica es el aprovechamiento de los recursos eólicos mediante la utilización de aerogeneradores de potencia inferior a los 100 kW. De acuerdo con las normas internacionales, los molinos de esta tecnología deben tener un área de barrido que no supere los 200 m² (aprenovables, 2022).

Esta tecnología cuenta con una serie de ventajas:

- Permite el suministro de electricidad en lugares aislados y alejados de la red eléctrica.
- Genera energía de manera distribuida (micro generación distribuida) reduciendo de este modo las pérdidas de transporte y distribución.
- Produce electricidad en los puntos de consumo, adaptándose a los recursos renovables y a las necesidades energéticas de cada lugar.
- Puede combinarse con fotovoltaica en instalaciones híbridas.

Suele haber dos tipos de aerogeneradores para autoconsumo:

1. Eje horizontal: son los más habituales y eficientes.
2. Eje vertical: son más novedosos y por su diseño, se pueden instalar en más espacios ya que ocupan menos.

Dependiendo del espacio donde quieras instalarlo, deberás elegir el horizontal o vertical.

2.3.2. Sistema híbrido.

Bajo el enfoque de esta investigación se considera un sistema híbrido de suministro de la energía, mediante dos fuentes renovables de energía, como son la energía eólica y la solar.

El sistema mixto fotovoltaico y eólico o también denominado sistemas híbridos fotovoltaicos y eólicos, permiten combinar dos tipos de energía diferentes para aprovechar al máximo los recursos del sol y del viento, complementándose entre sí (Inarqui, 2023).

Permitiendo una optimización de las horas utilizadas para generar energía, y al mismo tiempo, disminuyen el tiempo de amortización del equipo, aunque su coste inicial sea mayor.

Los sistemas híbridos fotovoltaicos y eólicos constan de placas solares y aerogeneradores para captar la energía.

El sistema mixto fotovoltaico y eólico es una buena elección para casas rurales, en definitiva, en lugares abiertos y grandes con un buen terreno para colocar este sistema.

Es recomendado también emplear esta tecnología híbrida en lugares (como son casas de campo muy alejadas) donde la red eléctrica no llegue y queramos ser autosuficientes energéticamente y generar nuestra propia energía (apprenovables, 2022).

Capítulo 3.- Datos de diseño para sistema híbrido eólico-solar fotovoltaico de la finca La Granja.

3.1 Macrolocalización de la finca La Granja.

El proyecto para la implementación del sistema híbrido eólico-solar fotovoltaico se ubicará y desarrollará en la finca La Granja, ubicada a 6 kilómetros de la carretera panamericana, cuya entrada se encuentra en el kilómetro 102.5 frente a la carretera panamericana en dirección Rivas – Managua. Específicamente en el municipio de Belén, Rivas.

Figura 14 Macrolocalización Finca La Granja



Coordenadas

X= 609959.00 m E

Y= 1279513.00 m N

Esta finca cuenta con aproximadamente 8.5 manzanas, destinadas todas al cultivo de plátano.

Los suelos de la finca La Granja son en su mayoría profundos, bien drenados y fértiles, de texturas francas y franco arenosas, o al menos en 6 de sus 8 manzanas, ya que las ultimas 2.5 manzanas, poseen un tipo de suelo distinto, llamada vertisol*, cuyo color es negro y textura arcillosa.

La actividad económica de la finca, al igual que el resto del municipio, está basada más que todo en el cultivo del plátano. Su superficie es de 59406.16 m² y un relieve muy regular, con algunas pequeñas lomas en las partes más altas.

3.2 El clima y el tiempo promedio en todo el año en la finca La Granja.

En la finca La Granja, Rivas, la temporada de lluvia es nublada, relativamente moderada, depende mucho del invierno anual, presentando cambios bruscos solamente cuando acontece una tormenta tropical o similares; la temporada seca es bochornosa, ventosa y mayormente despejada y es relativamente caliente durante casi todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 22 °C a 30 °C (INETER, 2023).

Aproximadamente 6 meses son los que se tienen de verano (noviembre – abril), en donde la salida y puesta de sol oscila entre las 5:30 am hasta las 5:40 pm, lo que nos da unas 11 a 12hrs de sol, de las cuales sabemos que 4hrs (10am-2pm) son las óptimas para el aprovechamiento de la generación de energía solar – fotovoltaica (Alcor, 2002).

En el caso de los vientos, la finca La Granja, Rivas, presenta vientos con velocidades que oscilan entre los 14 a 18km/h aproximadamente, suficientes para hacer girar las turbinas eólicas y generar energía eléctrica (INETER, 2023).

Los seis meses de invierno restantes se puede seguir aprovechando perfectamente la generación a través de las turbinas eólicas, así como también, un leve (por la nubosidad) pero constante aprovechamiento diario a lo que respecta la generación solar, a través de los paneles fotovoltaicos.

3.3 Cargas a conectarse y consumo horario.

Como ya mencionamos en la introducción de la presente investigación, este estudio es a nivel de prefactibilidad técnica ya que la finca La Granja cuenta con un suministro de energía comercial y su producción de plátano posee un mercado ya establecido. En esta investigación sólo hacemos la propuesta técnica del sistema de suministro de energía comercial por un sistema de energía renovable híbrido eólico-solar, no abarcamos el diseño de las instalaciones internas de la finca ya que estas son existentes.

Los aspectos considerados en este estudio de prefactibilidad técnica son:

- a. La evaluación técnica de los equipos principales de carga conectados a la red de suministro, que servirán de base para la propuesta del sistema híbrido renovable.
- b. Los costos de inversión de la propuesta técnica del sistema híbrido.
- c. El estudio financiero de la propuesta técnica del sistema híbrido. Remarcamos que realizamos un estudio financiero, ya que se trata de un proyecto privado.

La instalación objeto de esta investigación trata de una finca que se dedica al cultivo de plátano, donde se lleva a cabo una actividad industrial ininterrumpida durante todo el año, de modo que la cantidad de energía de la que se requiere presenta unos niveles elevados.

Lo que se pretende es determinar la cantidad de consumo diario que presenta la instalación para poder dimensionar de forma efectiva la instalación, del sistema híbrido de energía eólico-solar fotovoltaico. Para ello nos basamos en el detalle de la instalación existente en la finca La Granja, tomando en cuenta su proceso productivo que es el cultivo de plátano y su empacado para la comercialización, este proceso consta de:

El proceso inicia con el corte y recolección del plátano en las áreas de cultivo, en esta etapa se seleccionan los racimos de plátanos que reúnen los requisitos para su comercialización.

Figura 15 Corte y Recolección del racimo



Fuente propia

Posteriormente estos son transportados mediante cables guías al área de procesado y empacado.

Figura 16 Transporte del plátano en cables guías



Fuente propia

El cable guía es impulsado por un motor monofásico de inducción de 1 HP, 220 V mediante un sistema de engranajes y un cable de acero. **Este motor es existente.**

Datos técnicos del motor:



Fuente propia

Datos de Placa

Marca: WEG

Potencia 1 HP

Frecuencia 60 Hz

Voltaje: 115/208-230 V

IP 65

1600 rpm

Este cable vía atraviesa la plantación de plátano, hasta llegar al lugar donde se realiza el desmane, lavado y selección del plátano. Esta área es un galerón techado con sistema de iluminación, una pila de agua para lavado del plátano impulsado por una bomba y una banda transportadora.

Figura 1 Area de lavado, procesado y empacado.



Datos técnicos de la bomba de agua de llenado: Existente



Fuente Propia

Datos técnicos:

Marca SEGOMARKET.

Potencia 1 ½ HP

Voltaje 115/230 V

Velocidad 1725 rpm

Amperaje 14.8 A/7.4 A

El sistema de iluminación de la nave industrial consta de 10 luminarias campana tipo Led con las siguientes características:

Voltajes 210-260 Vac.

Potencia 100 Watts.

13,200 Lúmenes.

Por ser una industria de procesamiento, los requerimientos normados de iluminación óptimos corresponden a 1000 lux. Este sistema es existente.



Figura 2 Tabla de Niveles de iluminación

Tareas y clases de local	Iluminancia media en servicio (lux)		
	Mínimo	Recomendado	Óptimo
Zonas generales de edificios			
Zonas de circulación, pasillos	50	100	150
Escaleras, escaleras móviles, roperos, lavabos, almacenes y archivos	100	150	200
Centros docentes			
Aulas, laboratorios	300	400	500
Bibliotecas, salas de estudio	300	500	750
Oficinas			
Oficinas normales, mecanografiado, salas de proceso de datos, salas de conferencias	450	500	750
Grandes oficinas, salas de delineación, CAD/CAM/CAE	500	750	1000
Comercios			
Comercio tradicional	300	500	750
Grandes superficies, supermercados, salones de muestras	500	750	1000
Industria (en general)			
Trabajos con requerimientos visuales limitados	200	300	500
Trabajos con requerimientos visuales normales	500	750	1000
Trabajos con requerimientos visuales especiales	1000	1500	2000
Viviendas			
Dormitorios	100	150	200
Cuartos de aseo	100	150	200
Cuartos de estar	200	300	500
Cocinas	100	150	200
Cuartos de trabajo o estudio	300	500	750

Fuente: <https://electricistas.cl/niveles-correctos-de-iluminacion-para-areas-de-trabajo/>

La tabla siguiente resume el censo de carga de La finca, así como su consumo energético por día.

Tabla 1 Censo de carga

CENSO DE CARGA							
Descripción	Cantidad	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia Unitaria (W)	Potencia Total (W)	Horas de uso/día	Energía/día (kWh)
Motor de cable guía	1	220	5.3	933	933	8	7.46
Bomba de Llenado-agua	1	220	5.3	933	933	8	7.46
Motor de cinta transportadora	1	220	7.95	1399	1399	8	11.19
Luminarias Led	10	220	4.54	100	1000	8	8.00
				Demanda S=	4265	Total=	34.12

De esta tabla resumen vemos una demanda simultánea de 4, 265 Watts(4.265 kW) y un consumo energético por día de 34,1200 Watt horas/día (34.12 kWh/día).

A estos valores debe ajustarse nuestro sistema de suministro energético híbrido eólico - solar – fotovoltaico.

Otro de los parámetros a considerar son los niveles de radiación solar de la zona donde se ubica la finca La Granja, la cual como la mencionamos anteriormente esto toma valores que varían entre 5,350-5,400 W/m²-día.

3.4 El sistema de riego de los cultivos de la Finca.

Aun cuando no es parte integral de nuestra investigación, nos referiremos al sistema de riego de los cultivos de la Finca, cuya actividad se realiza en horas nocturnas de 8 pm a 10 pm, utilizando parte de la energía almacenada del sistema híbrido.

El equipo de bombeo consiste en una bomba y su motor (Electrobomba).

Este sistema de riego emplea una bomba centrífuga de eje horizontal.

Las bombas de agua pueden funcionar de diferentes formas, pero en términos simples, las bombas de agua tienen tres partes principales: una entrada, un sistema de bomba y una salida.

El agua entra en la bomba a través del lado de entrada cuando se hace una diferencia de presión dentro del sistema de la bomba, entonces el agua se mueve de una zona de alta presión a una zona de baja presión. Esto permite mover el agua a través de la bomba hacia la salida, una manguera y hacia la plantación de la finca.

La bomba succiona el agua hasta el sistema de bombeo y luego empujan el agua hacia los cultivos.

Figura 3 Sistema de Riego por aspersión

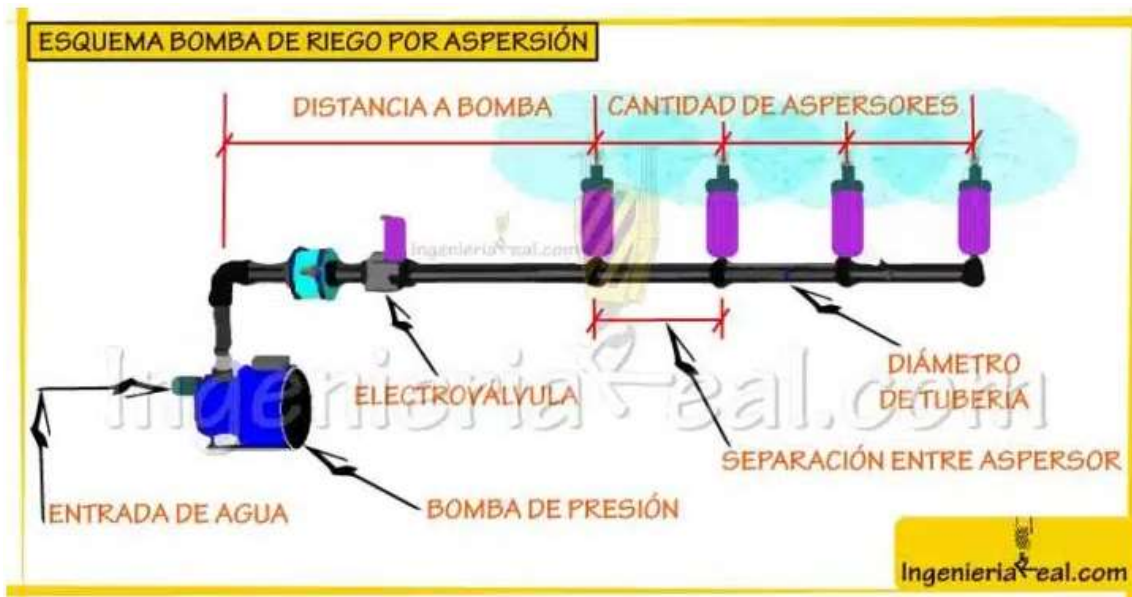


Fuente: Propia

El cultivo de plátano tiene una alta demanda de agua, de 120 a 150 mm al mes durante todo el año.

Para el riego se utilizan aspersores de ángulo bajo.

Figura 20 Esquema general del riego



Fuente: https://www.facebook.com/agrokrebs/posts/1257002531450863/?locale=nb_NO

Datos de placa de la electrobomba:

Potencia 1 HP

Voltaje 230 V

Amperios 3.2 A

100 L/m

Capítulo 4.- Propuesta de Diseño del sistema híbrido eólico -solar fotovoltaico (Prefactibilidad Técnica).

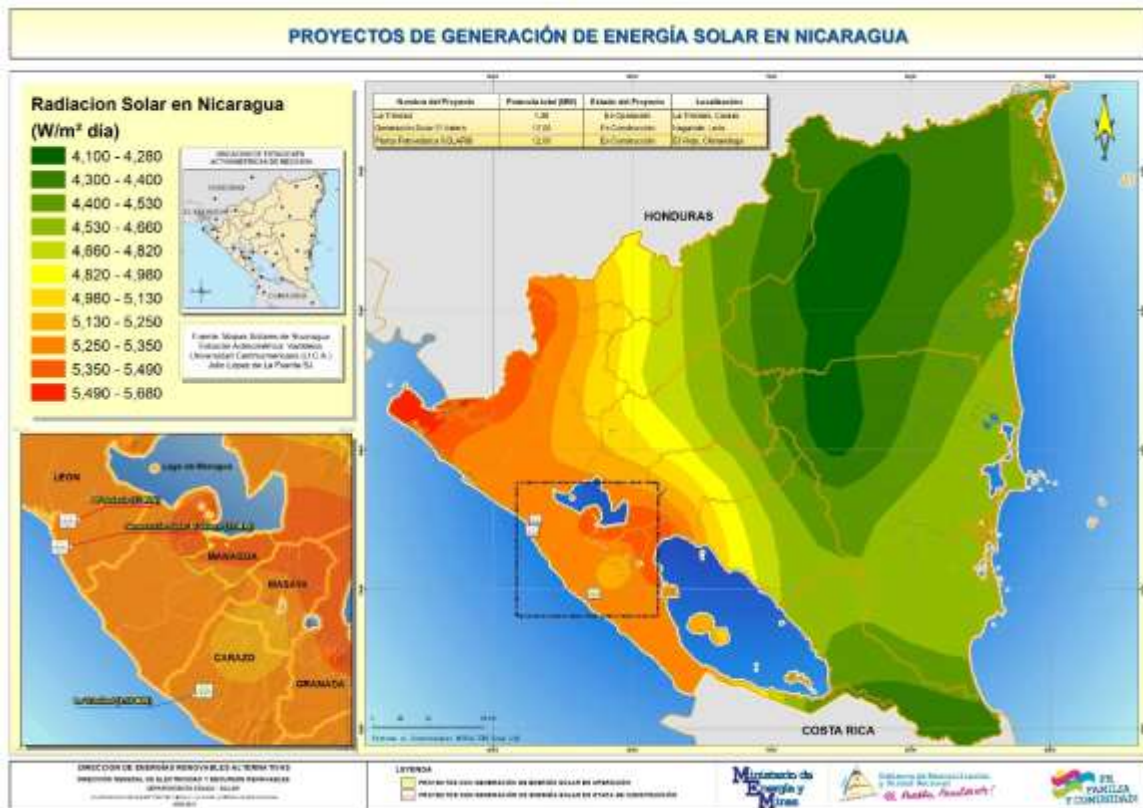
4.1 Cálculo de la cantidad de paneles del Sistema Solar.

Para el desarrollo de esta propuesta de diseño del sistema híbrido renovable, dadas las condiciones existentes respecto a la ubicación de la finca La Granja, el sistema híbrido va a estar formado por una combinación de energía eólica y solar.

Se ha optado por esta combinación de recursos renovables ya que, en cuanto al emplazamiento, dispone de capacidad para acoger los dos tipos de instalación y además son dos recursos que se complementan y optimizan las condiciones tanto del viento como del sol para, además poder dar estabilidad a la red de consumos.

El primer dato con que contamos para diseñar nuestro sistema solar será el mapa de radiación solar de Nicaragua, el cual obtenemos de la base de datos del Ministerio de Energías y Minas de Nicaragua (MEM).

Figura 21 Mapa de Radiación Solar Nicaragua



Fuente: https://www.mem.gob.ni/wp-content/uploads/2017/05/P-Sol_2017WEB_75dpi.jpg

En resumen, para el caso de la zona donde se ubica La Finca la Granja, que es en Rivas, el nivel de radiación solar es entre 5,350-5,400 W/m²-día.

Para el diseño tomaremos el valor crítico de 5,350 W/m²-día. Y a partir de este valor calculamos la hora solar pico, en este caso:

Las horas solares pico (HSP) es una unidad de medida de irradiación (energía) suponiendo una radiación constante de 1000 W/m². Por lo tanto, es una magnitud que se mide en «horas». Cuando hablamos de 1 hora de sol pico (HSP), nos referimos a la energía recibida por una radiación de 1000 W/m² durante 1 hora.

A continuación también presentamos datos obtenidos para el departamento de Rivas, de acuerdo al mapa del sitio obtenidas del sitio (PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM). También se obtuvo información mediante el uso del programa PVSYS, que es un programa gratuito para estudio de sistemas fotovoltaicos. Referidas al sitio web: [JRC Photovoltaic Geographical Information System \(PVGIS\) - European Commission \(europa.eu\)](http://www.jrc.ec.europa.eu/photovolt/geoindex.htm)

Monthly PV energy and solar irradiation

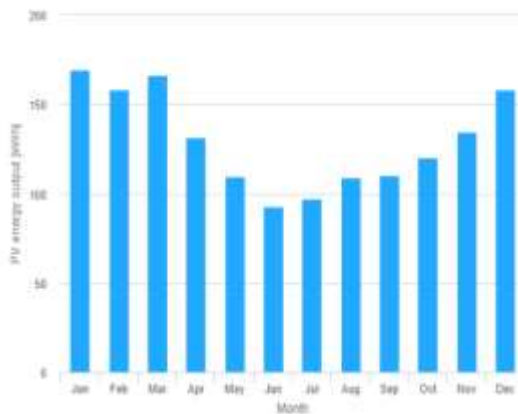
Month	E_m	H(i)_m	SD_m
January	169.5	216.9	9.2
February	158.0	204.4	5.8
March	166.2	217.6	4.4
April	131.6	175.2	4.8
May	109.8	146.8	5.6
June	93.0	124.4	3.4
July	97.5	129.2	3.8
August	109.0	144.9	3.4
September	110.3	146.5	14.9
October	120.3	159.0	14.7
November	134.3	174.4	11.1
December	158.4	202.3	11.0

E_m: Average monthly electricity production from the defined system [kWh].

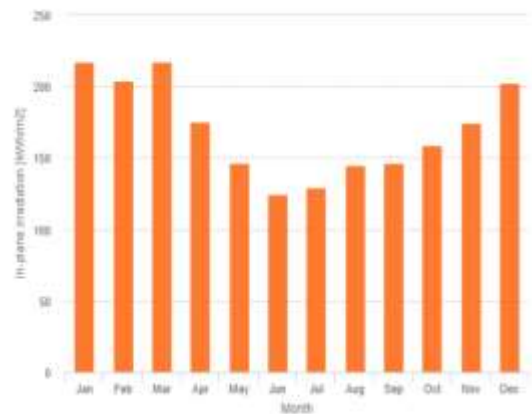
H(i)_m: Average monthly sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system [kWh/m²].

SD_m: Standard deviation of the monthly electricity production due to year-to-year variation [kWh].

Monthly energy output from fix-angle PV system:



Monthly in-plane irradiation for fixed-angle:



En nuestro caso con el valor crítico considerado 5,350 W/m²-día, la hora solar pico HSP, corresponde a:

$$HSP = \frac{5,350 \text{ W/m}^2}{1000 \text{ W/m}^2} = 5.35$$

A partir de los datos de carga, referidos en la tabla No. 1, del censo de carga de la Finca La Granja, tenemos que el consumo energético es de 34,120 Wh/día. Como en todo proceso de transformación y conversión de la energía, consideramos una eficiencia de todo el conjunto $\eta=0.75$, a partir de este valor calculamos la carga a suministrar por el sistema fotovoltaico, mediante la ecuación:

$Es = \frac{Wh/día}{\eta} = \frac{34,120 \frac{Wh}{día}}{0.75} = 45,493 Wh/día$	(2)
---	-----

Ahora calculamos el generador fotovoltaico:

En este punto se necesita conocer el número de paneles solares para generar la energía demandada durante el día, multiplicando la potencia máxima del panel fotovoltaico por las horas solar diarias y por la eficiencia del panel fotovoltaico, la cual se estima con la ecuación:

Como referencia utilizaremos paneles monocristalinos de 300 Watts.



290-300 Panel Solar Watts Monocristalino

Características Principales

- Garantía módulo reforzado
- Estructura reforzada
- Ideal p/los sistemas montados en tierra

Inversión Segura

Los paneles ERDM-SOLAR "ME" son fabricados con células Monocristalinas con potencias de 290 a 300 Wp. Estos paneles son laminados con



Características Eléctricas

Características	ERDM 290W HE	ERDM 295W HE	ERDM 300W HE
Voltaje en Circuito Abierto (V _{oc})	41.75V	41.77V	42.6V
Voltaje de Operación Óptimo (V _{m p})	34.65V	34.67V	35.58V
Corriente de Cortocircuito (I _{sc})	8A	8.01 A	8.02 A
Corriente de Operación Óptima (I _{m p})	8.43A	8.45 A	8.47 A
Potencia Máxima en STC (P _{m a x})	290 W	295 W	300 W
Temperatura de Operación (°C)	-40 a 90	-40 a 90	-40 a 90
Máximo Voltaje del Sistema	1000 V	1000 V	1000 V
Máximo Valor del Fusible	20 A	20 A	20 A
Tolerancia de Potencia	±3 %	±3 %	±3 %
Eficiencia	17.68%	17.88%	18.29%

STC: Irradiancia 1000 W/m², Temperatura del Módulo 25°C, AM=1

Características Mecánicas

Celda solar	Monocristalina
No. de celdas	60 (6 x 10)

Fuente:

<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/15858/GarciaRodriguezCamiloAndresAnexo-1.pdf?sequence=3>

Donde consideramos un rendimiento del módulo solar $\eta_m = 80\%$.

El número de paneles solares N_p , se calcula como:

$N_p = \frac{Es}{HSP \times \eta_m \times Pot./panel} = \frac{45,493 \text{ Wh/día}}{5.35 \times 0.8 \times 300} = 35.5 \text{ paneles}$	(3)
--	------------

Es decir, se requieren 36 paneles monocristalinos de 300 Watts.

4.2 Cálculo de la capacidad del inversor del sistema Solar.

Para calcular la potencia del inversor consideramos que su potencia pico será igual a la cantidad de paneles ya calculados por la potencia de cada unidad de panel solar, es decir:

$P_{inv} = N_p \times \text{Watts/por panel.}$	(4)
--	-----

$P_{inv} = 36 \text{ paneles} \times 300 \text{ Watts/panel} = 10,500 \text{ Watts} = 10.8 \text{ kW}$, a este valor le agregamos un factor de seguridad de 10% adicional a fin de garantizar una falta de capacidad por subdimensionamiento, que nos daría una potencia del inversor de $P_{inv} = 1.1 \times 10.8 \text{ kW} = 11.88 \text{ kW}$

En este caso seleccionamos un inversor SOFAR 12KTL-X.



Estudio y dimensionamiento técnico - económico de un sistema híbrido eólico solar fotovoltaico aislado de la red comercial, para el suministro de energía de la finca La Granja del municipio Belén del departamento de Rivas Nicaragua.

Ficha técnica	SOFAR 3.3KTL-X*	SOFAR 4.4KTL-X	SOFAR 5KTL-X*	SOFAR 5.5KTL-X	SOFAR 6.6KTL-X	SOFAR 8.8KTL-X	SOFAR 11KTL-X	SOFAR 12KTL-X
Entrada (DC)								
Máx. potencia de entrada recomendada del FV	4390Wp	5860Wp	6650Wp	7320Wp	8780Wp	11710Wp	14630Wp	15960Wp
Máx. potencia por MPPT	3550W	4500W	5700W	5700W	6250W	6200W	6200W	6850W
Número de MPPT	2							
Entradas en DC	1 por MPPT							
Máx. tensión de entrada	1000V							
Tensión de arranque	200V							
Tensión de entrada nominal	600V							
Rango de tensión de operación del MPPT	160-960V							
Rango de tensión MPP	160V-850V	190V-850V	240V-850V	240V-850V	290V-850V	380V-850V	480V-850V	575V-850V
Máx. intensidad por MPPT	11A / 11A							
Máx. intensidad de cortocircuito MPPT / DC	14A							
Salida (AC)								
Potencia nominal	3000W	4000W	5000W	5000W	6000W	8000W	10000W	12000W
Máx. potencia en AC	3300VA	4400VA	5000VA	5500VA	6600VA	8800VA	11000VA	13200VA
Máx. intensidad de salida	4.8A	6.4A	8.0A	8.0A	9.6A	12.8A	15.9A	19.1A
Tensión nominal de la red	3 / N / PE, 220 / 380Vac, 230 / 400Vac, 240 / 415Vac							
Rango de tensión de la red	310Vac-480Vac (según la normativa local)							
Frecuencia nominal de la red	50Hz / 60Hz							
Rango de frecuencia de la red	45Hz-55Hz / 54Hz-66Hz (según la normativa local)							
Rango de potencia activa ajustable	0...100%							
THDi	< 3%							
Factor de potencia	1 por defecto (ajustable + / - 0.8)							
Límite de potencia suministrada	Exportación cero o límite de potencia ajustable							
Rendimiento								
Eficiencia Máx.	98.0%	98.0%	98.0%	98.0%	98.0%	98.3%	98.3%	98.3%

4.3 Configuración de los módulos fotovoltaicos.

La configuración del sistema de los módulos fotovoltaicos la determinaremos en función de la siguiente tabla de niveles de voltaje DC:

VOLTAJE DEL SISTEMA POR POTENCIA	
POTENCIA	VOLTAJE
< 1000 W	12 V DC
1000 W ≤ P ≤ 2500 W	24 VDC
2500 W ≤ P ≤ 5000 W	48 VDC
P > 5000 W	120 VDC

Fuente: <https://www.areatecnologia.com/electricidad/calculo-fotovoltaica.html>

En este caso como la potencia del sistema solar es mayor a los 5000 Watts, el voltaje DC del sistema es de 120 VDC.

$N_s = \frac{V_{SB}}{V_{MPP}}$	(5)
--------------------------------	-----

Donde:

Ns: Número de paneles en serie.

VSB: Voltaje del sistema.

VMPP: Voltaje MPP del panel solar.

En nuestro caso:

$$N_s = \frac{120 VDC}{35.58VDC} = 3.4$$

Tomaremos 4.

Ahora calculamos el número de paneles en paralelo:

$N_p = \frac{N_T}{N_s}$	(6)
-------------------------	-----

Donde:

Np: Número de paneles en paralelo.

NT: Número total de paneles.

NS: Número de módulos en serie.

$$N_p = \frac{35 \text{ paneles}}{4 \text{ paneles}} = 8.75$$

Tomaremos un valor de 9.

4.4 Cálculo del banco de baterías.

Para determinar la capacidad del banco de baterías, utilizaremos la siguiente ecuación:

$C_{SB} = \frac{E_{CM} \times D_{AUT}}{V_{SB} \times MPD}$	(7)
--	-----

$$C_{SB} = \frac{11,880 \text{ Wh} \times 3 \text{ días}}{120 \text{ V} \times 0.7} = 424 \text{ Ah}$$

Donde:

C_{SB}: Capacidad del Sistema de Baterías.

E_{CM}: Energía de Consumo Máximo.

D_{AUT}: Días de Autonomía.

V_{SB}: Voltaje del Sistema de Baterías.

MPD: Máxima profundidad de Descarga =70%

Calcularemos el número de baterías en serie con la ecuación:

$N_s = \frac{V_{SB}}{V_B}$	(8)
----------------------------	-------

$$N_s = \frac{120 \text{ VDC}}{12 \text{ VDC}} = 10$$

Donde:

N_s : Número de baterías en serie.

V_{SB} : Voltaje del Sistema de Baterías

V_B : Voltaje de la Batería.

Y el número de baterías en paralelo se calcula como:

$N_p = \frac{C_{SB}}{C_B}$	(9)
----------------------------	-------

$$N_p = \frac{424 \text{ Ah}}{105 \text{ Ah}} = 4$$

Donde:

C_{SB} : Capacidad del Sistema de Baterías.

C_B : Capacidad de la Batería.

Utilizaremos como propuesta el siguiente modelo de batería



Especificaciones Técnicas

Voltios:	12
Amperios (Ah):	105
Potencia Arranque (A):	Almacenaje
Número de Placas:	17
Polaridad:	Izquierda (tuerca)
RC:	300
Medida (largo x ancho x alto):	330 x 172 x 214 mm
Peso:	27.10 Kg

Fuente: <https://www.todobaterias.pe/venta-de-baterias/Bosch/844/bateria-para-ups-bosch-p5200-17-placas/>

4.5 Cálculo del Sistema Regulador.

Al realizar el cálculo del regulador se lo hace con el objetivo de controlar los procesos de carga y descarga de la batería y poder proteger el sistema fotovoltaico, tomamos como datos la corriente de cortocircuito del módulo fotovoltaico $ISC = 9.02 \text{ A}$, número de paneles, potencia y eficiencia del inversor.

Corriente de entrada al Regulador utilizaremos la ecuación:

$I_n = 1.25 ISC \times N_p$	(10)
-----------------------------	--------

Donde:

In: Corriente de entrada al regulador.

ISC: Corriente de cortocircuito del módulo fotovoltaico.

Np: Número de paneles.

In= 1.25 x 9.02 x 36= 406 A.

Y la corriente de salida del inversor se calcula como:

$Isal = \frac{\frac{P_{inv}}{\eta_{inv}}}{V_{SB}}$	(11)
--	-------

$$Isal = \frac{\frac{6850}{0.9}}{120} = 63.43 A$$

Donde:

Isal: Corriente de salida del regulador.

Pinv: Potencia del inversor.

η_{inv} : Eficiencia del inversor.

V_{SB}: Voltaje del Sistema de Baterías



Marca	Victron Energy
Voltaje	150 Voltios
Dimensiones del artículo LxWxH	9,84 x 3,94 x 7,48 pulgadas
Peso del artículo	3 Kilogramos

Sobre este artículo

- Rango automático de 12/24/48 voltios, 5 años de garantía
- Voltaje de circuito abierto de hasta 150V PV
- Corriente de carga de hasta 70 A
- 10mA auto consumo, sin ventilador de refrigeración, eficiencia máxima excede el 98%
- Algoritmo de carga totalmente programable y ocho algoritmos preprogramados, seleccionables con un interruptor giratorio

4.6 Cálculo del breaker de protección de corriente directa.

Los elementos de protección en corriente continua son de vital importancia evitando el daño desde módulos fotovoltaicos, conductores, elementos electrónicos como regulador e inversor es por eso que deben cumplir con especificaciones técnicas que aseguren la correcta protección del sistema evitando daños al ser humano. Al estar conectados nuestros paneles en paralelo por medio de conectores especiales hacia la caja de elementos se conoce que la corriente de cortocircuito en paralelo se duplicará llegando a superar los 25 A es por esto que se propone una caja de paso con una protección de alta definición de 25 A MARCA Schneider Electric IC60N.

Figura 4 Breaker de



Alternating current (AC) 50/60 Hz				
Breaking capacity (Icu) according to IEC/EN 60947-2	Voltage (Ue)			
Full (2P, 3P, 4P)	12 to 183 V	238 to 240 V	300 to 415 V	440 V
Partial (1P, 1P+N)	12 to 88 V	180 to 182 V	220 to 240 V	-
Rating (In) 0.5 to 4 A	10 kA	10 kA	10 kA	25 kA
0 to 63 A	10 kA	25 kA	10 kA	5 kA
				75 % of Icu
Breaking capacity (Ics) according to IEC/EN 60947-2				
Full (2P, 3P, 4P)	Voltage (Ue)			
	400 V			
Partial (1P, 1P+N)	230 V			
Rating (In) 0.5 to 63 A	6000 A			
Direct current (DC)				
Breaking capacity (Icu) according to IEC/EN 60947-2				
	Voltage (Ue)			
Between 400 V and 1500 V	12 to 88 V	>= 72 V	>= 120 V	<= 180 V
Number of poles	1P	2P	3P	4P
Rating (In) 0.5 to 63 A	15 kA	10 kA	10 kA	10 kA
				100 % of Icu

Fuente:

https://download.schneider-electric.com/files?p_Doc_Ref=DB123060_Acti9_IC60N_Katalog&p_enDocType=Catalog&p_File_Name=Acti9+IC60N+Katalog+Indonesia.pdf

4.7 Cálculo de la protección de la cadena serie de paneles.

Utilizaremos fusibles, como en este caso tenemos cuatro paneles serie con los siguientes datos técnicos:

Potencia del panel 300 W

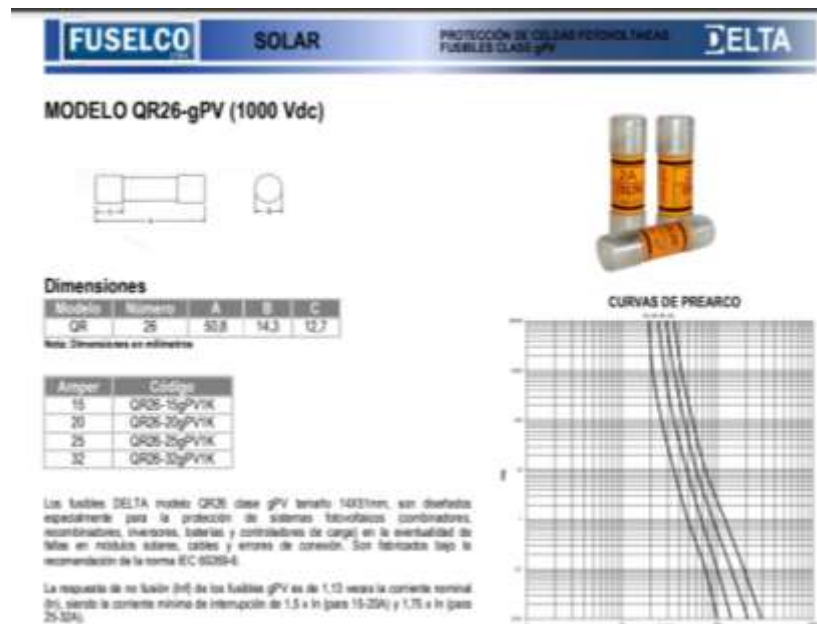
Voltaje de circuito abierto = 42.6 V

Corriente de cortocircuito I_{sc} = 9.02 A

Cálculo de la corriente del fusible:

$I = 1.25 \times 9.02 \text{ A} = 11.275 \text{ A}$, escogemos el valor comercial más cercano, 15 A, 1000 V

Figura 5 Referencia de Fusible DC



Fuente: <https://fusibles.cl/catalogos/Fusibles%20Solares%20gPV.pdf>

Figura 6 Porta fusible



4.8 Potencia del aerogenerador.

Ya que el sistema híbrido garantizará la confiabilidad y continuidad del suministro de la energía eléctrica a la finca La Granja, mediante un sistema híbrido de energía renovable, en el cual ya sea mediante el sistema solar o la energía eólica será suministrada la demanda de carga, es decir una de las dos fuentes estará presente según las condiciones de disponibilidad de la fuente primaria de energía. Por esta razón se utiliza un solo inversor a doble entrada de fuente, la eólica y la solar, conectado a una única carga de salida AC.

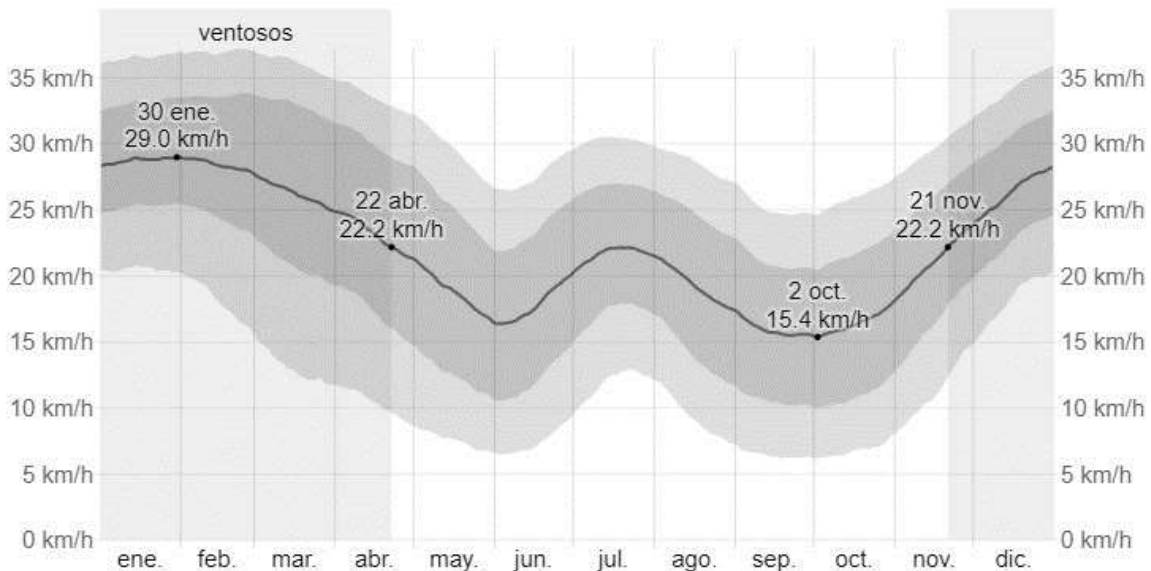
Bajo esta premisa y considerando la demanda de carga simultánea indicada en la tabla No.1, del censo de carga, establecemos que la potencia de diseño del aerogenerador será de $P_{eg} = 4.265 \text{ kW}$ o su valor comercial más cercano 5 kW , este valor corresponde a la salida de potencia del generador eléctrico del aerogenerador.

Si consideramos una eficiencia entre la potencia mecánica del viento en las aspas del aerogenerador y el generador eléctrico de $\eta = P_{eg}/P_v$, cuyo valor normalizado es de 0.43 entonces la potencia del viento del generador eólico tendrá un valor:

$$P_v = P_{eg}/\eta = 5\text{kW}/0.43 = 11.63 \text{ kW}$$

Para realizar el dimensionamiento del sistema eólico es necesario conocer la velocidad promedio del viento en la zona de estudio (Rivas), en este caso nos referimos a los datos de la figura No.15 y tomamos un valor promedio de $22.2 \text{ km/h} = 6.17 \text{ m/seg}$.

Figura 7 Velocidades de viento Rivas



Fuente: <https://es.weatherspark.com/y/14918/Clima-promedio-en-Rivas-Nicaragua-durante-todo-el-a%C3%B1o>

A partir de la siguiente ecuación de la potencia de viento del aerogenerador, podemos calcular la longitud del radio de barrido de las palas del aerogenerador:

$P_v = \frac{1}{2} \rho A V^3$	(12)
--------------------------------	---------------

Donde:

Pg: Potencia del Generador.

ρ :Densidad del aire kg/m³. En nuestro caso 1.28 kg/m³.

A: Area de barrido de las aspas de la turbina, $A= \pi R^2$.

V: Velocidad del viento.

R: Radio de Longitud de las aspas de la turbina.

$$P_v = \frac{1}{2} \rho A V^3$$

De esta ecuación se obtiene:

$A = \frac{2 P_v}{\rho V^3}$	(13)
------------------------------	-------

$$A = \frac{2 \times 11,630}{1.28 \times 6.17^3} = 77.36 m^2$$

Y el radio de las aspas del aerogenerador tienen una longitud de:

$$A= \pi R^2;$$

$$R = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = \sqrt{\frac{77.36 m^2}{3.1416}} = 4.96 m$$

Aproximadamente de 5 mts de longitud.

Es decir, nuestro aerogenerador debe manejar una potencia mecánica de viento de 11.63 kW y palas con un radio de giro de 5 mts de longitud.



Figura 23 Densidad del aire según la altura

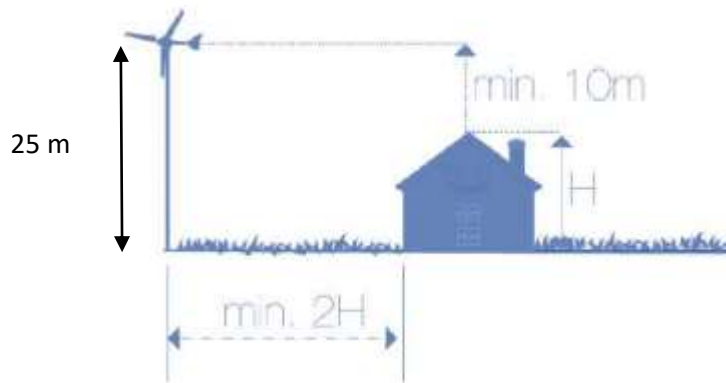
TABLA DE VARIACIÓN DE LA DENSIDAD DEL AIRE CON LA ALTURA

Altitud (M)	DENSIDAD (Kg / M3)				
	0°C	3°C	10°C	15 °C	23 °C
0	1.28	1.25	1.23	1.21	1.17
500	1.21	1.19	1.17	1.15	1.11
1000	1.14	1.12	1.1	1.08	1.05
1500	1.07	1.06	1.04	1.02	0.98
2000	1.01	0.99	0.97	0.96	0.92
2500	0.94	0.92	0.91	0.89	0.86
3000	0.87	0.86	0.84	0.83	0.8
3500	0.81	0.79	0.78	0.76	0.74
4000	0.74	0.73	0.71	0.7	0.68
4500	0.67	0.66	0.63	0.64	0.62

Fuente: <https://www.fullmecanica.com/definiciones/d/285-densidad-del-aire>

En cuanto a la instalación del aerogenerador, se va a situar en la parte posterior de la granja, ya que dispone de espacio suficiente y una zona fuera de obstáculos. Además, se montarán sobre una torre de celosía de altura de 25 mts. El anclaje de la torre del aerogenerador se realizará mediante una cimentación de hormigón, totalmente vertical y nivelada, de modo que se evite en todo momento un mal funcionamiento del aerogenerador.

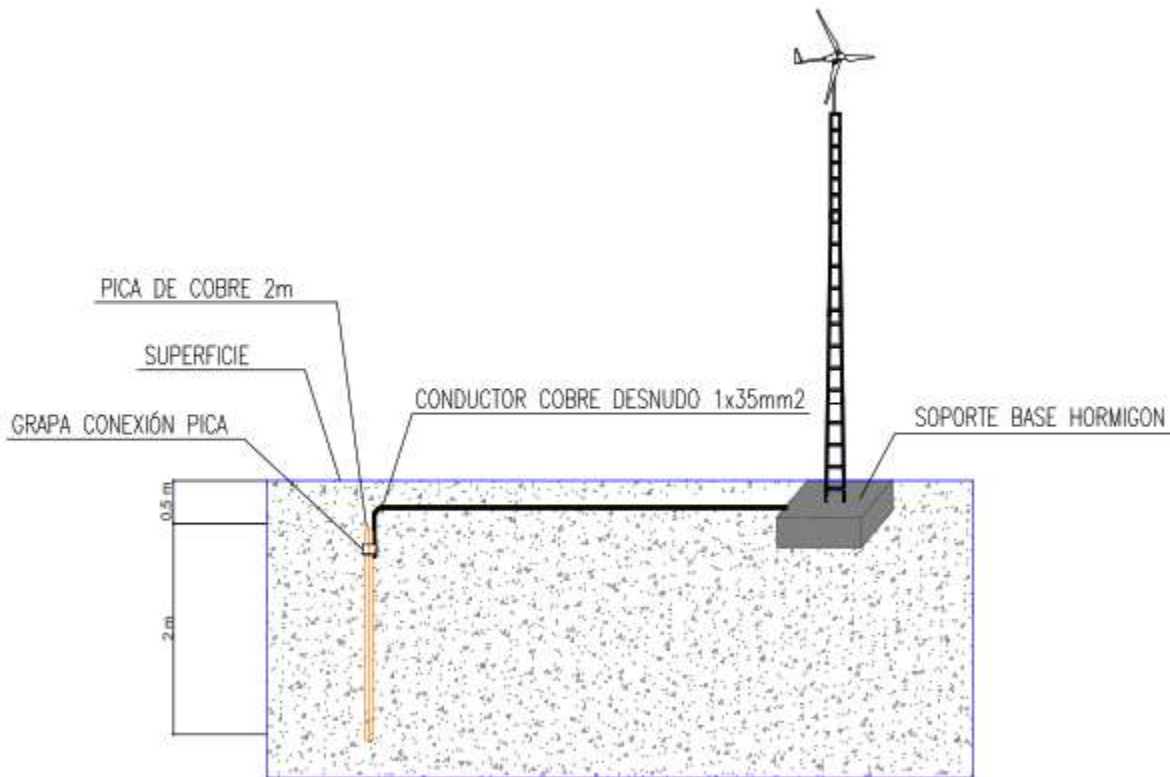
Figura 8 Esquema referencial de altura de montaje del aerogenerador



Los conductores de cobre se instalarán en un tubo enterrado en una zanja, por donde transportarán la energía producida por el aerogenerador directamente hasta el convertidor.

En general la potencia producida será mayor cuanto mayor sea la altura de la torre, ya que la velocidad del viento se incrementa con la altura, debe considerar que una torre más alta supone una mayor inversión económica, la cual en ocasiones es fácilmente amortizable.

Figura 9 Esquema General de montaje y aterrizamiento del aerogenerador



4.8 Estructuras soporte de los paneles solares.

La estructura de soporte de los paneles solares será apta para la disposición física de las agrupaciones de paneles en su configuración serie-paralelo.

El sistema estructural es de aluminio con tornillería en acero inoxidable.

La siguiente figura muestra un esquema referencial del sistema propuesto.

Figura 26 Soporte de paneles



Fuente: Enertik

4.9 Caída de tensión de los cables en corriente continua.

La sección de los cables debe determinarse para que la caída de tensión a lo largo del recorrido desde los paneles fotovoltaicos hasta los inversores sea inferior al 1,5% de la tensión de trabajo en el punto de máxima potencia.

Ya que se trata de corriente continua, la ecuación para calcular la caída de tensión es:

$\Delta V = \frac{2I\rho L}{S}$	(14)
---------------------------------	--------

Donde:

I: Corriente Nominal

ρ : Resistividad del cobre = $0.0172 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$

L: Longitud del conductor en metros.

S: Sección del conductor en mm^2 .

En nuestro caso calcularemos la sección del conductor S, para una longitud de 20 metros hasta la conexión de las cajas DC, una corriente por paneles series de 8.47 amperios y una longitud de 20 metros.

Como el voltaje del arreglo serie de los paneles solares tendrá un voltaje de $V_s = 4 \times 35.58 \text{ V} = 142.32 \text{ V}$ y para un límite de caída de tensión del 1.5% tendríamos ($1.5\% \times 142.32 \text{ V} = 2.1348 \text{ V}$). Como tenemos una agrupación de nueve (9) ramas en paralelo de cuatro paneles en serie, la corriente total para el cálculo del conductor será:

$$I = 9 \times 8.47 \text{ A} = 76.23 \text{ A}$$

Por lo tanto, la sección del conductor será:

$$S = \frac{2IL\rho}{\Delta V} = \frac{2 \times 76.23 \times 0.0172 \times 20}{2.1348 \text{ V}} = 24.57 \text{ mm}^2$$

Usamos el conductor Tecsun H1Z2Z2-K, de 25 mm^2 .

Figura 27 Tabla referencial de conductores para DC

TECSUN H1Z2Z2-K 1,5 kV						
Conductor cross-section mm ²	Outer diameter min. mm	Outer diameter max.mm	Bending radius, fixed min. mm	Weight approx. Kg/km	CPR fire class	DoP number
1x1,5	4,4	5,0	15	40	Eca	1007351
1x2,5	4,8	5,4	17	50	Eca	1007351
1x4	5,3	5,9	18	70	Eca	1007351
1x6	5,8	6,4	20	80	Eca	1007351
1x10	7,0	7,6	23	130	Eca	1007351
1x16	9,0	9,8	30	200	Eca	1007351
1x25	10,4	11,2	34	290	Eca	1007351
1x35	11,7	12,5	50	400	Eca	1007351

Fuente: <https://f.nordiskemedier.dk/26j9cp36ef3jb6ma.pdf>

4.10 Caída de tensión de los cables en corriente alterna.

El conductor a diseñar se emplea para conectar el inversor con la carga de la Finca La Granja.

Partiendo de los siguientes datos de salida del inversor proporcionados por la ficha técnica del inversor:

Corriente máxima: 19,1A

Potencia nominal: 12000W

Tensión nominal 220V

Longitud de tramo de corriente alterna: 15 metros

Como limitaremos la caída de voltaje a un 5% del voltaje nominal (5%220 V=11V), tendremos:

$$S = \frac{2I\rho L}{\Delta V} = \frac{2 \times 19.1 \times 0.0172 \times 15}{11 V} = 0.896 \text{ mm}^2$$

En este caso usamos la sección mínima de 1.5 mm².

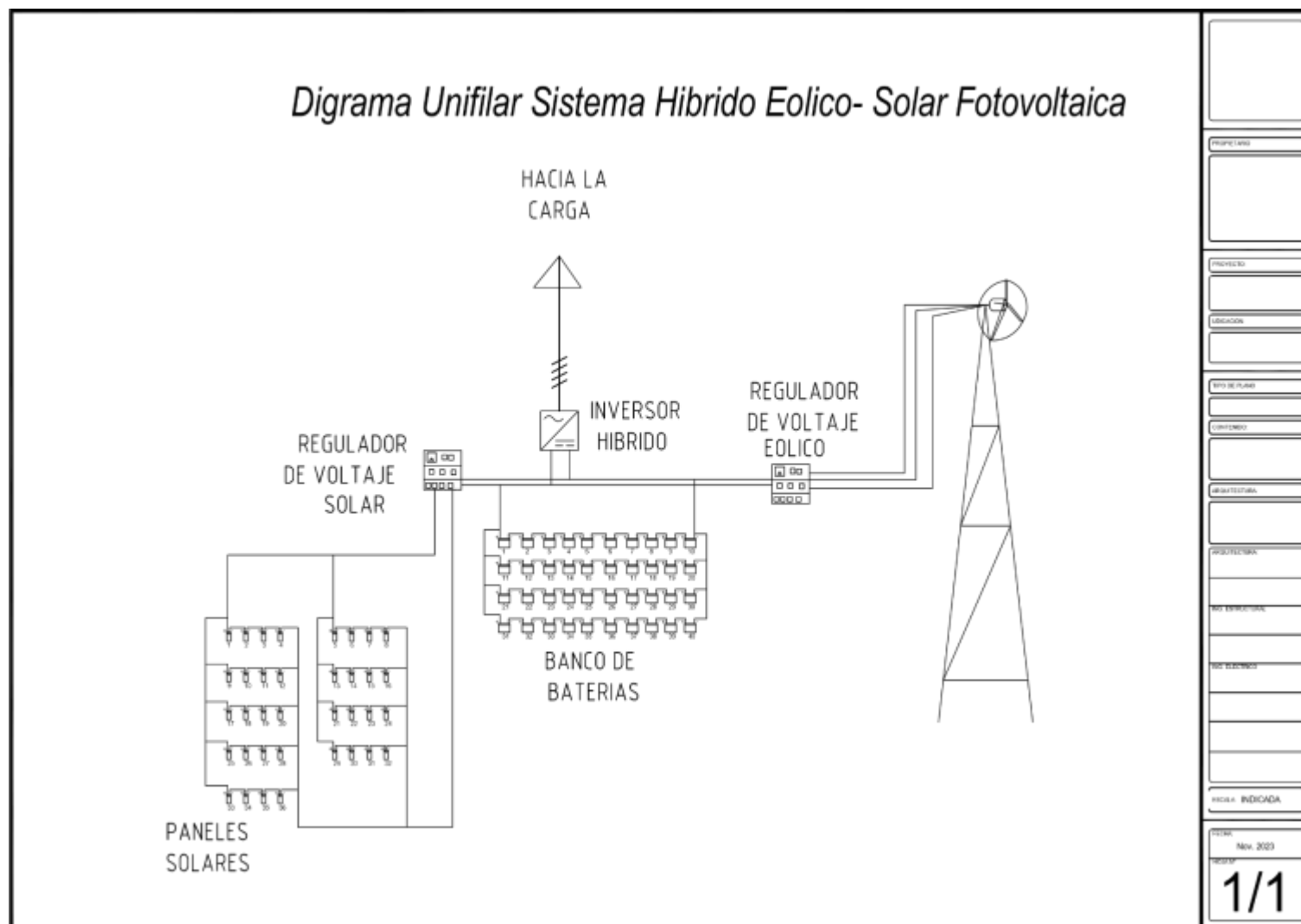
Figura 28 Conductor para AC

Datasheet 电缆参数

Number of cores x cross section	Colour	Conductor diameter max. mm	Outer diameter min. mm	Outer diameter max. mm	Bending radius fixed min. mm	Weight (ca.) kg/km	Permissible tensile force max. N	Conductor resistance at 20°C max. Ω/km	Current carrying capacity for single cable free in air (60°C ambient temp.) A	Current carrying capacity for single cable on a surface (60°C ambient temp.) A	Short Circuit Current (1s. from 90°C to 250°C) kA
1x1.5	black	1.6	4.4	4.8	14.4	34	23	13.7	30	29	0.21
1x2.5	black	1.9	4.7	5.1	15.3	44	38	8.21	41	39	0.36
1x4	black	2.4	5.2	5.6	16.8	59	60	5.09	55	52	0.57

Fuente:

<https://cn.prysmiangroup.com/sites/default/files/atoms/files/%E5%A4%AA%E9%98%B3%E8%83%BD%E7%94%B5%E7%BC%86%20PV%20cable.pdf>



Capítulo 5.- Análisis Financiero de la propuesta, Sistema Híbrido Eólico-Solar Fotovoltaico.

5.1 Costos de Inversión, Ingresos y gastos.

Para el caso de la evaluación económica, se consideraron los aspectos costos de inversión, ahorros en los procesos de producción, gastos e ingresos de la comercialización del plátano en la finca La Granja.

A partir de la propuesta de diseño del sistema híbrido eólico-solar, determinamos todos los equipos necesarios a instalarse para esta propuesta, de tal manera que a continuación detallamos los costos referenciales de inversión, en el anexo de este documento se listan las referencia de donde se obtuvieron estos costos:

Tabla 2 Costos Fijos de Inversión

Paneles Solares		Estructuras de montaje Paneles Solares	
Costo Unitario	\$63.77	Costo Unitario	\$9.38
Cantidad	36	Cantidad	36
Costo Total =	\$22,097.68	Costo Total =	\$337.68
Conexionado y cableado		Inversor solar híbrido con regulador de carga integrado	
Costo Unitario	\$120.00	Costo Total =	\$2,440.00
Cantidad	36		
Costo Total =	\$4,320.00		
BATERIAS		Aerogenerador	
Costo Unitario	\$102.00	Costo Total =	\$15,000.00
Cantidad	40	MONTAJE SISTEMA HIBRIDO	\$5,000.00
Costo Total =	\$4,080.00		
		TOTAL INVERSION	\$53,275.36

De esta manera vemos que la inversión total que se requiere en equipos y montaje es de \$ 53,275.36 cincuenta y tres mil, doscientos setenta y cinco dólares americanos con 36/100.

De igual forma determinamos los ingresos y egresos anuales asociados a la actividad productiva de la finca la granja, los cuales convertimos a dólares bajo una tasa referencial de C\$ 36.82 córdobas por dólar, los valores se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 3 Costos de Producción

Costos de Producción		
Cantidad de Manzana de cultivo Mz=:	8	
Cantidad de cultivos por manzana/cabezas de plátano CM:	60	
Cantidad de productividad-meses por año PM:	3	
Total de productividad (Cabezas de Plátano) TP= Mz x CMx PM	1440	
Costo por Unidad de la cabeza de plátano CU=	C\$450.00	
Costo total por venta por año=	C\$648,000.00	\$17,599.13

Fuente propia.

Tabla 4 Costos de preparación de la tierra

Costos por preparación de la tierra para el cultivo		
Cantidad de Manzana de cultivo Mz=:	8	
Cantidad de abono por manzana CA (LBs) =	300	
Costo de abono, saco de 100 LBS CostoA=	C\$1,450.00	
Sub-Costo por abono total 8 Manzanas=	C\$34,800.00	
Cantidad de trabajadores para abonar la tierra	4	
Tiempo de ejecución del abonado de la tierra (días)	4	
Costo por día del abonado de la tierra por trabajador	C\$150.00	
Sub-Costo pago trabajadores por abono total 8 Manzanas=	C\$19,200.00	
Pago por limpieza anual de la plantación	C\$3,500.00	
Costo de gastos por preparación de la tierra anual, 8 Manzanas	C\$57,500.00	\$1,561.65

Fuente propia.

Tabla 5 Sueldos

SUELDOS Y SALARIOS POR AÑO		
CANTIDAD DE TRABAJADORES	20	
SUELO POR JORNADA POR TRABAJADOR/DÍA	C\$150.00	
CANTIDAD DE MESES LABORABLES	3	
CANTIDAD DE DIAS POR MES	20	
SUELDOS Y SALARIOS POR AÑO	C\$180,000.00	\$4,888.65

Fuente propia.

También integramos los costos que se ahorraría la finca La Granja, por concepto de factura tarifaria, una vez en funcionamiento el sistema híbrido, para ello hemos puesto su tarifa energética en la clasificación tarifaria T6 de acuerdo con el uso final de la energía.

Figura 10 Categoría del Pliego Tarifario Disnorte/Dissur Nov.2023

IRRIGACIÓN	Para irrigación de campos agrícolas	T-6	TARIFA MONOMIA		
			Todos los kWh	6.6844	
		T-6A	TARIFA BINOMIA SIN MEDICIÓN HORARIA ESTACIONAL		
			Todos los kWh	4.9073	
			kW de Demanda Máxima		570.1130
		T-6B	TARIFA BINOMIA CON MEDICIÓN HORARIA ESTACIONAL		
			Verano Punta	6.4180	
			Invierno Punta	6.2094	
			Verano Fuera de Punta	4.7492	
			Invierno Fuera de Punta	4.6768	
			Verano Punta		1,079.2018
			Invierno Punta		674.0574
			Verano Fuera de Punta		0.0000
			Invierno Fuera de Punta		0.0000

Fuente: https://www.ine.gob.ni/wp-content/uploads/2023/11/baja_tension_1_noviembre23.pdf
aplicación del sistema de control electromecánico.

Tabla 6 Ahorro por facturación

AHORRO POR CONEXION AL SISTEMA HIBRIDO		
Potencia (kW)	4.265	
Energía (kWh/día)	34.12	
Días por mes	20	
Meses de productividad	3	
kWh/mes	682	
TARIFA T6		
Costo Monómico C\$/kWh	6.6844	
Pago por servicio C\$	C\$4,561.43	
	\$123.88	Anual

Fuente: Propia.

5.2 Valor de la depreciación.

En las siguientes tablas resumimos el valor de la depreciación de los equipos principales:

Tabla 7 De la depreciación

PANELES SOLARES	\$22,097.68
Vida útil años	15
Depreciación	\$1,473.18
BATERIAS	\$102.00
Vida útil años	15
Depreciación	\$6.80
INVERSOR	\$2,440.00
Vida útil años	15
Depreciación	\$162.67
AEROGENERADOR	\$15,000.00
Vida útil años	15
Depreciación	\$1,000.00
TOTAL DEPRECIACION	\$2,642.65

Fuente: Propia.

5.3 Flujo Financiero.

A partir de los costos de inversión, ingresos y gastos indicados anteriormente presentamos la siguiente tabla del flujo financiera, donde evaluamos la rentabilidad del proyecto a través del valor actual neto, la TIR y el período de recuperación de la inversión, en nuestro caso hemos considerado una tasa del descuento del 10% conforme la tasa impuesta por el sistema bancario nacional y un período de evaluación de 15 quince años de acuerdo a la vida útil de los equipos.

Estudio y dimensionamiento técnico - económico de un sistema híbrido eólico solar fotovoltaico aislado de la red comercial, para el suministro de energía de la finca La Granja del municipio Belén del departamento de Rivas Nicaragua.

Tabla 8 Flujo Financiero del proyecto

DETALLE	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
COSTOS FIJOS	\$53,275.36															
COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO		\$1,065.51	\$1,065.51	\$1,065.51	\$1,065.51	\$1,065.51	\$1,065.51	\$1,065.51	\$1,065.51	\$1,065.51	\$1,065.51	\$1,065.51	\$1,065.51	\$1,065.51	\$1,065.51	\$1,065.51
SUELDOS Y SALARIOS		\$4,888.65	\$4,888.65	\$4,888.65	\$4,888.65	\$4,888.65	\$4,888.65	\$4,888.65	\$4,888.65	\$4,888.65	\$4,888.65	\$4,888.65	\$4,888.65	\$4,888.65	\$4,888.65	\$4,888.65
COSTOS POR PREPARACIÓN DE LA TIERRA		\$1,561.65	\$1,561.65	\$1,561.65	\$1,561.65	\$1,561.65	\$1,561.65	\$1,561.65	\$1,561.65	\$1,561.65	\$1,561.65	\$1,561.65	\$1,561.65	\$1,561.65	\$1,561.65	\$1,561.65
SUB-TOTAL EGRESOS	\$53,275.36	\$7,515.81	\$7,515.81	\$7,515.81	\$7,515.81	\$7,515.81	\$7,515.81	\$7,515.81	\$7,515.81	\$7,515.81	\$7,515.81	\$7,515.81	\$7,515.81	\$7,515.81	\$7,515.81	\$7,515.81
AHORRO POR CONEXIÓN AL SISTEMA HÍBRIDO		\$123.88	\$123.88	\$123.88	\$123.88	\$123.88	\$123.88	\$123.88	\$123.88	\$123.88	\$123.88	\$123.88	\$123.88	\$123.88	\$123.88	\$123.88
INGRESOS POR VENTAS DE PLATANOS		\$17,599.13	\$17,599.13	\$17,599.13	\$17,599.13	\$17,599.13	\$17,599.13	\$17,599.13	\$17,599.13	\$17,599.13	\$17,599.13	\$17,599.13	\$17,599.13	\$17,599.13	\$17,599.13	\$17,599.13
DEPRECIACION		\$2,642.65	\$2,642.65	\$2,642.65	\$2,642.65	\$2,642.65	\$2,642.65	\$2,642.65	\$2,642.65	\$2,642.65	\$2,642.65	\$2,642.65	\$2,642.65	\$2,642.65	\$2,642.65	\$2,642.65
SUB-TOTAL INGRESOS		\$17,723.02	\$17,723.02	\$17,723.02	\$17,723.02	\$17,723.02	\$17,723.02	\$17,723.02	\$17,723.02	\$17,723.02	\$17,723.02	\$17,723.02	\$17,723.02	\$17,723.02	\$17,723.02	\$17,723.02
FLUJO NETO	\$-53,275.36	\$7,564.56	\$7,564.56	\$7,564.56	\$7,564.56	\$7,564.56	\$7,564.56	\$7,564.56	\$7,564.56	\$7,564.56	\$7,564.56	\$7,564.56	\$7,564.56	\$7,564.56	\$7,564.56	\$7,564.56
TASA DE DESCUENTO	10%															
PERIODO DE EVALUACION	15	años														
VALOR ACTUAL NETO	\$4,261.32															
TIR	11%															

Fuente: Propia.

Tabla 9 Período de recuperación

PERIODO DE RECUPERACION DE LA INVERSION								
DETALLE	0	1	2	3	4	5	6	7
FLUJO NETO	-\$53,275.36	\$7,564.56	\$7,564.56	\$7,564.56	\$7,564.56	\$7,564.56	\$7,564.56	\$7,564.56
ACUMULADO		\$7,564.56	\$15,129.13	\$22,693.69	\$30,258.26	\$37,822.82	\$45,387.39	\$52,951.95
PERIODE RECUPERACION	7.01	años						

Fuente: Propia.

Como resultado se obtuvo un valor actual neto VAN de \$ 4,261.32, el cual es mayor que cero y refleja la rentabilidad del proyecto.

En el caso de la tasa interna de retorno se obtuvo un valor del 11%, valor que es superior al 10% de la tasa de descuento, por lo cual se considera un proyecto rentable.

Y en caso del tiempo de recuperación del proyecto es de 7 años.

Capítulo 6.- Resultados obtenidos de la investigación.

6.1 Resultados de la investigación.

En este capítulo resumimos todos los resultados obtenidos en esta investigación, que al análisis técnico financiero del estudio y dimensionamiento del sistema híbrido eólico-solar fotovoltaico propuesto para el suministro de la energía a la finca La Granja.

En primer lugar, el análisis técnico evaluado bajo los parámetros tanto de la radiación solar como de las velocidades de viento en el sitio propuesto para la implantación del diseño del sistema híbrido, determinan que es totalmente factible su ejecución ya que los valores mínimos y máximos de radiación solar (37 W/m^2 - 613 W/m^2) garantizarían la energía necesaria para alimentar la carga de la finca La Granja y en el caso de la velocidad promedio de viento de 6.17 m/seg garantiza que bajo la curva de potencia del aerogenerador, figura No.22.

Figura 11 Curva de potencia del aerogenerador



Fuente: Ver anexo, datos técnicos del aerogenerador.

Vemos como a partir del valor mínimo de velocidad 6 m/seg, hasta 12 m/seg se obtiene el valor de potencia requerido por la carga de 10 kW.

Ahora bien, de la evaluación financiera del proyecto se obtuvo que el proyecto es totalmente rentable, donde se calculó un VAN positivo de \$ 4,261.32, el cual es mayor que cero y refleja la rentabilidad del proyecto. Y que la tasa interna de retorno tiene un valor del 11%, valor que es superior al 10% de la tasa de descuento, por lo cual se considera un proyecto rentable, siendo el tiempo de recuperación del proyecto es de 7 años.

Conclusiones y Recomendaciones.

Conclusiones

1. Que conforme la investigación realizada y la propuesta técnico-económica de un sistema híbrido de energía renovable eólico-solar fotovoltaico para el abastecimiento de la energía eléctrica a la finca La Granja, y basado en la recopilación de la información sobre la radiación solar y las velocidades de viento en el sitio de implantación del proyecto, se determina que este es viable tanto técnica como financieramente, ya que se logra generar la energía necesaria para abastecer la Finca y que el proyecto genera rentabilidad económica.
2. Que la recopilación de la información y datos de carga de la finca La Granja, nos permitieron calcular las capacidades de los equipos del sistema híbrido y que esta propuesta de diseño puede ser utilizada con fines académicos ya sea por estudiantes de la carrera de ingeniería eléctrica o por profesionales que deseen realizar este tipo de diseño.
3. Que la propuesta de diseño del sistema híbrido para el suministro de energía a la finca La Granja, se apega a la Normativa de Generación Distribuida Renovable para Autoconsumo, acuerdo Ministerial No. 063-DGERR-002-2017 y su Normativa, publicado en la Gaceta n° 240 del día 18 de diciembre del año 2017. En este caso el sistema de generación híbrido para la Finca La Granja es aislado de la red de distribución.
4. Que basado en los requerimientos de carga de la finca La Granja y los parámetros de diseño tanto del sistema solar (irradiación en el sitio de la Finca) como del

== sistema eólico, en lo concerniente a la velocidad de viento para la potencia del aerogenerador, se logró realizar la propuesta de diseño.

5. Que los resultados obtenidos de la evaluación técnico-económica, tanto de la viabilidad de la implantación del proyecto como de los costos de inversión en equipos para su ejecución, determinaron bajo la evaluación del valor actual neto y de la tasa interna de retorno que el proyecto es rentable y que el período de recuperación de la inversión es de siete (7) años.

Recomendaciones

Recomendamos:

- Aplicar la metodología, cálculo y diseño para este modelo de sistema híbrido a otros proyectos similares en Nicaragua.
- Que la Universidad Nacional de Ingeniería de a conocer ya se en ponencias técnicas o foros de la carrera de ingeniería eléctrica, los resultados obtenidos en esta investigación.

Bibliografía

1. Airpes. (2022). Obtenido de <https://www.airpes.com/es/partes-aerogenerador/#:~:text=Los%20componentes%20principales%20son%20los,de%20cada%20uno%20de%20ellos>.
2. Alcor, E. (2002). *Instalaciones Fotovoltaicas*. Señor Hidalgo.
3. Arias, E. R. (2023). *Investigacion Aplicada*. Economipedia.
4. Avila, D. (2011). Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=225117949003>
5. Baca. (2010).
6. Barrera, Y. (2015). Obtenido de <https://repositorio.una.edu.ni/3256/1/NP06B272.pdf>
7. Centroamérica, A. e. (1 de agosto de 2014). *SICA*. Obtenido de <https://www.sica.int/consulta/noticia.aspx?idn=89220&idm=1>
8. Coromoto, I. (2000). Obtenido de <http://servicio.bc.uc.edu.ve/educacion/revista/57/art09.pdf>
9. EUROAPRES. (2023). Obtenido de <https://www.europapress.es/economia/energia-00341/noticia-casi-76-energia-genera-nicaragua-renovable-50-puntos-mas-hace-trece-anos-20210707130855.html>
10. Gabriel, B. U. (2010). *Evaluación de Proyectos*. Limusa.
11. Galino, L. (2010). *ANALISIS ENERGETICO DE UN SISTEMA HIBRIDO*. Huancayo : UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ.
12. Greendok. (2023). Obtenido de <https://greendok.com/principios-basicos-de-una-instalacion-minieolica#:~:text=Para%20poder%20utilizar%20la%20energ%C3%ADa,en%20los%20casos%20m%C3%A1s%20habituales>.
13. INARQUI. (2022). Obtenido de <https://inarquia.es/sistema-hibrido-fotovoltaico-eolico-mixto/>
14. INETER. (2023). Obtenido de <https://www.ineter.gob.ni/met.html>

15. PNESER, E. N. (2017-2018). *Estudio de Factibilidad, Diseño Final y Documentos de Licitación Sistema Híbrido (Eólico – Solar – Térmico con Acumuladores) en Corn Island y Little Corn Island, Región Autónoma Costa Caribe Sur*. Corn Island: decon international.
16. Poveda, R. y. (2019). *Estudio Técnico - Económico de un Sistema Fotovoltaico Híbrido para el Instituto Oftalmológico Munguía en el Departamento de Managua*. Managua, Nicaragua: UNAN MANAGUA.
17. Ramos Mairena, M., & Arroliga Vargas, G. (2020). *Propuesta de sistema híbrido automatizado, para la generación de energía eléctrica en vivienda rural de la comunidad Filadelfia en el Municipio de El Almendro, Departamento de Río San Juan*. Managua, Nicaragua: UNAN MANAGUA.
18. Ramos, J. B. (s.f.). Obtenido de <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/52181/TFG-I-2139.pdf?sequence=1>
19. Rivera, & Poveda. (2019). *Estudio Técnico - Económico de un Sistema Fotovoltaico Híbrido para el Instituto Oftalmológico Munguía en el Departamento de Managua*. Managua, Nicaragua: UNAN MANAGUA.
20. Rivera, H. (2019). Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/250146413.pdf>
21. Sampiere, H. (2000). Obtenido de <https://www.buenastareas.com/materias/hernandez-sampieri-poblacion-y-muestra/0>
22. Sánchez, J. S. (2022). Obtenido de <https://repositorio.unan.edu.ni/5528/1/17846.pdf>
23. Sandoval Sanchez, J., Navarro Ramirez, I., & Aviles Urbina, D. (2017). *Modelos de sistema híbrido eólico-solar fotovoltaico para la generación de energía*. Managua, Nicaragua: UNAN MANAGUA.
24. SL, I. B. (2016). *Aprovechamiento de las Energías Renovables*.
25. SUNFLEDS. (2022). Obtenido de <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/tipos-de-placas-solares/>

Estudio y dimensionamiento técnico - económico de un sistema híbrido eólico solar fotovoltaico aislado de la red comercial, para el suministro de energía de la finca La Granja del municipio Belén del departamento de Rivas Nicaragua.

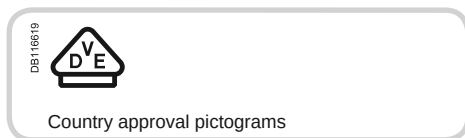
ANEXO

Protection

www.schneider-electric.com

Circuit protection

iC60N circuit breakers (curve B, C, D)



IEC/EN 60947-2 IEC/EN 60898-1

iC60N circuit breakers are multi-standard circuit breakers which combine the following functions:

- circuit protection against short-circuit currents,
- circuit protection against overload currents,
- suitable for industrial isolation according to IEC/EN 60947-2, standard.
- fault tripping indication by a red mechanical indicator in circuit breaker front face.

iC60N circuit breaker

Type	1P			1P+N		
						
Auxiliaries	Remote tripping and indication, module CA907000 and CA907002			Remote tripping and indication, module CA907000 and CA907002		
Vigi iC60	Vigi iC60 add-on residual current device, module CA902005			Vigi iC60 add-on residual current device, module CA902005		
Rating (In)	Curve			Curve		
	B	C	D	B	C	D
0.5 A	A9F73170	A9F74170	A9F75170	A9F73670	A9F74670	A9F75670
1 A	A9F73101	A9F74101	A9F75101	A9F73601	A9F74601	A9F75601
2 A	A9F73102	A9F74102	A9F75102	A9F73602	A9F74602	A9F75602
3 A	A9F73103	A9F74103	A9F75103	A9F73603	A9F74603	A9F75603
4 A	A9F73104	A9F74104	A9F75104	A9F73604	A9F74604	A9F75604
6 A	A9F73106	A9F74106	A9F75106	A9F73606	A9F74606	A9F75606
10 A	A9F73110	A9F74110	A9F75110	A9F73610	A9F74610	A9F75610
13 A	A9F73113	A9F74113	A9F75113	A9F73613	A9F74613	A9F75613
16 A	A9F73116	A9F74116	A9F75116	A9F73616	A9F74616	A9F75616

Estudio y dimensionamiento técnico - económico de un sistema híbrido eólico solar fotovoltaico aislado de la red comercial, para el suministro de energía de la finca La Granja del municipio Belén del departamento de Rivas Nicaragua.

20 A	A9F73120	A9F74120	A9F75120	A9F73620	A9F74620	A9F75620
25 A	A9F73125	A9F74125	A9F75125	A9F73625	A9F74625	A9F75625
32 A	A9F73132	A9F74132	A9F75132	A9F73632	A9F74632	A9F75632
40 A	A9F73140	A9F74140	A9F75140	A9F73640	A9F74640	A9F75640
50 A	A9F73150	A9F74150	A9F75150	A9F73650	A9F74650	A9F75650
63 A	A9F73163	A9F74163	A9F75163	A9F73663	A9F74663	A9F75663
Width in 9-mm modules	2			4		
Accessories	Module CA907000 and CA907001			Module CA907000 and CA907001		



Alternating current (AC) 50/60 Hz

Breaking capacity (Icu) according to IEC/EN 60947-2					Service breaking capacity (Ics)
	Voltage (Ue)				
Ph/Ph (2P, 3P, 4P)	12 to 133 V	220 to 240 V	380 to 415 V	440 V	100 % of Icu
Ph/N (1P, 1P+N)	12 to 60 V	100 to 133 V	220 to 240 V	-	
Rating (In) 0.5 to 4 A	50 kA	50 kA	50 kA	25 kA	100 % of Icu
6 to 63 A	36 kA	20 kA	10 kA	6 kA	75 % of Icu

Breaking capacity (Icn) according to IEC/EN 60898-1

	Voltage (Ue)
Ph/Ph	400 V
Ph/N	230 V
Rating (In) 0.5 to 63 A	6000 A

Direct current (DC)

Breaking capacity (Icu) according to IEC/EN 60947-2

	Voltage (Ue)			
Between +/-	12 to 60 V	<= 72 V	<= 125 V	<= 180 V
Number of poles	1P		2P	3P
Rating (In) 0.5 to 63 A	15 kA	10 kA	10 kA	10 kA

Catalogue numbers

6

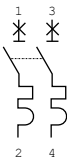
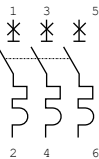
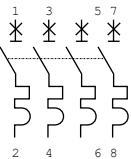
Life Is On | **Schneider**
Electric

Protection

Circuit protection

www.schneider-electric.com

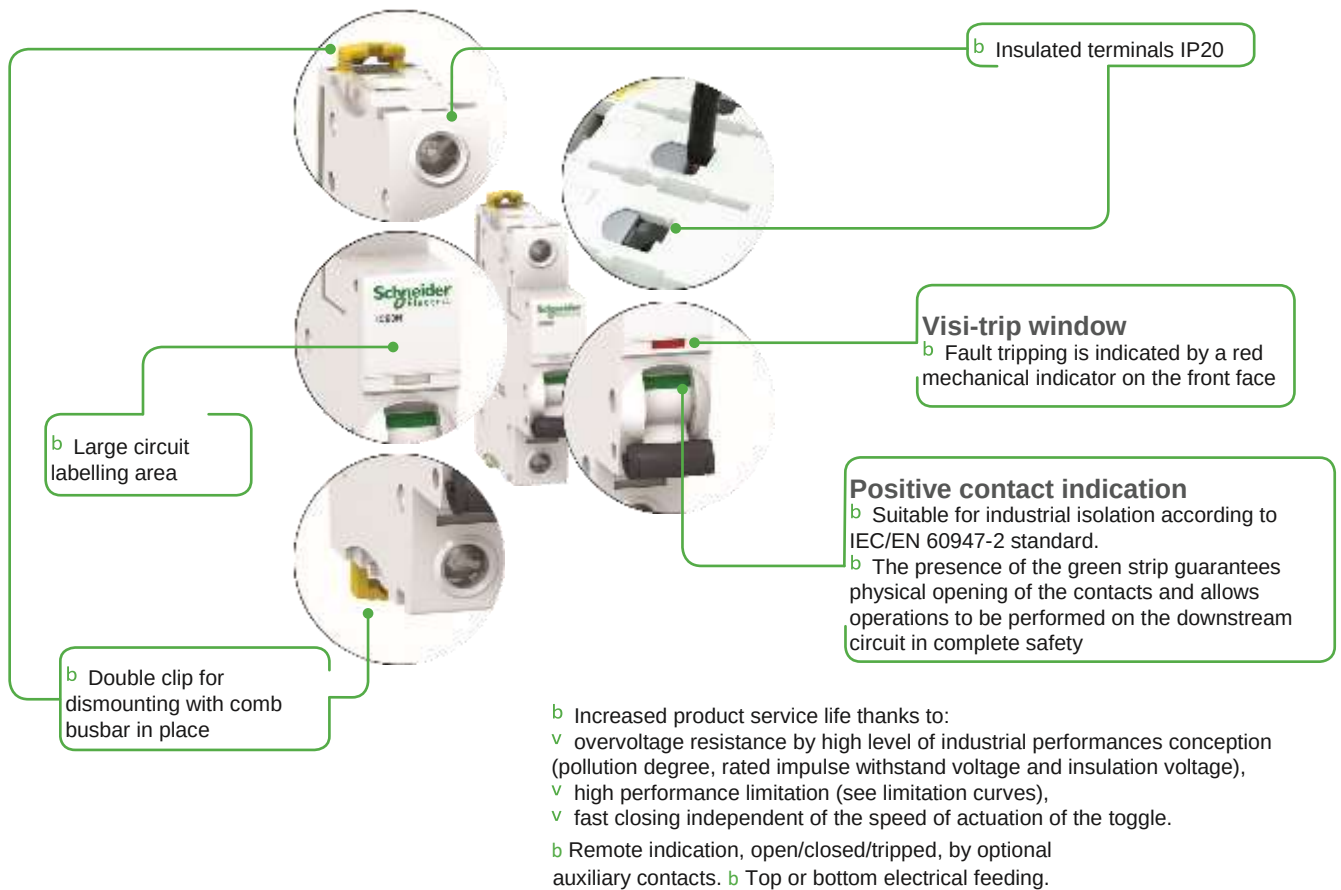
Estudio y dimensionamiento técnico - económico de un sistema híbrido eólico solar fotovoltaico aislado de la red comercial, para el suministro de energía de la finca La Granja del municipio Belén del departamento de Rivas Nicaragua.

2P			3P			4P			
									
Remote tripping and indication, module CA907000 and CA907002			Remote tripping and indication, module CA907000 and CA907002			Remote tripping and indication, module CA907000 and CA907002			
Vigi iC60 add-on residual current device, module CA902005			Vigi iC60 add-on residual current device, module CA902005			Vigi iC60 add-on residual current device, module CA902005			
Curve			Curve			Curve			
B C D			B C D			B C D			
A9F73270	A9F74270	A9F75270	A9F73370	A9F74370	A9F75370	A9F73470	A9F74470	A9F75470	
A9F73201	A9F74201	A9F75201	A9F73301	A9F74301	A9F75301	A9F73401	A9F74401	A9F75401	
A9F73202	A9F74202	A9F75202	A9F73302	A9F74302	A9F75302	A9F73402	A9F74402	A9F75402	
A9F73203	A9F74203	A9F75203	A9F73303	A9F74303	A9F75303	A9F73403	A9F74403	A9F75403	
A9F73204	A9F74204	A9F75204	A9F73304	A9F74304	A9F75304	A9F73404	A9F74404	A9F75404	
A9F73206	A9F74206	A9F75206	A9F73306	A9F74306	A9F75306	A9F73406	A9F74406	A9F75406	
A9F73210	A9F74210	A9F75210	A9F73310	A9F74310	A9F75310	A9F73410	A9F74410	A9F75410	
A9F73213	A9F74213	A9F75213	A9F73313	A9F74313	A9F75313	A9F73413	A9F74413	A9F75413	
A9F73216	A9F74216	A9F75216	A9F73316	A9F74316	A9F75316	A9F73416	A9F74416	A9F75416	
A9F73220	A9F74220	A9F75220	A9F73320	A9F74320	A9F75320	A9F73420	A9F74420	A9F75420	
A9F73225	A9F74225	A9F75225	A9F73325	A9F74325	A9F75325	A9F73425	A9F74425	A9F75425	

Estudio y dimensionamiento técnico - económico de un sistema híbrido eólico solar fotovoltaico aislado de la red comercial, para el suministro de energía de la finca La Granja del municipio Belén del departamento de Rivas Nicaragua.

A9F73232	A9F74232	A9F75232	A9F73332	A9F74332	A9F75332	A9F73432	A9F74432	A9F75432
A9F73240	A9F74240	A9F75240	A9F73340	A9F74340	A9F75340	A9F73440	A9F74440	A9F75440
A9F73250	A9F74250	A9F75250	A9F73350	A9F74350	A9F75350	A9F73450	A9F74450	A9F75450
A9F73263	A9F74263	A9F75263	A9F73363	A9F74363	A9F75363	A9F73463	A9F74463	A9F75463
4			6			8		
Module CA907000 and CA907001			Module CA907000 and CA907001			Module CA907000 and CA907001		

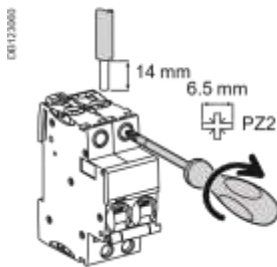
iC60N circuit breakers (curve B, C, D) (cont.)



Circuit protection

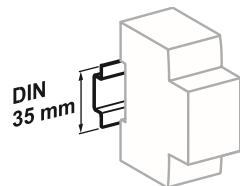
iC60N circuit breakers (curve B, C, D) (cont.)

Connection

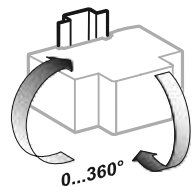


Rating	Tightening torque	Without accessory		With accessories			
		Copper cables		50 mm ² Al terminal	Screw-on connection for ring terminal	Multi-cables terminal	
		Rigid	Flexible or with ferrule			Rigid cables	Flexible cables
0.5 to 25 A	2 N.m						
32 to 63 A	3.5 N.m	1 to 25 mm ²	1 to 16 mm ²	-	Ø 5 mm	-	-
		1 to 35 mm ²	1 to 25 mm ²	50 mm ²		3 x 16 mm ²	3 x 10 mm ²

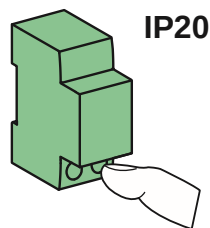
Technical data



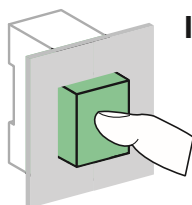
Clip on DIN rail 35 mm.



Indifferent position of installation.



IP20



IP40

Main characteristics

According to IEC/EN 60947-2

Insulation voltage (Ui)	500 V AC
Pollution degree	3
Rated impulse withstand voltage (Uimp)	6 kV
Thermal tripping	Reference temperature 50 °C
	Temperature derating See module CA908007
Magnetic tripping	B curve 4 In ± 20 %
	C curve 8 In ± 20 %
	D curve 12 In ± 20 %
Utilization category	A

According to IEC/EN 60898-1

Limitation class	3
Rated making and breaking capacity of an individual pole (Icn1)	Icn1 = Icn

Additional characteristics

Breaking capacity	40 A	4 kA
under 1 pole with IT	50/63 A	3 kA
380-415 V isolated neutral system (case of double fault)		
Degree of protection	Device only	IP20
(IEC 60529)	Device in modular enclosure	IP40
Endurance (O-C)	Electrical	10,000 cycles
	Mechanical	20,000 cycles
Overvoltage category (IEC 60364)		IV
Operating temperature		-35°C to +70°C
Storage temperature		-40°C to +85°C

Weight (g)

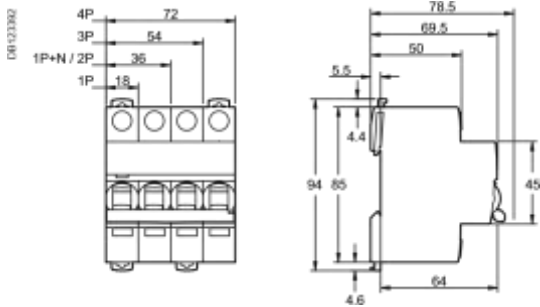
Circuit-breaker	
Type	iC60N
1P	125
2P	250
3P	375
4P	500

8

Life Is On



Dimensions (mm)





E200

FICHA TÉCNICA



Nuestra tecnología patentada es una inteligente adaptación de los principales sistemas que tiene la gran ventaja de adaptarse a potencias de 10 a 60kW. Alta seguridad, máximo confort y eficiencia.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS, ELÉCTRICAS Y DE FUNCIONAMIENTO

COMPONENTE	Característica	Valor
GENERADOR	Potencia	200W - 10kW
	Configuración	3 fases - 380V - sistema directo
	Configuración	3 polos, sin sistema de excitación
	Regulación de voltaje	180V - 220V
	Aplicaciones	Comerciales y residenciales
	Material de construcción	Acero galvanizado
	Material de pintura	Pintura epóxica
	Capacidad de producción	3000 kWh/año
	Protección	IP-65 (resistencia a la intemperie)
	Peso	1000kg
ACORTADOR	Configuración	3 polos, sin sistema de excitación
	Peso	1000kg
	Configuración	3 polos, sin sistema de excitación
	Peso	1000kg
	Configuración	3 polos, sin sistema de excitación
PÁLEA	Diámetro	4.5m
	Área de barrido	75.4m²
	Longitud de pala	4.5m
	Material de pala	Fibra de vidrio, resina epóxica con poliestireno
SISTEMA DE SEGURIDAD DE FRENADO	Material de freno	Fibra de vidrio, resina epóxica con poliestireno
	Material de freno	Fibra de vidrio, resina epóxica con poliestireno
	Material de freno	Fibra de vidrio, resina epóxica con poliestireno
CONTROL DE LA TURBINA	Software	Software propietario para adaptar la turbina a las condiciones de viento
	Software	Software propietario para adaptar la turbina a las condiciones de viento
MANTENIMIENTO	Material	Material de mantenimiento para adaptar la turbina a las condiciones de viento
	Material	Material de mantenimiento para adaptar la turbina a las condiciones de viento



Diagrama de la turbina E200, mostrando la configuración de las palas y el sistema de frenado.

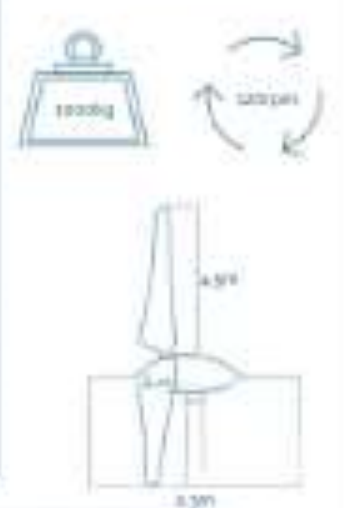


Diagrama de los componentes mecánicos de la turbina, incluyendo el sistema de frenado y el sistema de transmisión.





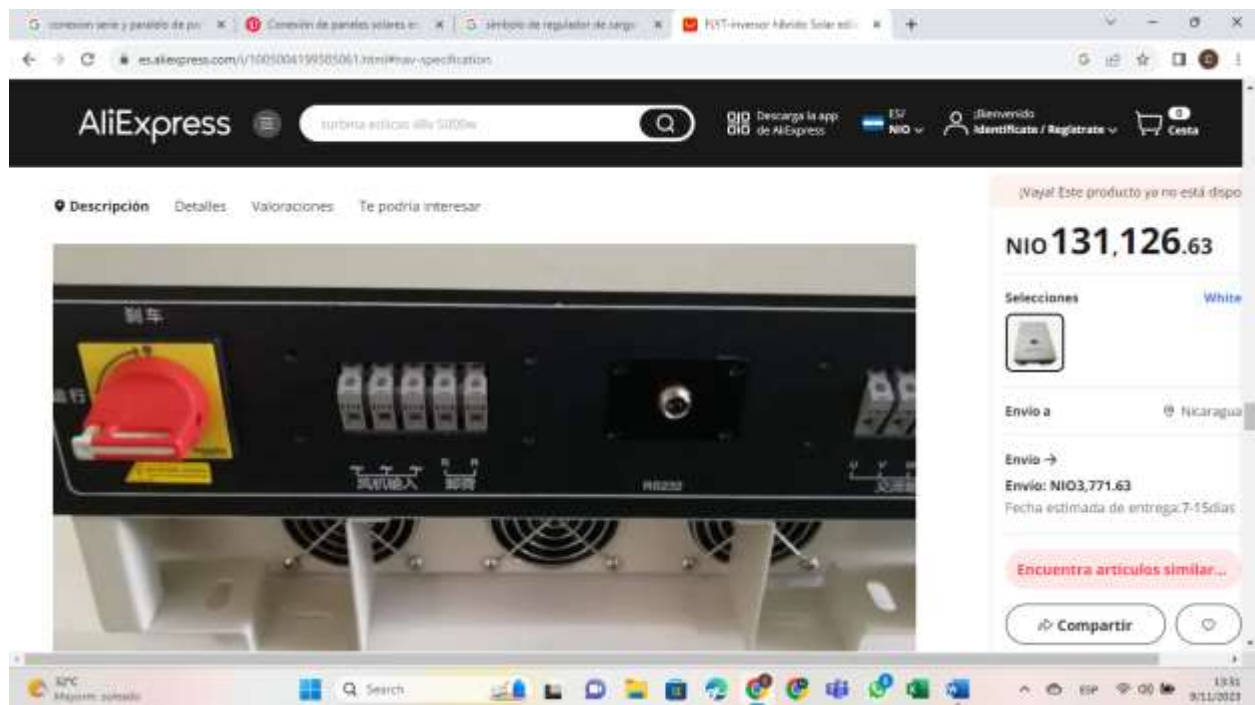
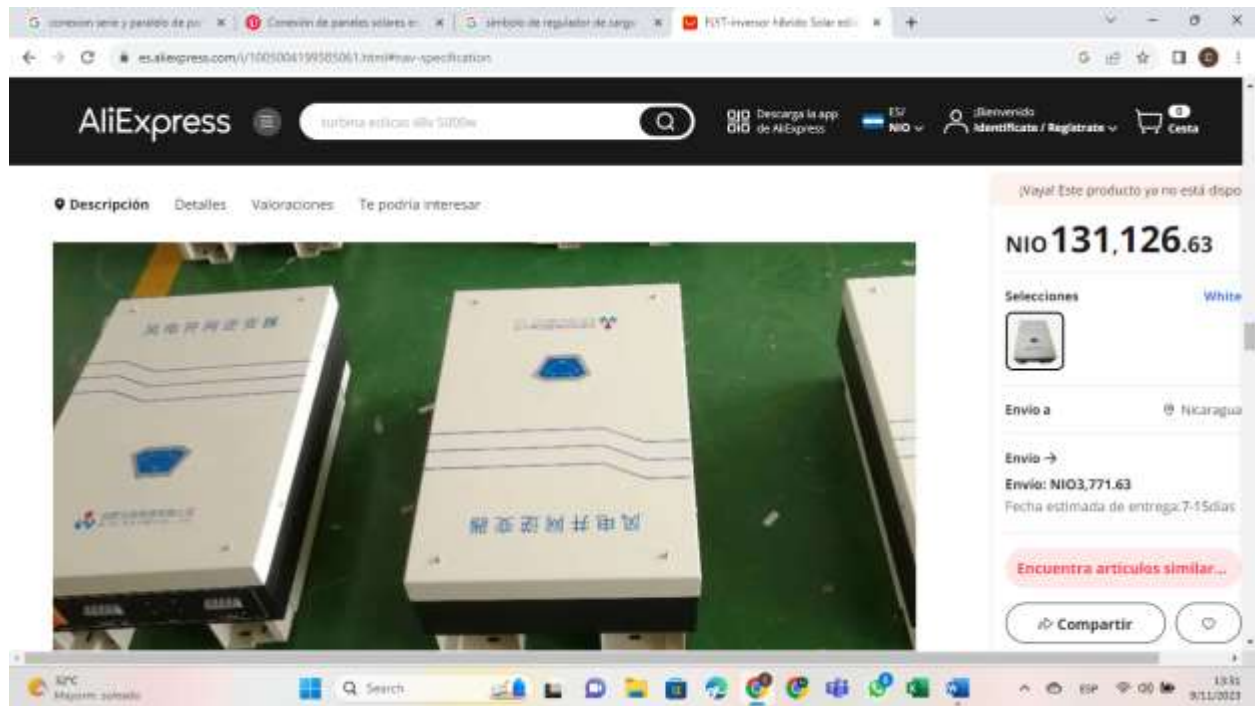
FICHA TECNICA

PANEL SOLAR FOTOVOLTAICO
300W

Modelo 300M	
Potencia Nominal	300W
Tensión de Potencia Máxima	36V
Corriente de Potencia Máxima	8,33A
Tensión de Circuito Abierto	45V
Corriente de Circuito Cerrado	8,58A
Temp. Nominal de Operación de Celda	-45°C a 80°C
Tensión Máxima de Sistema	DC 1000V
Fusible en Serie	9A
Peso:	23 KG
Dimensiones:	1940x980x40mm
Irradiación = 1000W/m2	
Certificados: TUV, CE, IEC, ISO	



Estudio y dimensionamiento técnico - económico de un sistema híbrido eólico solar fotovoltaico aislado de la red comercial, para el suministro de energía de la finca La Granja del municipio Belén del departamento de Rivas Nicaragua.



Estudio y dimensionamiento técnico - económico de un sistema híbrido eólico solar fotovoltaico aislado de la red comercial, para el suministro de energía de la finca La Granja del municipio Belén del departamento de Rivas Nicaragua.

Descripción Detalles Valoraciones Te podría interesar

Aplicaciones
1. Sistema de turbina eólica distribuida conectado a la red. 2. Sistema híbrido de energía solar y eólica conectado a la red. 3. Sistema de energía eólica conectado a la red.
Características
1. Sistema integrado de controlador e inversor (solo para generación de energía eólica) 2. MPPT incluido, y 30 puntos configurables 3. Funciones de protección completas. 4. Modos de monitoreo GPRS opcionales.
Parámetros técnicos:

Model	WWGT100
Wind Turbine Input	
Rated input power	10kW
Rated input voltage	450VAc
Input voltage range	0-600VAc
Start charge voltage	120VAc (Factory default, 80-600VAc settable)
Rated input current	13Aac
Manual brake	Keep pressing the button for 5s to unload completely, and then recover by pressing it for another 5s.
Brake by overcurrent	15Aac (factory default, 0-15Aac settable) it dumps load completely when overcurrent, and will recover after 10 mins automatically.

NIO 131,126.63

Selecciones White

Envío a Nicaragua

Envío →
Envío: NIO3,771.63
Fecha estimada de entrega: 7-15 días

Encuentra artículos similar...

Compartir

Manual brake	Keep pressing the button for 5s to unload completely, and then recover by pressing it for another 5s.
Brake by overcurrent	15Aac (factory default, 0-15Aac settable) it dumps load completely when overcurrent, and will recover after 10 mins automatically.
Brake by over wind speed (optional)	18m/s (factory default, 0-30m/s settable) , it dumps load completely when reached the set wind speed, and recover automatically after working 10mins and wind speed is less than 15m/s.
Brake by over rotational Speed (optional)	500r/min (factory default , 0-1000r/min settable) Unload completely when reached the set rotational speed, and recover automatically after 10mins.
AC Output	
Grid Type	Three-Phase
Rated output power	10kW
Rated Grid voltage	400VAc
Grid voltage range	310-450VAc

NIO 131,126.63

Selecciones White

Envío a Nicaragua

Envío →
Envío: NIO3,771.63
Fecha estimada de entrega: 7-15 días

Encuentra artículos similar...

Compartir