	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 1 de 7</b>

21.1

<b>FECHA</b>	jueves, 3 de diciembre de 2020
--------------	--------------------------------

Señores  
**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA**  
 BIBLIOTECA  
 Ciudad

<b>UNIDAD REGIONAL</b>	Sede Fusagasugá
------------------------	-----------------

<b>TIPO DE DOCUMENTO</b>	Trabajo De Grado
--------------------------	------------------

<b>FACULTAD</b>	Ingeniería
-----------------	------------

<b>NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO</b>	Pregrado
---	----------

<b>PROGRAMA ACADÉMICO</b>	Ingeniería Electrónica
---------------------------	------------------------

El Autor(Es):

<b>APELLIDOS COMPLETOS</b>	<b>NOMBRES COMPLETOS</b>	<b>No. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN</b>
Marles Caicedo	Daniela Alejandra	1.069.764.883
Venegas Cardenas	Karen Alejandra	1.069.766.372

Director(Es) y/o Asesor(Es) del documento:

<b>APELLIDOS COMPLETOS</b>	<b>NOMBRES COMPLETOS</b>
Barrero Sanchez	Faider Humberto

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca  
 Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000  
 www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co  
 NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad  
 Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*



<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
	<b>PAGINA: 2 de 7</b>

### TÍTULO DEL DOCUMENTO

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA – SHGEE, PARA IMPLEMENTACIÓN EN UN SISTEMA DE ACUAPONIA EN EL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ, CUNDINAMARCA

### SUBTÍTULO

(Aplica solo para Tesis, Artículos Científicos, Disertaciones, Objetos Virtuales de Aprendizaje)

### TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

Aplica para Tesis/Trabajo de Grado/Pasantía  
Ingeniero Electrónico

### AÑO DE EDICIÓN DEL DOCUMENTO

03/12/2020

### NÚMERO DE PÁGINAS

138

### DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS (Usar 6 descriptores o palabras claves)

ESPAÑOL	INGLÉS
1.Sistema híbrido	Hybrid system
2.Sistema fotovoltaico	Photovoltaic system
3.Panel Solar	Solar Panel
4.Acuaponia	Aquaponia
5.Energías renovables	Renewable energies
6.Medio ambiente	Environment

### RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS

(Máximo 250 palabras – 1530 caracteres, aplica para resumen en español):



<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
	<b>PAGINA: 3 de 7</b>

## RESUMEN

El propósito del proyecto es diseñar y simular un sistema híbrido de generación de energía eléctrica (SHGEE) que permita satisfacer parcialmente la demanda energética de un sistema de acuaponía (que integra la hidroponía y la acuicultura), el cual se realizará en el municipio de Fusagasugá Cundinamarca. El proyecto está conformado por cuatro fases: Durante la primera fase se obtuvo la información de bases de datos confiables que puedan contribuir en el diseño del sistema y toda la normatividad necesaria. En la segunda fase se realizó un estudio de cargas que permitió establecer los criterios de diseño y estimar el ciclo de vida útil del sistema, además se realizaron varias simulaciones del sistema híbrido que permitieron evaluar las características de funcionamiento. Para la tercera fase se implementó una aplicación móvil para dimensionar sistemas fotovoltaicos pequeños. Y para la última fase se realizará un artículo en donde se expondrá el diseño, implementación y resultados del sistema desarrollado, con el fin de participar en una ponencia a nivel nacional o internacional.

## ABSTRACT

The purpose of the project is to design and simulate a hybrid electric power generation system (SHGEE) that allows partially satisfying the energy demand of an aquaponics system (which integrates hydroponics and aquaculture), which will be carried out in the municipality of Fusagasugá Cundinamarca. The project consists of four phases: During the first phase, information was obtained from reliable databases that can contribute to the design of the system and all the necessary regulations. In the second phase, a load study was carried out that allowed to establish the design criteria and estimate the useful life cycle of the system, in addition, several simulations of the hybrid system were carried out that allowed evaluating the operating characteristics. For the third phase, a mobile application was implemented to size small photovoltaic systems. And for the last phase, an article will be made where the design, implementation and results of the developed system will be presented, in order to participate in a presentation at a national or international level.

## AUTORIZACION DE PUBLICACIÓN

Por medio del presente escrito autorizo (Autorizamos) a la Universidad de Cundinamarca para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mí (nuestra) obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que, en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autoriza a la Universidad de Cundinamarca, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad; así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado una alianza, son: Marque con una "X":

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca  
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000  
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co  
NIT: 890.680.062-2



<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
	<b>PAGINA: 4 de 7</b>

<b>AUTORIZO (AUTORIZAMOS)</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
1. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer.	X	
2. La comunicación pública por cualquier procedimiento o medio físico o electrónico, así como su puesta a disposición en Internet.	X	
3. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previa alianza perfeccionada con la Universidad de Cundinamarca para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones.	X	
4. La inclusión en el Repositorio Institucional.	X	

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

Para el caso de las Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, de manera complementaria, garantizo(garantizamos) en mi(nuestra) calidad de estudiante(s) y por ende autor(es) exclusivo(s), que la Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi(nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro (aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestra) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaré (continuaremos) conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que, de acuerdo con la



<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
	<b>PAGINA: 5 de 7</b>

legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “*Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores*”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Universidad de Cundinamarca está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

**NOTA:** (Para Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía):

**Información Confidencial:**

Esta Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de la investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado.

**SI** \_\_\_ **NO** X.

En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos), en carta adjunta tal situación con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

**LICENCIA DE PUBLICACIÓN**

Como titular(es) del derecho de autor, confiero(erimos) a la Universidad de Cundinamarca una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).

b) Autoriza a la Universidad de Cundinamarca a publicar la obra en formato y/o soporte digital, conociendo que, dado que se publica en Internet, por este hecho circula con un alcance mundial.

c) Los titulares aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.



d) El(Los) Autor(es), garantizo(amos) que el documento en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro(aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

e) En todo caso la Universidad de Cundinamarca se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.

f) Los titulares autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

g) Los titulares aceptan que la Universidad de Cundinamarca pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

h) Los titulares autorizan que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en el “Manual del Repositorio Institucional AAAM003”

i) Para el caso de los Recursos Educativos Digitales producidos por la Oficina de Educación Virtual, sus contenidos de publicación se rigen bajo la Licencia Creative Commons: Atribución- No comercial- Compartir Igual.



j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia Creative Commons Atribución- No comercial- Sin derivar.



**Nota:**

Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el respectivo contrato o acuerdo.



<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
	<b>PAGINA: 7 de 7</b>

La obra que se integrará en el Repositorio Institucional, está en el(los) siguiente(s) archivo(s).

<b>Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión (Ej. PerezJuan2017.pdf)</b>	<b>Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.)</b>
1. Diseño y simulación de un sistema hibrido de generación de energía electrica – shgee, para implementación en un sistema de acuaponía en el municipio de Fusagasugá, Cundinamarca.pdf	Texto PDF

En constancia de lo anterior, Firmo (amos) el presente documento:

<b>APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS</b>	<b>FIRMA (autógrafo)</b>
Venegas Cardenas Karen Alejandra	
Marles Caicedo Daniela Alejandra	

21.1.-40

**DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA HIBRIDO DE  
GENERACIÓN DE ENERGÍA ELECTRICA – SHGEE, PARA  
IMPLEMENTACIÓN EN UN SISTEMA DE ACUAPONIA EN  
EL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ, CUNDINAMARCA**

**Daniela Alejandra Marles Caicedo  
Karen Alejandra Venegas Cardenas**

**Universidad de Cundinamarca**  
Facultad de ingeniería  
Ingeniería electrónica  
Fusagasugá, Colombia  
2020



# **DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA HIBRIDO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELECTRICA – SHGEE, PARA IMPLEMENTACIÓN EN UN SISTEMA DE ACUAPONIA EN EL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ, CUNDINAMARCA**

**Daniela Alejandra Marles Caicedo**  
Karen Alejandra Venegas Cardenas

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar por el título de ingeniero electrónico

Director:  
Ing. Faider Barrero Sánchez

Co-director:  
Ing. Cesar Augusto Casas

Línea de investigación:  
Transformación de energías: Energías alternativas

**Universidad de Cundinamarca**  
Facultad de ingeniería  
Ingeniería electrónica  
Fusagasugá, Colombia  
2020

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

Fusagasugá \_\_\_\_ de \_\_\_\_ del \_\_\_\_



# Agradecimientos

Aprovecho este espacio para agradecerle primeramente a Dios por permitirme culminar esta etapa de formación tan importante para mí y para mi familia. Le dedico este gran logro principalmente a mi madre y le agradezco por acompañarme durante cada uno de mis procesos de formación, que han estado llenos de aprendizaje, desvelos, lágrimas y sacrificios, pero gracias a cada uno de los retos que se me presentaron en el camino pude crecer como persona y como profesional. A mi hermana quien también hace parte de este sueño que me acompañó y me ayudo en algunas aventuras con trabajos acumulados. A Cristian David Álvarez Martínez a quien conocí en esta etapa tan significativa para mí y con quien compartí los mejores y peores momentos de mi pasadía por la universidad, le agradezco sinceramente por convertirse en mi mano derecha y ser mi apoyo incondicional, hoy puedo decir que cumplimos uno de los sueños que compartimos y sé que al verme graduada también se cumple uno de sus sueños, este triunfo también es para él.

Agradezco a mis profesores que me guiaron en este camino de formación, al Ing. Faider Barrero especialmente por acompañarme como director en esta última aventura llamada trabajo de grado. A mis amigos Leandro García y Zaira Luna con quienes compartí la mayor parte de mi carrera de formación. Y a cada una de las personas que me apoyo durante el desarrollo de este proyecto.

***Karen Alejandra Venegas Cardenas***



# Resumen

El uso de sistemas acuapónicos (sistema biointegrado de acuicultura e hidroponía) permite optimizar la producción de peces y plantas puesto que se aprovechan los desechos generados por los peces, como abono para las plantas; Teniendo en cuenta que Colombia tiene gran producción de plantas y de peces, es oportuno fomentar la realización de proyectos que vinculen y optimicen dichos sistemas de producción. [1]

En Fusagasugá, Cundinamarca, la temperatura se mantiene en un rango entre 13 °C y 25 °C, rara vez baja a menos de 10 °C o sube a más de 27 °C. [2] Durante los meses de junio y hasta mediados de septiembre se presentan los rangos de temperaturas más altos. La posición geográfica de Colombia es muy buena, puesto que el país tiene una gran variedad de climas y unos niveles muy altos de radiación solar, lo que representaría tener gran ventaja en materia de energía solar.[3]

Con las características descritas anteriormente se pueden aprovechar los recursos renovables, como alternativa a la energía eléctrica proveniente de sistemas hidroeléctricos, por lo tanto, se propuso el presente proyecto que tiene como propósito diseñar y simular un sistema híbrido de generación de energía eléctrica (SHGEE) que permita satisfacer parcialmente la demanda energética de un sistema de acuaponía (que integra la hidroponía y la acuicultura), el sistema de generación de energía eléctrica se diseñó para implementarse en la Cra. 24b #198, (Cercun) Fusagasugá, Cundinamarca, predio que actualmente pertenece a la Universidad de Cundinamarca. El proceso necesario para cumplir con la meta de diseño está establecido en cuatro aspectos generales: Obtener la información de bases de datos confiables que puedan contribuir en el diseño del sistema y buscar la normatividad necesaria; realizar el respectivo estudio de cargas del sistema y el diseño; Desarrollar una aplicación móvil para Android que permita dimensionar sistemas fotovoltaicos lineales pequeños y medianos y realizar un artículo que exponga el diseño del sistema desarrollado.

## TABLA DE CONTENIDO

Agradecimientos.....	5
Resumen.....	7
1. Capítulo 1: Contexto.....	13
2. Capítulo 2: Objetivos.....	14
2.1 Objetivo General.....	14
2.2 Objetivos Específicos.....	14
3. Capítulo 3: Marco de referencia.....	15
3.1 Estado del arte.....	15
3.1.1 A nivel institucional.....	15
3.1.2 A nivel nacional.....	16
3.1.3 A nivel internacional.....	18
3.2 Estado de la técnica.....	19
3.2.1 Energías convencionales.....	19
3.2.2 Carbón.....	19
3.2.3 Petróleo.....	20
3.2.4 Energías renovables.....	21
3.2.5 Eficiencia energética.....	23
3.2.6 Eficiencia fotovoltaica.....	24
3.3 Fundamentos teóricos.....	25
3.3.1 Energía solar.....	25
3.3.2 Energía fotovoltaica.....	25
3.3.3 Sistemas fotovoltaicos.....	26
3.3.4 Tipos de sistemas fotovoltaicos.....	26
3.3.5 Componentes de un sistema fotovoltaico híbrido.....	29
3.3.6 Factor de eficiencia de un panel.....	35
3.3.7 Factores que inciden en el rendimiento de un panel fotovoltaico:.....	36
3.3.8 Sistemas de seguimiento solar.....	38
3.3.9 Irradiancia.....	38
3.3.10 Altura y azimut.....	39

3.4	Marco regulatorio.....	40
3.5	Marco geográfico.....	42
4.	Capítulo 4: Metodología.....	43
5.	Capítulo 5: Plan de trabajo y análisis de resultados.....	44
5.1	Plan de trabajo.....	44
5.1.1	Fase 1: Recolección de información.....	44
5.1.2	Fase 2: Diseño del sistema híbrido.....	44
5.1.3	Fase 3: Desarrollo de una aplicación móvil (Android).....	57
5.1.4	Fase 4: Generación de productos bibliográficos.....	65
5.2	Análisis de resultados.....	70
6.	Presupuesto.....	74
7.	Conclusiones.....	75
8.	Referencias.....	77
9.	Anexos.....	83



## INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1: Consumo combustibles fósiles.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 2: Uso de energías limpias a nivel mundial.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 3: Diagrama de bloques de los componentes de un sistema fotovoltaico</i>	<i>26</i>
<i>Figura 4: Sistemas fotovoltaicos con conexión aislada. ....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 5: Sistema fotovoltaico conectado a la red.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 6: Sistema fotovoltaico hibrido .....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 7: Estructura de un panel solar. ....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 8: Transformación fotovoltaica.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 9: Tipos de celdas fotovoltaicas. ....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 10: Eficiencia térmica teórica de una celda solar. ....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 11: Macro localización del municipio de Fusagasugá .....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 12: Fases del proyecto.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 13: Promedio de radiación mensual Fusagasugá .....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 14: Selección del ángulo óptimo. ....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 15: Horizonte de Fusagasugá. ....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 16: Proporción de rendimiento.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 17: Grafica de producción energética del sistema.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 18: Esquema eléctrico del sistema hibrido.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 19: Pronostico rendimiento de consumo .....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 20: Cuadro de cargas sistema acuapónico. ....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 21: Selección de componentes del sistema. ....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 22: Producción y consumo del sistema.....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 23: Sistema acuapónico implementado en Cercun. ....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 24: Diseño 3D de forma frontal. ....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 25: Diseño 3D de forma lateral. ....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 26: Entorno de diseño primer ventana de la aplicación. ....</i>	<i>60</i>
<i>Figura 27: Entorno de diseño segunda ventana de la aplicación. ....</i>	<i>60</i>
<i>Figura 28: Entorno de bloques de aplicación para dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 29: Interfaz aplicación SolarUDEC.....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 30: Postulación de la apk a la dirección nacional de derecho de autor. ....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 31 .....</i>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<i>Figura 32: Capacitación 1 al Semillero SIAMEL.....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 33: Capacitación 2 al grupo de docentes IEDR de Subia.....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 34: Capacitación 3 grupo de aprendices SENA. ....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 35: Capacitación 4 grupo de estudiantes de grado noveno.....</i>	<i>67</i>

<b>Figura 36.</b> Socialización de resultados al semillero SIAMEL.....	68
<b>Figura 37:</b> Resultados participación RedColSI.....	69
<b>Figura 38:</b> Cronograma de participación.....	69
<b>Figura 39:</b> Temperatura promedio en Cercun, Fusagasugá.....	70
<b>Figura 40:</b> Radiación anual en Cercun.....	70
<b>Figura 41:</b> Energía anual producida por el sistema.....	71
<b>Figura 42:</b> Irradiación VS temperatura.....	72
<b>Figura 43:</b> Irradiación VS potencia generada por el sistema.....	72
<b>Figura 44:</b> Rendimiento del sistema propuesto.....	73

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Cuadro comparativo células monocristalinas y policristalinas.....	31
<b>Tabla 2.</b> Cuadro comparativo tipos de baterías .....	33
<b>Tabla 3:</b> Cuadro de cargas del sistema acuapónico.....	45
<b>Tabla 4:</b> Definiciones, acrónimos y abreviaturas.....	57
<b>Tabla 5:</b> Características de los usuarios.....	57
<b>Tabla 6:</b> Requerimientos funcionales .....	58
<b>Tabla 7:</b> Requerimientos no funcionales .....	58
<b>Tabla 8:</b> Radiación y hora solar pico en las ciudades.....	61
<b>Tabla 9:</b> Características generales panel de 50W .....	62
<b>Tabla 10:</b> Características generales panel de 100W .....	62
<b>Tabla 11:</b> Características generales panel de 200W .....	62
<b>Tabla 12:</b> Características generales panel de 300W .....	62
<b>Tabla 13:</b> Características generales panel de 340W .....	63
<b>Tabla 14:</b> Capacitaciones realizadas a la comunidad.....	65
<b>Tabla 15.</b> Presupuesto .....	74

# 1. Capítulo 1: Contexto

El uso de sistemas híbridos de generación de energía en actividades agrícolas se ha convertido en uno de los objetivos de desarrollo en Colombia, pues se considera que se pueden utilizar recursos hasta el momento desperdiciados en tareas que mejoren los procesos productivos y generen auto sostenibilidad en el campo colombiano. [4] Teniendo en cuenta que en las últimas se ha evidenciado que el número de zonas geográficas que han experimentado escases de agua ha incrementado notablemente y algunos países como Colombia dependen principalmente de la energía hidroeléctrica. Se ha buscado dar solución por medio de la implementación de métodos alternativos de generación para poder migrar del tipo de energía convencional a una energía limpia o para suministrar energía a sitios remotos o de difícil acceso, que generalmente dependen de combustibles fósiles como gasolina o diésel y en otras ocasiones no cuentan con suministro eléctrico. [5]

Los sistemas híbridos permiten usar métodos de generación alternativa junto a métodos tradicionales. Tal característica hace de esta una técnica ideal para lugares apartados de la red de suministro eléctrico, así como para los que usan generadores con combustibles fósiles o para minimizar los costos de alguna manera de un sistema fotovoltaico.

El presente proyecto propone el diseño y simulación de un sistema híbrido para suplir la demanda energética de un sistema acuapónico; Para desarrollar el proyecto se estructuró la metodología en actividades: Buscar información guía sobre sistemas híbridos de generación de energía y recolectar la información legal necesaria para el diseño e implementación de este tipo de sistemas en Colombia; Realizar el estudio de cargas, establecer los parámetros de diseño, estimar el ciclo de vida útil del sistema y simular en software especializado el diseño propuesto, con el fin de encontrar los parámetros de máximo aprovechamiento de la energía solar. Desarrollar una aplicación móvil, que permita realizar el dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos lineales pequeños y medianos. Escribir un artículo científico que recopile toda la información fundamental del proyecto y participar en un evento de talla internacional.

## **2.Capítulo 2: Objetivos**

### **2.1 Objetivo General**

Calcular y diseñar un sistema híbrido de generación de energía eléctrica - SHGEE, que permita satisfacer parcialmente la demanda energética de un sistema de acuaponía en el municipio de Fusagasugá.

### **2.2 Objetivos Específicos**

**2.2.1.** Realizar un estudio de cargas que permita establecer los criterios de diseño y estimar el ciclo de vida útil del sistema.

**2.2.2.** Simular el sistema híbrido haciendo uso de herramientas computacionales (software), que permitan evaluar sus características de funcionamiento.

**2.2.3.** Diseñar el sistema general (sistema híbrido y sistema acuapónico) en tercera dimensión (3D), haciendo uso de herramientas computacionales.

**2.2.4.** Desarrollar una aplicación móvil para dimensionar sistemas fotovoltaicos básicos.

## **3. Capítulo 3: Marco de referencia**

### **3.1 Estado del arte**

En el presente estado del arte se mencionan algunas publicaciones bibliográficas relacionadas con el uso y aplicación de energías renovables en la región del Sumapaz, en Colombia y a nivel mundial, las cuales permiten analizar diferentes perspectivas y a su vez sirven de guía para el desarrollo de las actividades planteadas.

#### **3.1.1 A nivel institucional**

En la región del Sumapaz se han desarrollado algunas investigaciones enfocadas principalmente al uso de la energía solar fotovoltaica, pero no se encontraron trabajos relacionados con el uso de sistemas híbridos. Durante el 2017 se diseñó e implementó un sistema de energía fotovoltaica en Anapoima (Cundinamarca) para una vivienda ubicada en la vereda Golconda, dicho trabajo se realizó mediante cinco fases denominadas: Estudio radiación solar lumínica, demanda energética de la vivienda, inclinación del panel solar, etapas de potencia y validación del prototipo. [6]

En el 2018 se realizó una valoración a un sistema fotovoltaico autónomo con carga variable en DC; comparando su rendimiento energético, en el municipio de Fusagasugá, Cundinamarca; Durante el desarrollo se utilizaron los datos de radiación solar que proporciona la NASA y el IDEAM y el sistema se conformó por: un panel de 20W monocristalino y un panel de 20W policristalino, dos reguladores de 10 Amperios cada uno, dos baterías secas de 12 Amperios – 12 Voltios y cargas en DC variables conectadas a cada uno de los módulos; para la adquisición de datos se usó la tarjeta Arduino Mega 2560, Un módulo RTC (Real Time Clock) o "Reloj de tiempo real Ds3231, sensor de temperatura y humedad DHT11, módulo sensor de corriente Acs742, módulo sensor de voltaje, módulo SD card, un módulo I2C y una Lcd 2x16 [7]. Durante el mismo año se realizó un estudio de factibilidad técnica del uso de paneles solares en el Bloque académico de la universidad de Cundinamarca Seccional Girardot, en el cual se tuvo en cuenta la importancia del análisis financiero, para evidenciar que tipo de propuesta es la más atractiva para posteriormente realizar la inversión de la universidad de Cundinamarca. [8]

Durante el 2019 se diseñó un prototipo de un cargador autónomo para dispositivos móviles, que se alimentaría por medio de unos paneles, dicho proyecto se implementó en un predio de la Universidad de Cundinamarca (Finca La Esperanza). El desarrollo del proyecto se dividió en tres fases: para la primera fase se realizó el estado del arte de la eficiencia energética y algunas jornadas de sensibilización sobre el cambio climático; La segunda fase consistió en el diseño e implementación del prototipo de cargador y en la tercera fase se implementó y diseño una etapa de adquisición de datos del sistema fotovoltaico, en la cual se elaboró una tarjeta electrónica que integra una serie de sensores de instrumentación calibrados con el fin de leer las diferentes variables que el panel presenta. [9]. También se realizó el estudio la factibilidad para la implementación, de sistemas eólicos y/o híbridos eólicos-fotovoltaicos en la Vereda San José del Chocho, municipio de Sylvania-Cundinamarca, por medio del análisis del recurso eólico de la zona, con el fin de complementar el sistema fotovoltaico encargado de alimentar una torre de telecomunicaciones que soporta una antena encargada de enviar el servicio de internet a diferentes nodos ubicados en la vereda Bosachoque en el municipio de Fusagasugá-Cundinamarca, debido a que se presentaba intermitencia en el suministro de energía que abastece dicha torre. El proyecto se dividió en cinco fases, que permitieron el diseño e implementación de un sistema de adquisición de datos para la detección del viento, la implementación de un aerogenerador trifásico de 400W y desarrollo de una página WEB para el monitoreo del funcionamiento del sistema híbrido eólico-fotovoltaico que se instaló. [10]

### **3.1.2 A nivel nacional**

Colombia es uno de los países que cuenta con gran disponibilidad de recursos energéticos renovables no convencionales, principalmente en cuanto al sol y viento, la mayor fuente se encuentra en la Guajira y se estima que la energía que podría producirse con los vientos de esa zona seria aproximadamente 1,2 veces más alta que la capacidad del sistema interconectado nacional actual. [11]

En el 2010 en la región del caribe se analizó el potencial energético solar para el diseño de un sistema fotovoltaico a partir del análisis de los mapas de radiación solar que proporciona el IDEAM. Durante ese proyecto se estudió el consumo real procedente de las medidas tomadas en la Fuerza Aérea CAMCON3. [12]. El Instituto Colombiano de Energía Eléctrica (ICEL), promovió cerca de 370 proyectos para la instalación de sistemas fotovoltaicos solares individuales, que fueron instalados en varios departamentos de Colombia como son: Vichada, Guainía, Vaupés, Guaviare y Amazonas. Cada sistema instalado cuenta con un módulo fotovoltaico 51-53 Wp,

un regulador de 12A, una batería de 60 a 72 Ah y dependiendo de la zona tienen uno o dos tomacorrientes y dos o tres lámparas para iluminación. [13]

Durante 2012 se diseñó un sistema solar fotovoltaico autónomo de 800 Wp que posteriormente fue instalado en el techo de la Universidad Tecnológica del Chocó, en Quibdó. Dicho sistema permitió suplir la necesidad energética de la Universidad en los momentos en los que la empresa de energía local no prestaba el servicio o tenía fallas. El sistema está conformado por un arreglo de diez paneles de silicio monocristalino un inversor de tipo DC-AC de 1500W, un regulador de 20A y un arreglo de cuatro baterías, cada una de 255Ah. [14]

Según el grupo de investigación INNOVATIC para el diseño de un sistema de energía híbrido conformado por energía solar y eólica, que sea capaz de suministrar el fluido eléctrico para el soporte de las telecomunicaciones en el cerro girasoles del ejército nacional de Colombia se debe tomar en cuenta la velocidad del viento para así saber si los niveles de generación son los adecuados y dan la capacidad del consumo que se tendrá. Los pasos para realizar un diseño de un sistema de energía híbrido solar-eólico son los siguientes: Realizar una inspección de área en el cerro Girasoles para encontrar como mínimo situación geográfica, ubicación actual de infraestructura de telecomunicaciones, Mediciones en el sitio de la velocidad del viento, Análisis de las condiciones meteorológicas de acuerdo con la UPME, IDEAM y NASA, condiciones de radiación y brillo solar; como también verificar el potencial de generación eólica del centro Girasoles mediante la consulta de las bases de datos de la NASA. Posteriormente debe definir requerimientos técnicos de todos los equipos para lo cual se debe hacer una inspección general del sistema híbrido solar-eólico en el comando aéreo de combate, realizar pruebas de carga y descargas del banco de baterías del sistema de energía híbrido-eólico, los paneles solares, revisión de la turbina AEOLOS de 5Kw, calcular la producción estimada de kW para las distintas velocidades de viento registradas durante el día, revisar los inversores y todos los demás componentes. Realizar el análisis costo-beneficio de la implementación de un sistema de energía híbrido (solar – eólico) mediante el análisis de la estructura de costos detallada de 84Germina - San Mateo un sistema vs el otro. Definir el esquema funcional del sistema tomando como insumos los resultados de generación de energía, la estimación de la demanda de viento en el cerro, estimación de la producción de energía Solar Fotovoltaica, la estimación de la producción de energía eólica, estimación de la producción de energía total y por ultimo validar el diseño del sistema de energía híbrido (solar – eólico) propuesto, mediante el uso de diferentes tipos de software. [15]



### 3.1.3 A nivel internacional

Los sistemas híbridos son un enfoque muy prometedor de las energías limpias debido a su topología que permite la unión de energías renovables y energías convencionales. A continuación, se presenta el desarrollo y dimensionamiento de un prototipo de sistema híbrido de 3,6MW para Baja California – México, el prototipo está conformado por una instalación solar-eólica y un sistema de respaldo de gas natural. Para efectuar dicho sistema se hizo necesario disponer de información solarimétrica confiable, luego se realizó la determinación del máximo aprovechamiento energético, para con ello hacer el dimensionamiento de la instalación. Para el sistema eólico se determinó el máximo aprovechamiento del viento. De acuerdo con los resultados obtenidos se evidencio que la implementación de dicho sistema permite beneficios sociales, económicos y ambientales al país. [16]

En Jordania se realizó un análisis comparativo del desempeño de las células fotovoltaicas monocristalinas y policristalinas en Condiciones Climáticas Semiáridas, en el que se muestra la necesidad de reducir la dependencia de recursos como el petróleo para cubrir las necesidades energéticas, debido a que Jordania es un país de producción no petrolera, que se preocupa por el cuidado del medio ambiente y el aumento de la contaminación atmosférica a causa de las emisiones de CO<sub>2</sub>, presentan una estrategia de transformación energética y económica desde el año 2002 mediante la implementación de un programa rural de energía fotovoltaica que busco beneficiar a usuarios rurales y de bajos ingresos. Se emplearon un módulo fotovoltaico de células solares hechas de monocristalino y un módulo fotovoltaico de células solares de cristal policristalino, se instalaron en un mismo soporte, orientados hacia el sur de Jordania en un ángulo de 32°, aumentando la energía incidente sobre la placa durante el día, ya que es fundamental la orientación e inclinación del sistema para evitar pérdidas de eficiencia y potencia de salida. [17]

La inclinación de un panel tiene que ser igual a la latitud del lugar según la experiencia de los fabricantes e instaladores de paneles solares recomiendan una inclinación menor a 15°; para realizar el estudio de viabilidad de cualquier instalación, se deben tener en cuenta diversos factores. El estudio de una viabilidad se fundamenta en el estudio de costos comparativos con la instalación de otro sistema alterno. Para diseñar un sistema micro-eolico en Pitur, se consideró un modelo en donde la potencia, satisfaga las necesidades de la carga en la comunidad, para lo cual en el margen de lo teórico asciende a 7,614KW-h. [18]

## **3.2 Estado de la técnica**

### **3.2.1 Energías convencionales**

La demanda energética ha aumentado considerablemente como consecuencia del incremento de la población mundial y de las necesidades que el ser humano tiene al realizar actividades que dependen directamente del fluido eléctrico. En Colombia casi la totalidad de la energía producida proviene de fuentes convencionales.

### **3.2.2 Carbón**

El carbón fue el primer recurso energético explotado por el hombre y el combustible fósil de crecimiento más rápido, puesto que desde 1960 lidero los mercados mundiales de energía y suple la mayor proporción de la demanda energética. [19]

El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) se encuentra en grandes concentraciones en el carbón, el cual al ser quemado libera sustancias contaminantes que favorecen el aumento del efecto invernadero natural del planeta. Además, las explotaciones mineras causan gran impacto sobre el suelo, el agua y el aire. La Organización Mundial de la Salud (OMS) revelo recientemente que cada año muere una de cada ocho personas que estuvieron expuestas a la contaminación atmosférica o del aire de los interiores. Se calcula que alrededor de 4,3 millones de personas mueren cada año debido a la contaminación existente en el ambiente, que es causada por el uso de fogones rudimentarios de biomasa y carbón [20].

Hasta el 2013 la participación del carbón en la producción global de los recursos energéticos abarcaba más del 40%, pero se preveía una disminución [21]. Según la Agencia Internacional de Energía (AIE) las mejoras en la eficiencia energética han evitado 870 millones de toneladas de emisiones de CO<sub>2</sub> durante el 2014; durante el 2017 el uso del carbón repunto, aunque las inversiones en nuevas centrales eléctricas de carbón estuvieron por debajo de los niveles observados en años anteriores, se espera que el aumento del uso de carbón en la industria esté presente hasta el 2040, en donde el consumo mundial total se estabilizara, con descensos en China, Europa y Norteamérica, contrarrestados por aumentos en la India y el Sudeste Asiático [22]. Para el 2020 se espera que la producción mundial tenga un crecimiento del 0.5% respecto al año anterior, es decir que la producción será de 8.17 mil millones de toneladas [23].

### 3.2.3 Petróleo

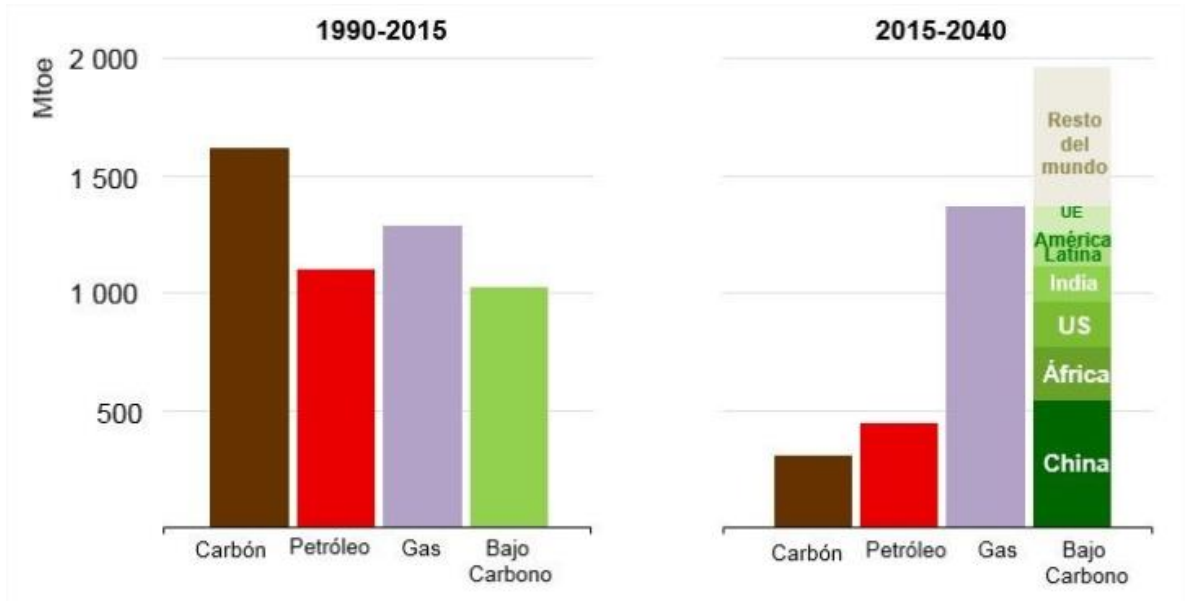
El petróleo es una de las materias más antiguas en el mercado energético, que se ha caracterizado principalmente por comerciarse a futuro. El oro negro no es una de las formas más económicas de producir energía, sin embargo, es la principal fuente de consumo de energía del mundo. El 27% de la energía mundial es producida por este tipo de combustible (crudo) [24]. Entre los desastres ambientales más graves que afectan la biodiversidad se encuentra el derrame de crudo en los mares, ríos y océanos; Se calcula que aproximadamente 3 mil 800 millones de litros de petróleo se derraman cada año en los océanos, en donde el 8% es proveniente de fuentes naturales, el 22% es a causa de descargas operacionales intencionales de los barcos, el 12% por derrames de buques y el 36% restante ingresa al mar por las aguas residuales [25].

La situación actual del petróleo es crítica, puesto que presenta una baja sostenibilidad en su precio, que inicio en el 2011 hasta el 2014 donde su precio era inestable, pero a partir de 2014 presento una caída drástica [26]. Además, las cuarentenas a nivel mundial han destruido la demanda del petróleo, la disminución que presento ha sido de aproximadamente 30 millones de barriles diarios (mbd), lo que ha generado que los lugares de almacenamiento estén llenos y se haya optado almacenar petróleo en mar abierto [24].

Las fuentes de generación convencionales han permitido suplir la demanda energética durante muchos años, pero existe la posibilidad de que la materia prima se agote. El uso desmedido de combustibles fósiles para la generación de electricidad ha provocado varios problemas de salud, además de lluvia acida y aumento de la concentración de dióxido de carbono en la atmosfera, por ello se han buscado alternativas como las fuentes de energía sostenibles (Solar, eólica, hidráulica, geotérmica, biomasa). Según la Asociación de Empresas de Energías Renovables (APPA), el consumo de energía que proviene de fuentes limpias aumentó un 7,1% durante el 2018 y la contribución de las energías renovables al consumo de energía primaria es del 10,8%. Durante los últimos años las energías renovables han sido la cuarta fuente de consumo de energía a nivel mundial; pero el consumo de energía proveniente del petróleo ha ocupado el primer puesto con el 33,6%, aunque su uso disminuyo un 0,5% durante el 2018; el uso del carbón también disminuyo aproximadamente un 0,4%. La única energía convencional que presento un incremento fue el gas natural, que aumento su aporte a la energía global 0,5% [27].

Se espera que para el 2040 las economías del mundo disminuyan su dependencia de los combustibles fósiles como el carbón y el petróleo, y que los niveles de producción de estos combustibles sean bajos.

**Figura 1:** Consumo combustibles fósiles



**Fuente:** Agencia Internacional de Energía (2016) *Panorama Mundial de la Energía*. Paris, Francia

La Agencia Internacional de Energía (AIE) estima que durante los siguientes 24 años se invertirán alrededor de 1.83 mil billones de dólares cada año, de los cuales solamente un 20% del dinero será destinado para proyectos relacionados con energías renovables y que el 60% se invertirá en proyectos con gas, carbón y petróleo [28].

### 3.2.4 Energías renovables

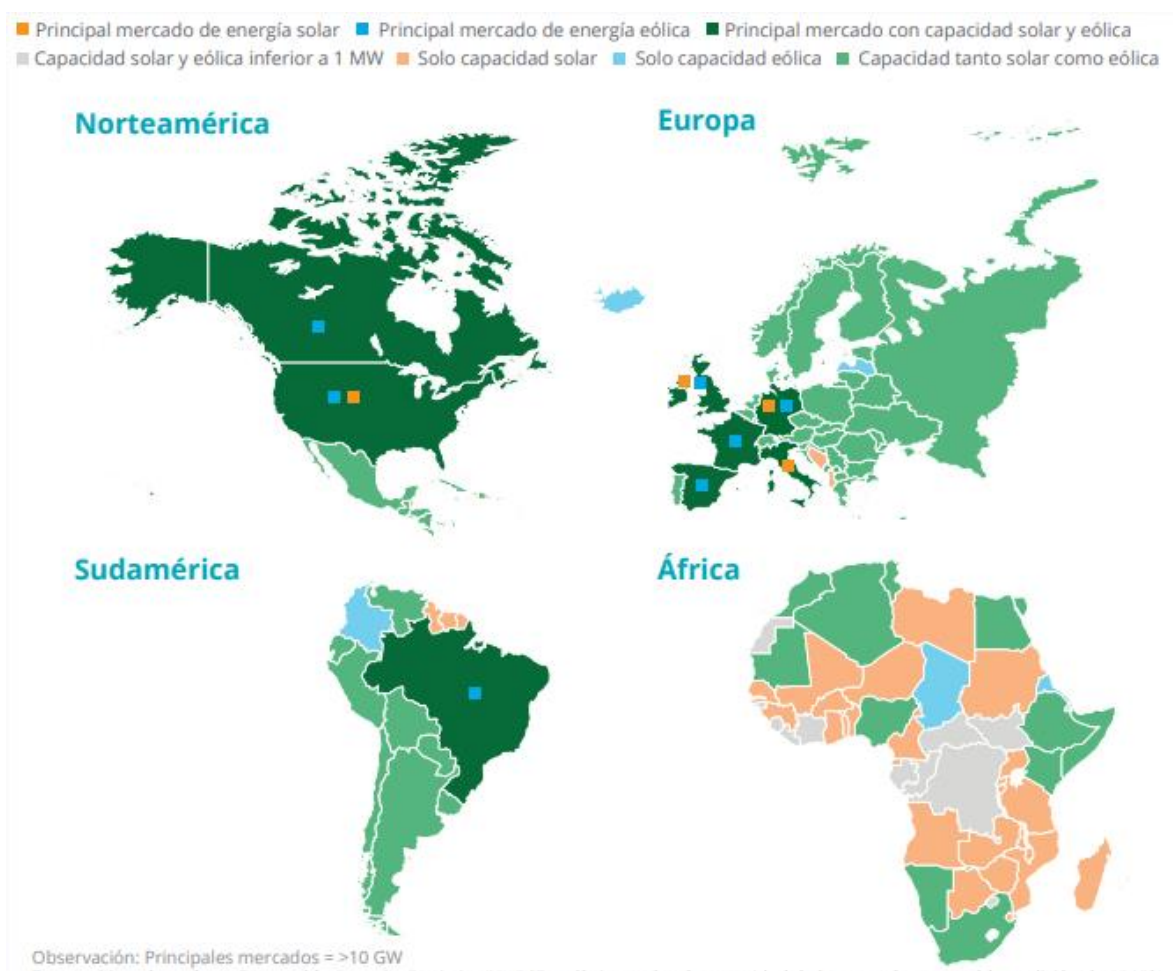
Las energías renovables han tenido un crecimiento rápido y están alcanzando la paridad entre precio y rendimiento de red, lo cual las ha vuelto más atractivas para la inversión en todas las regiones del mundo [29]. Se espera que para el 2040 la demanda total de energía se incremente en un 30% y que el 37% de la energía total mundial sea a partir de fuentes renovables, principalmente de energía solar y eólica [28].

Se estima que durante el 2019 la capacidad energética mundial en cuanto a energías renovables se incrementó hasta un 34,7%, es decir que presento un gran

incremento respecto al año anterior. Durante la última década se han invertido cerca de 3 billones de dólares a nivel mundial para el desarrollo de proyectos que involucran las energías renovables. Y se espera que dichas inversiones aumenten hasta el punto de duplicarse para el año 2030, como alternativa para mitigar la emergencia climática, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y aplacar las consecuencias en el medio ambiente. [30]

La mayoría de los países del mundo dispone de capacidad eólica y solar, y todos los principales mercados excepto uno ha alcanzado la paridad. [29]

**Figura 2:** *Uso de energías limpias a nivel mundial.*



**Fuente:** *Mapa basado en Renewable Capacity Statistics 2018.* [31]

En el Consejo Europeo del 2014 se aprobó el “Marco de Políticas de Energía y Cambio Climático” para la siguiente década, en donde se acordó que para el 2030 se reducirán las emisiones de gases de efecto invernadero respecto a las de 1990

en por lo menos un 40% y que el 27% de la energía usada será de proveniente de fuentes renovables; Lo anterior se hizo con el fin de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, mejorar la eficiencia energética y promover la utilización de energías limpias a nivel mundial. Por otra parte, diez países de América Latina y el Caribe se comprometieron que para el 2030 aportaran el 70% de energías renovables. [32]

En la Convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático (UNFCCC) de 2015, 195 países realizaron un acuerdo histórico para combatir el cambio climático y para emprender las acciones necesarias hacia un futuro sostenible con bajas emisiones de carbono, en donde se acordó limitar el calentamiento global muy por debajo de los dos grados centígrados por encima de los niveles preindustriales. [33]

Las fuentes de energía limpia para la generación de electricidad más implementadas durante el año pasado fueron la solar y la eólica. “Representaron el 72% de las adiciones de capacidad total, superando una vez más a los combustibles fósiles por un amplio margen, lo que eleva la capacidad renovable instalada en el mundo a 2.537 gigavatios (GW). Esto supone un aumento de 176 GW (+7,4%) respecto a 2018”. [30]

Los países que lideran el uso de energías limpias son; Uruguay, Honduras, Grecia, España, Portugal, Irlanda, Dinamarca, Reino Unido y Alemania, los cuales durante el 2019 generaron más del 20% de su electricidad con energía fotovoltaica y eólica; Al mismo tiempo más de 90 países generan alrededor de 1 GW y otros 30 generan más de 10GW anuales. [34]

### **3.2.5 Eficiencia energética**

Se ha demostrado que la eficiencia energética es la mejor herramienta para reducir las emisiones de carbono, por parte del sector energético. Las mejoras de eficiencia energética a partir de 1990 en los países miembros de la AIE redujeron el consumo de energía primaria en el año 2014 por más de 760 millones de toneladas de petróleo. Debido a que dos tercios de las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) provienen de la quema de combustible, esto hace que la eficiencia sea una herramienta crítica para reducir al mínimo los costes de reducción de gases de efecto invernadero. El consumo de energía evitada por las inversiones en eficiencia energética en los últimos 25 años también ahorró 550 mil millones de dólares para

los consumidores en los países miembros de la AIE en 2014, más de lo que la Unión Europea gasta en importaciones de combustible para el mismo año. [35]

Durante el 2016 la eficiencia energética permitió un ahorro de 2,2 billones de dólares; uno de los aspectos claves para lograr la eficiencia energética es evitar el consumo de grandes cantidades de energía, puesto que genera ahorros financieros y frena el crecimiento de las emisiones de gases nocivos para el medio ambiente. [36]

La eficiencia energética en Colombia es un método que puede garantizar el abastecimiento de energía, debido a que permite que se adopten nuevas tecnologías y se mejoren los hábitos de consumo energético que tiene la población; con el fin de que se mejore el manejo de los recursos disponibles. Dentro de los avances que ha presentado esta la ley que prohíbe el uso de bombillas incandescentes y el listado de un grupo de electrodomésticos, que deben presentar en las etiquetas los beneficios que le ofrece al cliente en cuanto a la eficiencia energética. En cuanto a las industrias, hay varias empresas que han realizado la actualización de sus equipos, pero aún quedan otras que usan maquinaria antigua, lo que no les permite garantizar la eficiencia energética. La situación actual del sector de transporte es la más compleja, puesto que el país tiene un parque automotor viejo, lo que hace que este sistema sea poco eficiente en cuanto al ahorro de energía, provocando así un mayor consumo. [37]

### **3.2.6 Eficiencia fotovoltaica**

La eficiencia fotovoltaica depende de la radiación solar que exista en el sitio de la instalación y de la orientación e inclinación del panel, por ello es fundamental elegir el ángulo de inclinación óptimo, para lograr el mayor aprovechamiento del sistema. En cuanto la orientación óptima es hacia el sur y la inclinación óptima depende de la latitud de la zona. Gracias a los avances tecnológicos se ha logrado mejorar la eficiencia promedio de conversión de los paneles del 15% al 20%, lo que permitió aumentar la potencia nominal de salida de los paneles de tamaño estándar de 240-260W a 300-330W. [38]

Recientemente se conoció que el Laboratorio Nacional de Energías Renovables de Estados Unidos supero el récord de conversión de energía solar, a través de una celda solar nueva en el mercado, que tiene la capacidad de retener aproximadamente el 50% de la energía que recibe, dicha celda está hecha con nuevos materiales ubicados en distintas capas y se optimizó hasta lograr una eficiencia del 47,1% al captar la luz solar y transformarla en energía eléctrica. [39]

### **3.3 Fundamentos teóricos**

#### **3.3.1 Energía solar**

La energía solar es aquella generada por el sol a causa de un proceso de fusión nuclear y llega a la tierra como calor, luz y rayos ultravioletas, que viajan en forma de radiación electromagnética. Es una energía renovable que se puede transformar en electricidad mediante un sistema fototérmico (conversión térmica de alta temperatura) o por medio de un sistema fotovoltaico. La aplicación más cotidiana y antigua que se le ha dado a esta energía es para el proceso de secado de ropa o secado de plantas y semillas por parte de nuestros ancestros; otra de las aplicaciones que se le da es por medio del calentamiento de un material para climatización de viviendas o calefacción de agua. En la actualidad se han aplicado tecnologías que permitan obtenerla de forma más eficiente con el fin de que sea una alternativa a las energías convencionales. El presente proyecto se enfocó en la energía solar fotovoltaica, que consiste en transformar la radiación solar incidente por medio de un panel fotovoltaico, que es capaz de convertir la energía solar en potencial eléctrico.

#### **3.3.2 Energía fotovoltaica**

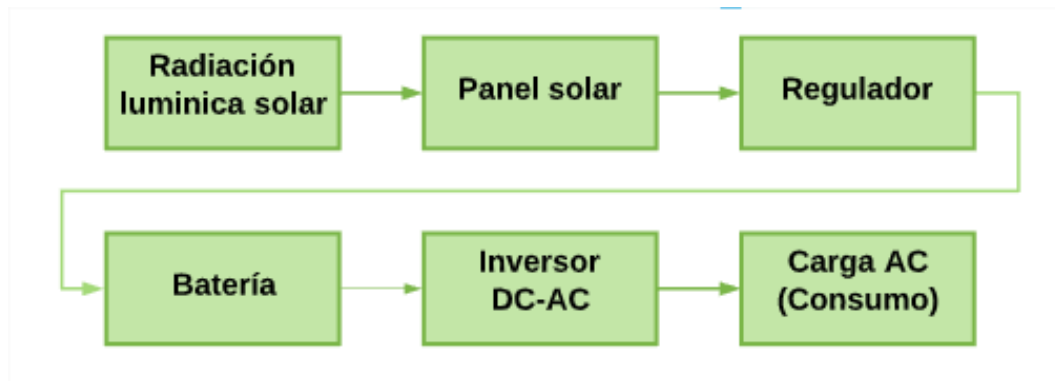
La energía solar fotovoltaica se obtiene directamente de la radiación solar por medio de un panel solar que transforma la energía solar en electricidad, por medio del efecto fotovoltaico, en el que cuando la radiación del sol incide sobre una de las caras del panel, se encuentra con las células fotoeléctricas que lo conforman y se genera la diferencia de potencial eléctrico entre las dos caras, lo que hace que los electrones pasen (salten) de un lugar a otro, produciendo así la corriente eléctrica, la cual es transportada hasta la red de distribución y finalmente a los puntos de consumo. Los paneles fueron utilizados inicialmente para abastecer de fluido eléctrico los satélites geoestacionarios de comunicaciones y en la actualidad se usan como una tecnología de generación eléctrica renovable, con el fin de mitigar el cambio climático. La tecnología fotovoltaica abarca un campo muy amplio puesto que tiene un aspecto modular, característica que permite que se puedan realizar construcciones de plantas fotovoltaicas enormes para tejados o sistemas pequeños instalados en el suelo. Para la fabricación de las células fotovoltaicas el elemento principal suele ser el silicio, lo que hace que sea un proceso costoso y demorado, puesto que a pesar de que el silicio es un elemento abundante en la tierra el proceso de transformación es lento y complejo. [40]



### 3.3.3 Sistemas fotovoltaicos

Un sistema fotovoltaico está conformado por componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos usados durante el proceso de aprovechamiento de energía solar que luego se transforma en energía eléctrica. En el siguiente diagrama de bloques de muestran los elementos que componen un sistema fotovoltaico para la generación de electricidad.

**Figura 3:** Diagrama de bloques de los componentes de un sistema fotovoltaico



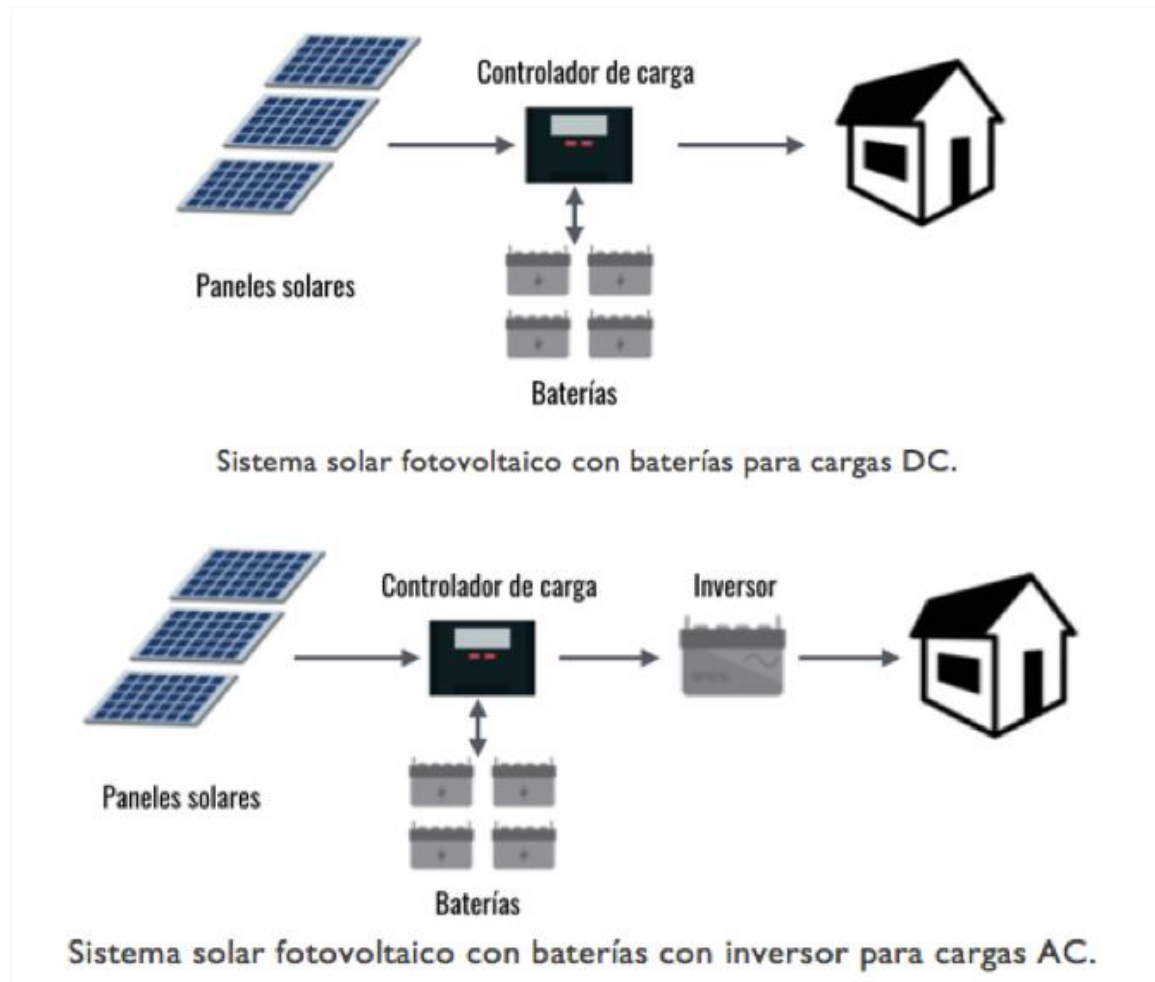
**Fuente:** Autores

### 3.3.4 Tipos de sistemas fotovoltaicos

Una vez que se ha generado la energía eléctrica existen dos alternativas, se puede almacenar para un uso posterior o transmitir a través de la red eléctrica. En función de esto se tienen dos sistemas:

- ✚ **Sistemas fotovoltaicos de conexión aislada:** La conexión de sistemas fotovoltaicos aislados tiene como característica principal que acumula la energía producida por los paneles solares en las baterías del sistema, para que dicha energía sea utilizada en otro momento, especialmente en la noche que es el momento en el que el panel usualmente no genera electricidad. Dicha configuración se puede usar para proporcionarle energía a sistemas que usen corriente directa (DC) o de corriente alterna (AC). Por lo general los electrodomésticos son diseñados para usarse como cargas de corriente alterna o AC. [41] En el siguiente esquema se muestran los componentes del sistema solar fotovoltaico para cargas DC y AC respectivamente.

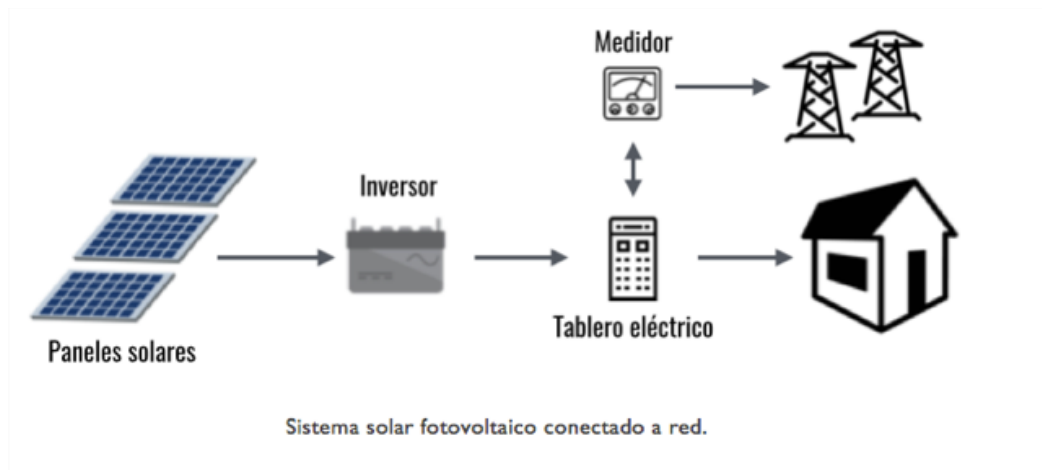
**Figura 4:** Sistemas fotovoltaicos con conexión aislada.



**Fuente:** SUN SUPPLY [41]

**Sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica (On-grid):** Se llaman así porque están interconectados a la red eléctrica. Es decir, la energía excedente de un sistema se entrega a la red o toda la energía que proviene los paneles solares se introduce a la red de distribución eléctrica, por lo tanto, este tipo de sistemas funcionan en paralelo con la red eléctrica. Estos sistemas son más económicos porque no requieren un banco de baterías, que por lo general son los elementos que tienen un precio más elevado en el mercado y que requieren un mantenimiento constante. Para implementar un sistema de este tipo es necesario realizar un contrato con la compañía de electricidad, en el que se comprueba que el sistema cumple con las regulaciones impuestas por el gobierno, para garantizar la calidad de la electricidad. [42] A continuación, se muestra el esquema de un sistema interconectado a la red eléctrica.

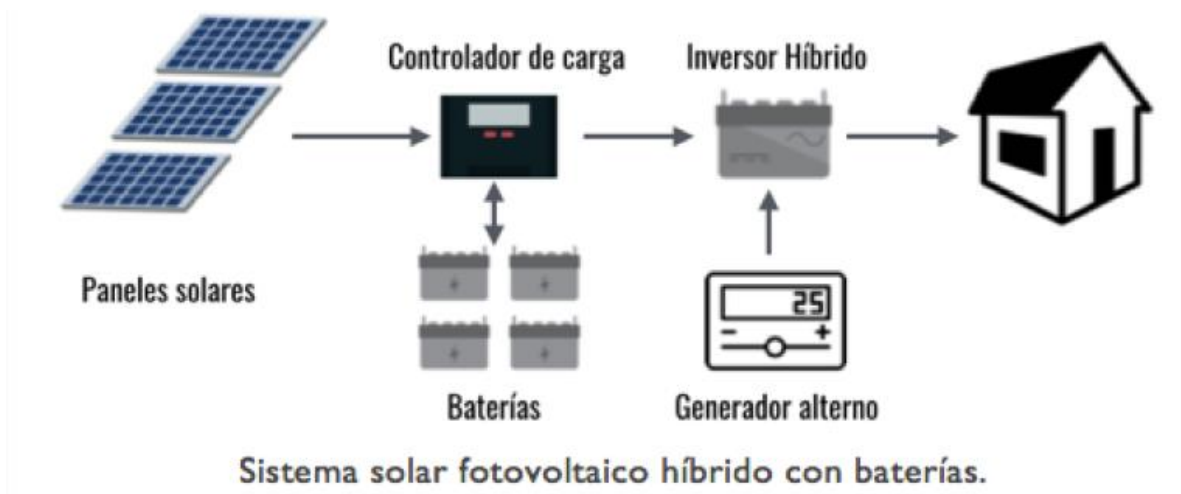
**Figura 5:** Sistema fotovoltaico conectado a la red.



Fuente: SUN SUPPLY [41]

**Sistemas fotovoltaicos híbridos:** Se caracterizan porque integran una fuente de generación adicional a los paneles solares. Por lo general para esta configuración es necesario usar un inversor de potencia híbrido que permita integrar la energía que producen los paneles fotovoltaicos y la energía que es almacenada en las baterías con la energía de otra fuente alterna. Dicha fuente puede ser: una turbina eólica, la red eléctrica o un generador diésel. Por lo general este tipo de sistemas se usa para reducir el número de dispositivos y por medio de esto disminuir los costos y facilitar transporte [41]. Este proyecto fue diseñado para que sea un sistema híbrido entre el sistema fotovoltaico y la red eléctrica. A continuación se muestra el esquema de un sistema híbrido:

**Figura 6:** Sistema fotovoltaico híbrido

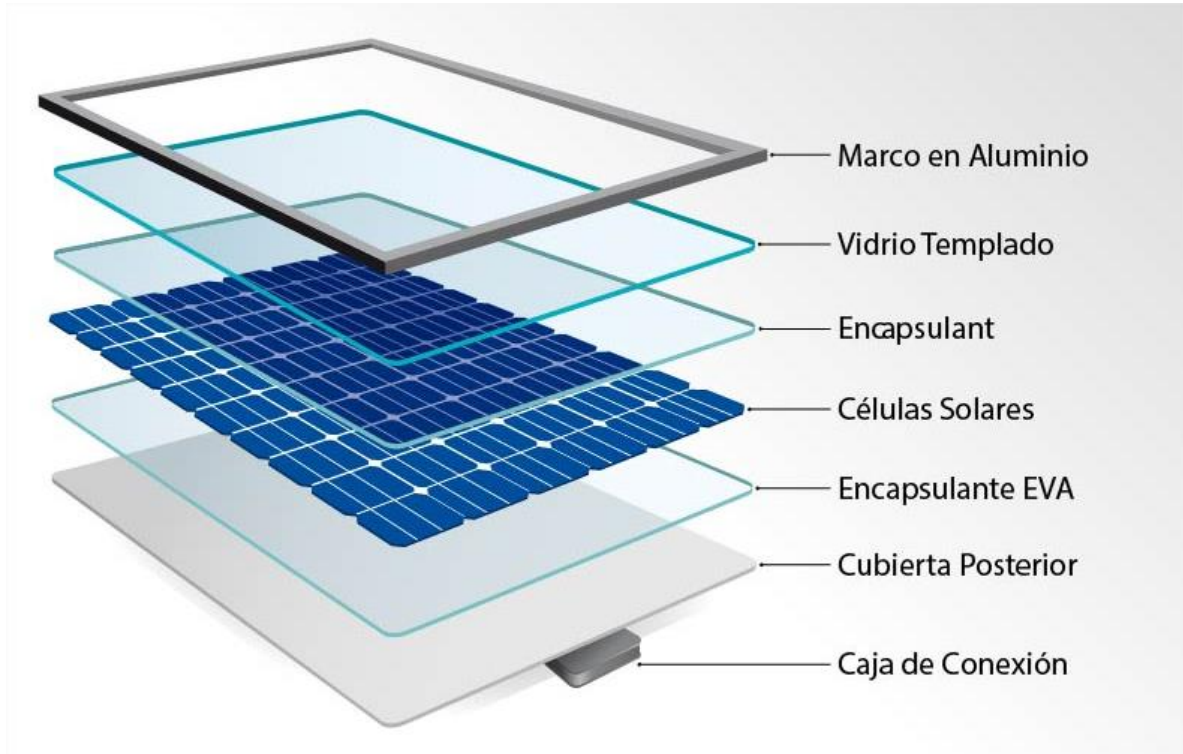


Fuente: SUN SUPPLY [41]

### 3.3.5 Componentes de un sistema fotovoltaico híbrido

- ✚ **Radiación lumínica solar:** La radiación solar es la energía que emite el sol, y llega a la tierra en forma de ondas electromagnéticas que se propagan en todas las direcciones, dicha energía se propaga por medio del espacio. La energía emitida por el sol tiene una forma de radiación de onda corta. Cuando la energía pasa por la atmosfera experimenta un proceso en el que se debilita por la difusión, la reflexión en las nubes, por las partículas en suspensión y la absorción por las moléculas de gases presentes como son: el ozono y el vapor de agua. [43]. La energía total irradiada por el sol es de aproximadamente  $3,8 * 10^{26}W$ , de la cual, la tierra recibe  $1,7 * 10^{18}W$  [44]. Dicha radiación es la base fundamental de todos los sistemas fotovoltaicos.
- ✚ **Panel solar fotovoltaico:** Son módulos diseñados para captar la radiación electromagnética proveniente del sol y transformarla en energía eléctrica. Los elementos que conforman un panel están divididos en capas como se observa en la figura 7.

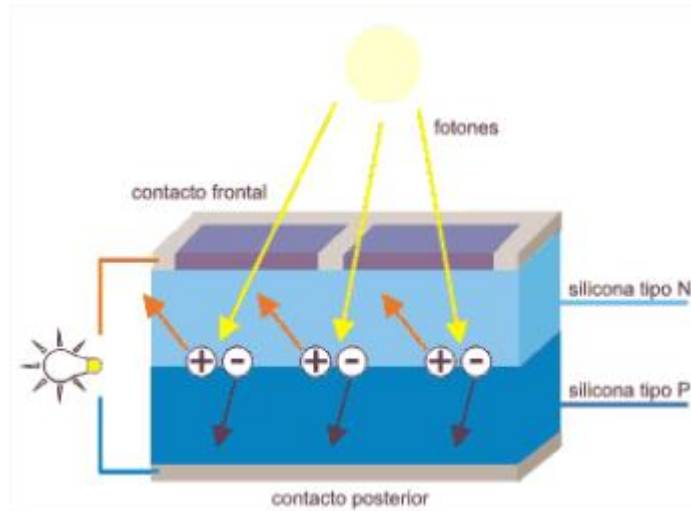
*Figura 7: Estructura de un panel solar.*



**Fuente:** INEDEL [45]

La transformación fotovoltaica se centra en la capacidad del silicio para generar energía eléctrica al ser expuesto a la radiación solar, en donde, los fotones encontrados en el haz de luz y que transportan la energía del sol, chocan con la célula lo que produce una excitación en el semiconductor, y por ello libera electrones que circulan libremente por medio de la capa conductora de la célula como se puede ver en la figura 8.

**Figura 8:** Transformación fotovoltaica.



**Fuente:** Ecsite [46]

En cuanto mayor sea la cantidad de fotones que golpeen la celda fotovoltaica mayor será la cantidad de corriente producida. El tipo de materiales más usados durante la fabricación de las células fotovoltaicas son: el arseniuro de galio (GaAs) el cual es usado principalmente en otros dispositivos electrónicos más complejos y el silicio (Si), que tiene precio menor, pero que también es usado en la industria microelectrónica. Las células más usadas para la fabricación de paneles son las de silicio. La estructura tridimensional interna de cada lamina de silicio es la que define el rendimiento de las células fotovoltaicas. Según esta estructura las células de silicio se pueden clasificar en:

- ❖ Células de silicio monocristalino: Se conforman por un cristal de dimensiones grandes, el cual es cortado en láminas finas, generalmente posee un color azul uniforme. Este tipo de células es el más avanzado, por tal motivo el costo de fabricación es mayor al de las demás células y ofrecen un rendimiento mayor en algunas condiciones de operación.

- ❖ Células de silicio policristalino: Se conforman por varios cristales, que tienen como característica un color azul no uniforme, debido a las técnicas de fabricación.
- ❖ Células de silicio amorfo: Esta célula no está conformada por cristales, por tal motivo es la célula más económica del mercado y a su vez es la que menor rendimiento ofrece, las aplicaciones para las que se usa son elementales, por ejemplo: para calculadoras o relojes. Dicha célula tiene la capacidad de producir un poco de electricidad, aunque no esté expuesta a la radiación solar de forma directa.

**Figura 9:** Tipos de celdas fotovoltaicas.



**Fuente:** Research gate [47]

La principal diferencia entre células policristalinas y monocristalinas es el costo de elaboración, debido a que en el momento de realizar un complejo ciclo de pureza la cantidad de silicio desperdiciado es bastante, lo que incrementa considerablemente su costo de fabricación. En la tabla 1 se presenta una comparación de las ventajas y desventajas de los dos tipos de células solares.

**Tabla 1:** Cuadro comparativo células monocristalinas y policristalinas.

Tipo de célula	Policristalina	Monocristalina
<b><math>\eta</math> Célula</b>	12% - 14%	14% - 17%
<b>Ventajas</b>	-Menor precio -Mayor tolerancia a los cambios de temperatura -Fabricación con menos desperdicios	- $\eta$ constante - Mayor tiempo de vida útil - Superficie uniforme - Mayor absorción de luz en días nublados
<b>Desventajas</b>	-Menor tiempo de vida útil - $\eta$ reducida -Superficie sin uniformidad	- Más susceptibles a cambios drásticos de temperatura - Mayor precio - Mas perdida de silicio en su fabricación

**Fuente:** Autores.

✚ **Regulador:** Los reguladores de carga se usan para proteger las baterías del sistema ante posibles sobrecargas y descargas profundas, teniendo en cuenta que puede presentarse que la cantidad de energía solicitada por el usuario no sea equivalente a la energía almacenada en el acumulador o a la radiación solar incidente del momento. El voltaje de salida de los paneles durante la noche es prácticamente nulo, en los días nublados, al amanecer o en el atardecer el nivel de radiación es muy bajo, por lo que los paneles son incapaces de suministrarle fluido eléctrico a las baterías, en ese caso el regulador actúa como elemento pasivo, en donde se aísla el banco de baterías del sistema de generación fotovoltaico, con el fin de evitar la descarga de estas. En el momento en que la insolación eleva su incidencia el voltaje del arreglo de los paneles solares se eleva, de tal forma que sobrepasa el voltaje de las baterías, por lo tanto, en ese momento el regulador trabaja como componente activo, para evitar una sobrecarga y se reinicia el proceso de carga de las baterías. En otras palabras, el regulador de carga opera en función de comparar el valor deseado para la carga con un valor de referencia y realiza los cambios que requiera el sistema para compensar los cambios que tenga. Existen tres estados de carga posibles: Bulk, Absorción y Flotación.

- **Fase Bulk:** En este estado la batería se encuentra descargada y toda la energía que producen los paneles se inyecta al banco de baterías, es decir en esta fase las baterías se cargan.
- **Fase de absorción:** En este caso el regulador de carga sostiene la tensión del sistema por debajo del valor de tensión de absorción de la batería, que para las baterías de plomo-ácido abiertas está en 14,4V y para las baterías fabricadas en gel se encuentra en 14,1V; dicho valor de voltaje continua estable mientras la corriente se reduce a medida que la batería se está llenando.
- **Fase de flotación:** Durante esta fase el voltaje que tiene el sistema es igual a la tensión de flotación y la corriente se reduce gradualmente conforme se llena la batería. Cuando la batería está completamente llena, la energía sobrante se pierde en forma de calor en el regulador, presentándose el efecto Joule. [9]

✚ **Baterías:** Las baterías o acumuladores se encargan de almacenar la energía, que se usara posteriormente en el momento en que el generador fotovoltaico no esté produciendo energía, esto puede ser en la noche o en los días nublados,

momentos en los que la irradiación es muy baja. Las baterías están conformadas principalmente por un par de electrodos que se encuentran sumergidos en un electrolito, en donde existen reacciones químicas a causa de su proceso de carga y descarga.

Las baterías más utilizadas son las estacionarias pues tiene una alimentación interrumpida, además permanecen durante grandes periodos de tiempo cargadas y tienen la capacidad de resistir descargas profundas de forma ocasional. Según el sistema o la determinada instalación se debe de elegir mediante una evaluación la batería correcta para el sistema al cuál se acopla. La tabla 2 presenta una descripción detallada de los tipos de baterías disponibles para el desarrollo de sistemas fotovoltaicos. [48]

**Tabla 2.** Cuadro comparativo tipos de baterías

Tipo de batería	Estacionarias monobloc	Estacionarias translúcidas o transparentes	Estacionarias herméticas
<b>Características</b>	-Un solo bloque. No necesitan asociarse para obtener 12 V -Tienen menor capacidad -Se utilizan en instalaciones de poca potencia.	-Están en células individuales, pero el material que lo recubre permite ver el interior de la batería. -Su tensión es de 2,2 V por lo que se debe de utilizar en serie.	-No se tiene acceso a su interior. -Sin mantenimiento.
<b>Ventajas</b>	Son más económicas y recomendadas en instalaciones de baja y media potencia donde se utilizan aparatos eléctricos sencillos sin picos de arranque.	Facilidad de sustitución de esta en situaciones de averías, así como mayor capacidad de reserva de electrolito.	No derraman ni vaporizan electrolitos, lo cual las hace confiables para uso continuo del sistema.
<b>Desventajas</b>	Necesitan de un mantenimiento periódico anual aproximadamente.	Permite observar su interior sin embargo no hace robusto ni solido la estructura externa.	La descarga profunda de manera frecuente produce un deterioro significativo en la vida útil de la misma.

**Fuente:** Autores.



Las baterías de ciclo profundo son diseñadas para funcionar en un estado de descarga constante, es decir que todo el tiempo de uso pueden estar descargándose en su mayor capacidad, a diferencia de una batería de arranque que inyectan cargas cortas de corriente. El ciclo profundo está diseñado para permitir una descarga de entre 45% a 75% de capacidad, sin embargo, se debe tener en cuenta la profundidad de descarga de acuerdo con la cantidad de ciclos que puede manejar la batería, según las indicaciones de fabricante.

✚ **Inversor:** Este elemento se encarga de convertir la energía que produce la instalación fotovoltaica, que se está presente en forma de corriente continua a corriente alterna, de tal manera que, al suministrar la energía a las cargas de la red, los elementos funcionen en los niveles óptimos. Los tipos de inversores que existen son:

- **Inversores de Onda sinusoidal:** Son usados para las instalaciones eléctricas en los hogares, debido a se adecua siempre a los electrodomésticos que usan corriente alterna para funcionar correctamente.
- **Onda senoidal modificada:** Se usan para los sistemas que tienen cargas no lineales, es decir sistemas que principalmente involucren motores eléctricos o maquinaria industrial.

✚ **Inversores de conexión a red y de batería:** Este tipo de inversores permite sincronizar los niveles de energía producidos por el sistema fotovoltaico con la red eléctrica pública, pero también los inversores de batería permiten que el sistema le inyecte energía a el banco de baterías y a la vez regulan la energía que fue almacenada para suministrarla a las cargas que tenga el sistema.

✚ **Inversores monofásicos y trifásicos:** Los inversores monofásicos son usados comúnmente en instalaciones domésticas para sistemas que tienen cargas lumínicas y fuentes de alimentación pequeñas; Los inversores trifásicos cuentan con tres conexiones, las cuales envían una potencia constante, lo que eleva el rendimiento de los equipos, este tipo de sistemas se usa para aplicaciones industriales. [49]

### 3.3.6 Factor de eficiencia de un panel

La eficiencia de un panel depende de diversos factores tales como: absorción de luz en días nublados, vida útil y comportamiento frente a los cambios drásticos de temperatura. Las celdas solares que componen un panel solar presentan un grado de eficiencia teórica el cual permite determinar características y comportamientos frente a casos y situaciones cercanas a los límites. Se debe entender con anterioridad la razón por la cual una celda solar no puede transformar el 100% de la luz incidente en energía eléctrica.

**Punto de máxima potencia (Pmp):** Se encuentra cuando la corriente y el voltaje del panel fotovoltaico alcanzan los valores máximos al tiempo y representa el valor de máxima potencia. Dicho valor se puede calcular por medio de la ecuación 1.

$$P_{MP} = V_{MP} * I_{MP} \quad (1)$$

**Eficiencia en la conversión de energía:** El factor de eficiencia de un panel fotovoltaico se representa por medio de la relación de la cantidad de energía eléctrica que el panel produce con la irradiación que recibe del sol, en el momento en que el panel está conectado a un circuito eléctrico. La eficiencia del panel se define mediante la ecuación 2.

$$\eta = \frac{P_{MP}}{E * A_C} = \frac{V_{MP} * I_{MP}}{P_I} \quad (2)$$

Donde;

$\eta$  = Eficiencia de conversión de la energía

$P_{mp}$  = Punto de máxima potencia

$E$  = Radiación solar sobre la superficie del panel

$A_c$  = Superficie del panel solar

$P_i$  = Potencia recibida por el panel

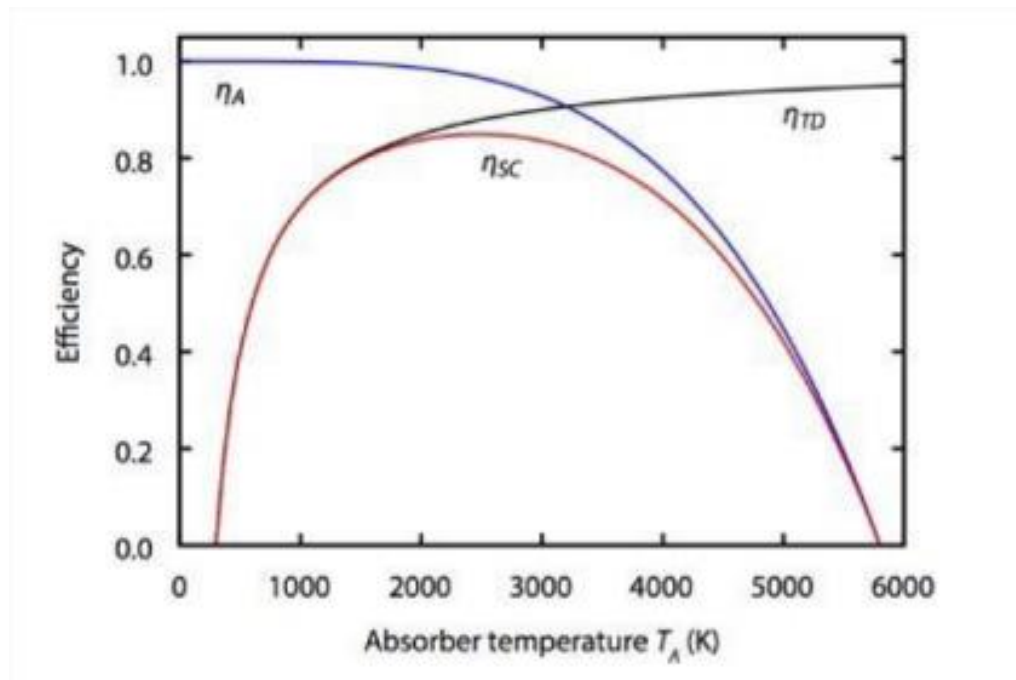
El factor de forma (FF) permite definir la eficacia del panel solar, mediante la relación del punto de máxima potencia con el producto de la corriente en corto circuito y el voltaje en circuito abierto del mismo. Lo anterior se representa mediante la ecuación 3. [9]

$$FF = \frac{P_{MP}}{V_{OC} * I_{SC}} = \frac{\eta * A_C * E}{V_{OC} * I_{SC}} \quad (3)$$

Teniendo en cuenta lo anterior, existen diferentes límites con efectos diferentes en cada caso, a continuación, se establece el límite termodinámico.

- **Limite termodinámico:** Según Arno Smets la 2da ley de la termodinámica, la entropía de un sistema que es independiente nunca disminuye, por el contrario, puede aumentar o mantener igual siempre y cuando el calor continúe un flujo constante, por ende, se genera un límite de eficiencia en la conversión de calor en energía libre de entropía. Debido a ello la eficiencia de la célula solar esta enlazada con un factor de eficiencia de absorción y termodinámica, los cuales son los equivalentes de la resistencia y características del sólido (Celda solar); teóricamente la celda solar posee un máximo del 85% de eficiencia para una temperatura de  $2,480K$ , es decir que es una limitante física en la relación de incidencia solar a energía eléctrica. La figura 10 muestra la relación teórica donde  $\eta_A$  corresponde a la eficiencia de absorción,  $\eta_{TD}$  a la eficiencia termodinámica y  $\eta_{SC}$  la eficiencia de la celda solar compuesta por los factores de absorción y termodinámica. [44]

**Figura 10:** Eficiencia térmica teórica de una celda solar.



**Fuente:** Tomado de Solar Energy, 2016. [44]

### 3.3.7 Factores que inciden en el rendimiento de un panel fotovoltaico:

**Energía de luz incidente:** La luz incidente tiene diversas longitudes de onda, dentro de las cuales aproximadamente la mitad no está en el margen que aceptan los paneles fotovoltaicos comerciales, es decir que se pierde el 50% de la radiación,

puede ser por que la onda tiene una energía insuficiente o muy elevada. La corriente que genera el panel es proporcional a la radiación, teniendo en cuenta que dicha radiación este dentro de los límites aceptables. [9]

**Reflexión:** Durante este fenómeno se producen perdidas en la superficie del panel solar, por tal motivo los fabricantes de paneles han optado por usar capas antirreflejo y superficies rugosas que impidan la presencia de este efecto.

**Efecto de la sombra:** El efecto sombra se puede presentar al instalar los paneles cerca de una zona boscosa o con edificios, puesto que por su ubicación se puede generar una sombra en algún momento del día, que impide que la radiación llegue de forma directa a la superficie del panel, lo que disminuye drásticamente el rendimiento del sistema. Por lo anterior es indispensable realizar un estudio detallado antes de realizar la instalación del sistema. [9]

**Orientación e inclinación:** Existe una orientación e inclinación en la que se puede generar el mayor aprovechamiento del sistema, aunque el sistema puede funcionar medianamente modificando dichos parámetros un poco; Pero lo ideal es que la orientación del panel sea directa hacia el sol. Según el Pliego de Condiciones del IDAE la forma correcta de definir la inclinación de los paneles fotovoltaicos es por medio de  $\beta$ , que es el ángulo de inclinación que se forma entre la superficie de los paneles con el plano horizontal. La orientación está dada por el azimut, que se forma sobre el plano de la normal horizontal y el meridiano del sitio para el que se esté diseñando el sistema. Los valores que se usan generalmente son  $0^\circ$  para los sistemas que se instalaran al sur,  $90^\circ$  para los sistemas que se orientan al oeste y  $-90^\circ$  para los sistemas ubicados cerca del este. Cuando se realiza una instalación fija es imposible garantizar que el panel permanezca de forma perpendicular al sol, por lo tanto, es necesario encontrar el punto en que el panel puede aprovechar la mayor cantidad de energía durante el día. También existen instalaciones que presentan sistema de seguimiento solar, pero son más costosas a la hora de implementarlas y para que sean rentables es necesario que sean instalaciones grandes, en donde el consumo del movimiento sea menor a la producción del sistema. [9]

**Efecto de la Temperatura:** Cuando la temperatura aumenta se presenta un incremento en la corriente y una disminución en el voltaje, es decir que se reduce la potencia generada por el panel fotovoltaico; En cambio cuando la temperatura disminuye, la corriente se reduce y el voltaje aumenta en cierta proporción, por lo que la potencia que entrega el módulo fotovoltaico aumenta. Se calcula que si el sistema tiene una temperatura superior a  $25^\circ\text{C}$  se reduce un 0.5% la potencia nominal por cada grado. [9]

### 3.3.8 Sistemas de seguimiento solar

Estos sistemas son capaces de modificar la orientación de los módulos de tal forma que la radiación incida de forma directa sobre la superficie del panel, obteniendo así un máximo aprovechamiento de la energía disponible en el lugar. Los sistemas de seguimiento solar son de tres tipos:

- ✚ **Estructuras fijas:** Tienen una topología flexible que se puede acoplar a cualquier tipo de terreno en el que se pretenda realizar la instalación.
- ✚ **Seguidores de un eje:** Este tipo de seguidores ofrece incrementar la producción de energía en un 28% respecto a un sistema fijo.
- ✚ **Seguidores de dos ejes:** Este tipo de seguidores ofrece incrementar la producción de energía del sistema fotovoltaico hasta un 35% respecto a un sistema fijo, pero eleva los costos de instalación notablemente.

**Angulo de declinación:** Este ángulo define la posición angular que tendrá el sol al medio día, por lo tanto, define el momento exacto en el que el sol está más alejado de la tierra, teniendo como punto de referencia el plano ecuatorial. Dicho parámetro varia durante cada época del año y se puede calcular mediante la ecuación 4. [9]

Donde;

$n = \text{Dia del año}$

$$\Delta = 23.45 \sin\left(360 \frac{284 + n}{365}\right) \quad (4)$$

### 3.3.9 Irradiancia

Es radiación solar cuantificada que incide en una superficie por unidad de tiempo y se da en KW/m<sup>2</sup> [50], y permite conocer la cantidad de energía captada sobre un área, es decir la cantidad de radiación solar que cae sobre una superficie terrestre.

### 3.3.10 Altura y azimut

Los movimientos del sol y la tierra son relativos entre sí, el sol se mueve con dos grados de libertad en la esfera celeste. La posición del sol se describe por medio de las variables angulares, la altura y el azimut. Al momento de calcular dichas variables es importante tener en cuenta los parámetros de: latitud del lugar, la declinación  $\delta$  y el ángulo. Para calcular la altura y el azimut de forma precisa se usan las siguientes ecuaciones. [9]

$$\sin A = \cos \varphi * \cos \zeta * \cos W + \sin \varphi * \sin \zeta \quad (6)$$

$$\sin \varphi = \frac{\cos \zeta * \sin W}{\cos A} \quad (7)$$

Posteriormente se emplea una función inversa si el ángulo del azimut tiene un valor superior a los  $90^\circ$ , situación que se presenta cuando la posición del sol es superior a la del plano vertical.

$$\cos W < \frac{\tan \zeta}{\tan \varphi}$$

Entonces,

$$\varphi = \sin^{-1} \frac{\cos \zeta * \sin W}{\cos A} \quad (8)$$

Por lo tanto,

$$\varphi < 0, \text{Entonces,} \quad \varphi = 360 + \varphi \quad (9)$$

### 3.4 Marco regulatorio

Las disposiciones y normas legales que Colombia estableció para las instalaciones solares fotovoltaicas se conforman por leyes que regulan y promueven el uso de las energías alternativas para fomentar el desarrollo del país, además reglamentan la producción de energía eléctrica fotovoltaica; y las normas describen las características técnicas (materiales, equipos, construcción) de las instalaciones futuras.

#### Leyes

- ✚ El julio 16 de 2013 se publicó la ley 1665, en la que se aprobó el “Estatuto de la Agencia Internacional de Energías Renovables (Irena)”, que se realizó en Bonn, Alemania, el 26 de enero de 2009. Dicha ley promueve el uso de las energías renovables como: la bioenergía, energía geotérmica, energía hidráulica, energía marina, energía solar y energía eólica. [51]
- ✚ El 14 de mayo de 2014 el congreso de Colombia publico la ley 1715, en la que estipulan los lineamientos para la integración de las energías limpias al sistema de energía nacional. Esta ley busca fomentar el desarrollo y la implementación de sistemas de generación de energías renovables, como estrategia para mejorar la economía sostenible y el cambio climático. [52]

#### Decretos

- ✚ Decreto 2143 de 2015, mediante el cual se adiciono el decreto 1073 de 2015 que tiene los lineamientos para la ejecución de los incentivos por fomentar el uso de energías renovables, que se establecieron en el capítulo 111 de la ley 1715 de 2014. [53]
- ✚ Decreto 1623 de 2015, mediante el que se modificó el Decreto 1073 de 2015, en cuanto a la definición de los requisitos de política para la expansión de la cobertura del servicio de energía eléctrica para el sistema energético nacional y para las zonas sin conexión. [54]
- ✚ Decreto 2492 de 2014, mediante el cual se definieron las disposiciones para suplir la demanda en cuanto a la implementación sistemas de generación limpia. [55]

- ✚ Decreto 2469 de 2014, en el que se establecieron los requisitos de política energética para los excedentes en sistemas de autogeneración. [56]

## Resoluciones

- ✚ Resolución UPME 0281 de 2015, a través de la cual se estableció el tope máximo de potencia permitido para sistemas pequeños de autogeneración de electricidad. [57]
- ✚ Resolución CREG 024 de 2015, en la que se reglamenta la actividad de autogeneración a gran escala para el sistema conectado a la red eléctrica nacional. [58]
- ✚ Resolución 143 de 2016 Unidad de Planeación Minero-Energética, mediante la cual establecieron los requisitos para registrar los proyectos relacionados con la generación de energía limpia. [59]

## Normas

El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) ha publicado normas para el diseño y construcción de sistemas fotovoltaicos en el territorio colombiano, las cuales se tuvieron en cuenta para este diseño y se mencionan a continuación: [60]

- ✚ **NTC 2775 y NTC 1736:** Presentan las definiciones de los términos relacionados con instalaciones solares fotovoltaicas.
- ✚ **NTC 2883:** Muestra las características y especificaciones de los paneles solares permitidos.
- ✚ **NTC 2959 y NTC 5287:** Exponen las características y especificaciones para las baterías solares fotovoltaicas.
- ✚ **GTC 114 y NTC 2050:** Presentan la normatividad para realizar las instalaciones solares fotovoltaicas.



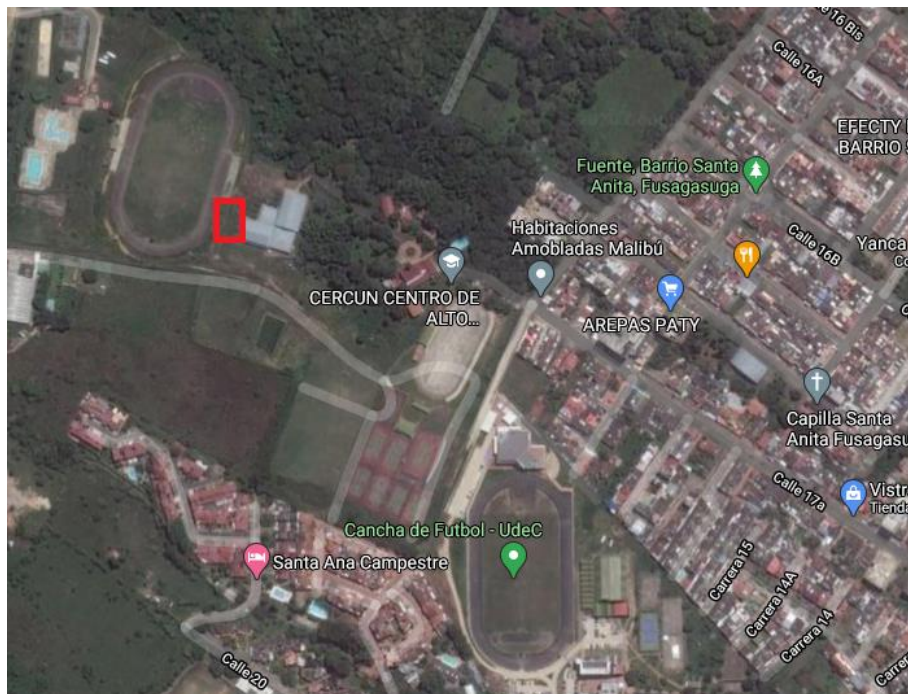
### 3.5 Marco geográfico

El municipio de Fusagasugá está ubicado en la región del Sumapaz en el departamento de Cundinamarca, en la parte superior de la altiplanicie de Chinauta, a sus costados se encuentran los cerros Fusacatan y Quinini. Fusagasugá cuenta con cuatro pisos térmicos, con alturas sobre el nivel del mar desde 550 hasta 3050 metros y tiene una altura promedio de 1728 metros. Tiene una extensión de 239 kilómetros cuadrados, una temperatura promedio de 19°C y se encuentra a 64Km de Bogotá (a una hora aproximadamente).

Límites del municipio de Fusagasugá

- **Por el Norte:** Colinda con Sibaté y Silvania
- **Por el Sur:** Colinda con Pandi, Icononzo y Arbeláez
- **Por el Oriente:** Colinda con Sibaté y Pasca
- **Por el Occidente:** Colinda con Tibacuy y Silvania

**Figura 11:** Macro localización del municipio de Fusagasugá



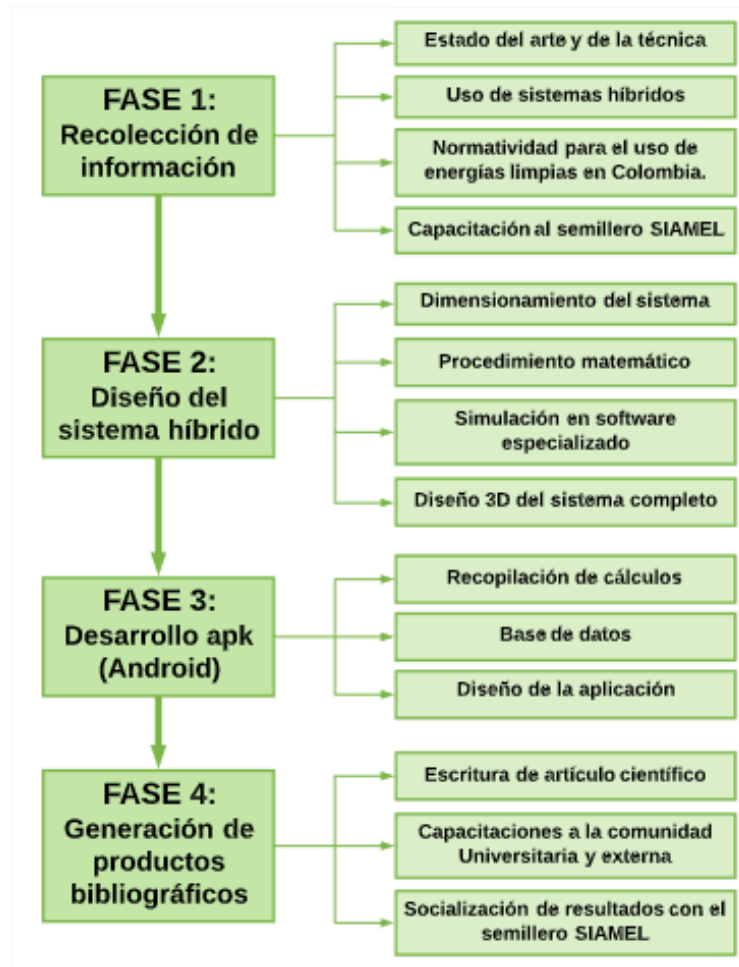
**Fuente:** Google maps (2020)

El sistema de generación de energía eléctrica propuesto se diseñó para la Cra. 24b #198, Fusagasugá, La Serena, predio que actualmente pertenece a la Universidad de Cundinamarca; En el mapa está ubicado donde indica el rectángulo rojo.

## 4. Capítulo 4: Metodología

El contenido del capítulo describe el proceso y base teórica necesaria para el dimensionamiento y diseño del sistema de generación híbrido; El sistema se propone para abastecer la demanda energética de un sistema acuapónico, ubicado en Cercun (predio de la Universidad de Cundinamarca). La metodología de diseño se enfocó en el cumplimiento de los objetivos específicos, por tal razón se estructuró el proyecto mediante cuatro fases: Recolección de información, diseño del sistema híbrido, desarrollo de aplicación móvil (para Android) y generación de productos bibliográficos. En la figura 12 se relaciona y se explica gráficamente la descripción anterior.

Figura 12: Fases del proyecto



*Fuente: Autores*

# **5. Capítulo 5: Plan de trabajo y análisis de resultados**

## **5.1 Plan de trabajo**

Para el desarrollo del sistema híbrido de generación de energía eléctrica, se planteó seguir un proceso que se dividió en cuatro fases:

### **5.1.1 Fase 1: Recolección de información**

Durante la primera fase se realizó la recolección de información relacionada con el uso de sistemas híbridos y/o fotovoltaicos. El análisis del estado del arte, análisis del estado de la técnica, leyes, normas y decretos que regulan el uso de las energías renovables en Colombia. Lo anterior se encuentra plasmado durante el capítulo 3.

### **5.1.2 Fase 2: Diseño del sistema híbrido**

La segunda etapa se conformó por el diseño del sistema híbrido

#### **5.1.2.1 Dimensionamiento del sistema**

Se realizó la estimación de la cantidad de energía eléctrica requerida por el sistema de acuaponía, en donde se tiene una motobomba de 50W que es la encargada de la recirculación del agua, dos cargadores de portátil, cada uno de 150W, un bombillo LED de 18W y los sensores que sumados consumirían alrededor de 10W. Para plasmar dicha información fue necesario realizar el cuadro de cargas como se muestra a continuación:

**Tabla 3:** Cuadro de cargas del sistema acuapónico.

Elemento	Cantidad	Horas de uso	Potencia unitaria (W)	Potencia diaria consumida (W)
Motobomba	1	4	50	200
Cargador de PC 1	1	1	150	150
Cargador de PC 2	1	1	150	150
Bombillo LED	1	10	18	180
Sensores	1	8	10	80
<b>Potencia total</b>				<b>760 W</b>

**Fuente:** Autores

### 5.1.2.2 Procedimiento matemático

Para el desarrollo del sistema híbrido es necesario determinar los parámetros básicos requeridos para el panel fotovoltaico, regulador, inversor y la batería. Se tomo como referencia un artículo de la revista de investigación agraria y ambiental, a través del cual se describe el proceso detallado de diseño e implementación de un sistema de generación híbrido, entre energía fotovoltaica y la red eléctrica en Colombia. [61] Adicionalmente se revisaron los cálculos realizados en el proyecto mediante el cual se comparó el rendimiento energético de un sistema fotovoltaico monocristalino vs policristalino. [7]. Es importante resaltar que las dos fuentes de referencia realizaron el diseño e implementación de cada uno de los sistemas y obtuvieron los resultados esperados. Por lo tanto, fue necesario realizar los cálculos que se muestran a continuación:

Para establecer el rendimiento global del sistema se usó la ecuación 10.

$$PR = (1 - K_b - K_c - K_r - K_v) * \left(1 - \frac{K_a * N}{P_d}\right) \quad (10)$$

Los valores de las constantes se obtuvieron de: [62] Donde;

*K<sub>b</sub>*: Coeficiente de pérdidas por rendimiento en el acumulador. (0,05)

*K<sub>a</sub>*: Fracción de energía que se pierde por autodescarga. (0,005)

*K<sub>c</sub>*: Pérdidas por el rendimiento del inversor. (0,05)

*K<sub>r</sub>*: Pérdidas en el controlador de carga (0,1)

*K<sub>v</sub>*: Otras pérdidas no consideradas anteriormente. (0,05)

*N*: Número de días de autonomía para asegurar un servicio sin carga. (2)

*P<sub>d</sub>*: Profundidad máxima de descarga admisible. (0,6)

$$PR = (1 - 0,05 - 0,05 - 0,1 - 0,05) * \left(1 - \frac{0,005 * 2}{0,6}\right) = 0,75$$

El factor de seguridad es igual a:

$$FS = \frac{1}{PR} \quad (11)$$

Por lo tanto,

$$FS = \frac{1}{0,75} = 1,33$$

La potencia nominal general se calculo por medio de la ecuación 12.

$$PN = \frac{FS * C}{R} \quad (12)$$

Donde;

*PN = Potencia nominal general*

*FS = Factor de seguridad*

*R = Rendimiento global*

*C = Consumo del sistema*

*PR = Valor de radiacion del mes con menor incidencia*

Al sustituir los parámetros de la ecuación (12), se empleó el valor de la radiación más bajo para Fusagasugá, de 4,06 que se presenta durante el mes de abril, dicho dato se obtuvo de la plataforma meteorológica y de energía solar de la NASA (Figura 13)

**Figura 13: Promedio de radiación mensual Fusagasugá**

	Ene	Feb	Mar	Abl	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Días mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Declinación	-21.27°	-13.62°	-2.02°	9.78°	19.26°	23.39°	21.18°	13.12°	1.81°	-10.33°	-19.6°	-23.4°
N° día/año	15	45	76	106	137	168	198	229	259	290	321	351
Elevación solar	64.39°	72.04°	83.64°	95.44°	104.92°	109.05°	106.84°	98.78°	87.48°	75.33°	66.06°	62.26°
Inclinación optima	25.61°	17.96°	6.36°	5.44°	14.92°	19.05°	16.84°	8.78°	2.52°	14.67°	23.94°	27.74°
rad_glo_hor	4.72	4.56	4.4	4.06	4.16	4.16	4.09	4.15	4.5	4.33	4.27	4.43
rad_glo_op	5.18	4.78	4.43	4.08	4.3	4.39	4.27	4.21	4.51	4.47	4.64	4.94
FI	0.99	1	0.99	0.99	1	1	1	1	0.98	1	0.99	0.98
HSP/día	5.13	4.78	4.39	4.04	4.3	4.39	4.27	4.21	4.42	4.47	4.59	4.85
HSP/mes	159.03	133.84	136.09	121.2	133.3	131.7	132.37	130.51	132.6	138.57	137.7	150.35
Temp dia max	22.8°	23.15°	23.07°	22.44°	22.15°	21.44°	21.59°	22.89°	23.69°	23.03°	22.44°	22.35°
Consu/HSP día	252.35	270.83	294.89	320.44	301.06	294.89	303.18	307.5	292.89	289.61	282.04	266.92

**Fuente:** NASA (Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio).

$$PN = \frac{1,33 * 760W / dia}{4,06} = 248.96W$$

### **Batería**

La capacidad de la batería se calculó por medio de la ecuación 13:

$$CB = \frac{PN * AT}{PD} \quad (13)$$

Donde;

*CB = Capacidad de la batería*

*AT = Dias de autonomía del sistema*

*Profundidad de descarga de la batería*

Para el desarrollo del proyecto se escogió una batería con una profundidad de descarga del 80% y dos días de autonomía, durante los cuales las cargas del sistema acuapónico operan por medio de ciclos de tiempo, es decir se activan ocasionalmente.

$$CB = \frac{248,96 * 2}{0,8} = 650,49W$$

Para calcular la corriente mínima de la batería se eligió un voltaje nominal (Vn) de 12V, debido a que el consumo es relativamente pequeño.

$$I_{min} = \frac{CV}{V} = \frac{650,49W}{12V} = 54,20AH \quad (14)$$

La batería que el sistema propuesto requiere debe ser de ciclo profundo de 12V, por lo tanto, se propone una batería de 12V - 55AH (Ver anexo 1)

### **Panel**

La cantidad de paneles que requiere el sistema se calcula por medio de la ecuación (15).

$$CP = \frac{C * FS}{HSP * Pp} \quad (15)$$

Donde;

*CP = Cantidad de paneles*

*HSP = Hora solar pico de la zona*

*Pp = Potencia del panel*

Luego de haber establecido el voltaje nominal del sistema, se propone usar un panel de tipo monocristalino de 340W (Ver anexo 2).

$$CP = \frac{760W * 1,33}{4,04 * 340W} = 0,76$$

Por lo tanto, el sistema requiere un solo panel.

### **Regulador**

La corriente en generación del regulador se encuentra por medio de la ecuación (16).

$$IRG = FS * CP * ISC \quad (16)$$

Donde;

*IRG = Corriente del regulador en generacion*

*ISC = Corriente en corto circuito del panel*

Reemplazando se tiene:

$$IRG = 1,33 * 1 * 9,24A = 12,84A$$

La corriente en consumos del regulador se obtiene mediante la ecuación (17).

$$IRC = \frac{FS * C}{VN} = 44,01 \quad (17)$$

### **Inversor**

Para calcular la potencia mínima necesaria del inversor se usa la ecuación (18).

$$P_{min} = SC * 1,2 = 453,6W \quad (18)$$

El regulador e inversor propuesto se encuentra en los anexos (Ver anexo 3)

#### **5.1.2.3 Simulación en software especializado**

Para la simulación del sistema híbrido se escogieron tres softwares especializados (PVsyst, PVSOL y calculation solar), los cuales se trabajaron en la versión de prueba gratuita. Adicionalmente se realizó la simulación en HOMER, pero fue un proceso complejo, puesto que en la versión gratuita no permite variar drásticamente las cargas, ni modificar los parámetros de los elementos, lo que no permitió simular

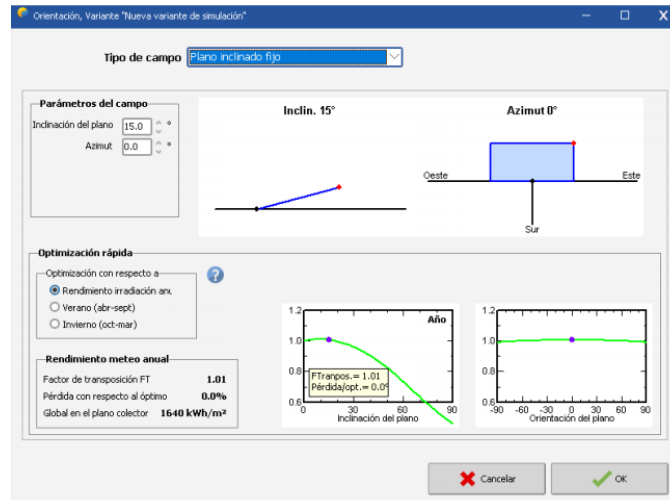
de forma exacta el sistema propuesto. A continuación, se explica el procedimiento y se muestran los resultados:

## PVsyst

El software PVsyst tiene una base de datos muy amplia, que permite elegir diversos componentes usados en una instalación comercial y también da la opción de añadir sus propios componentes; Adicionalmente cuenta con una base meteorológica fiable (Base de datos de la NASA), lo que permite dimensionar la instalación en función de la ubicación y calcular la inclinación y orientación óptima para el sistema. Este programa es muy usado para el diseño de instalaciones fotovoltaicas conectadas y aisladas de la red eléctrica, en este caso se simuló un sistema conectado a la red.

En primer lugar, se añadieron algunos componentes que se pretenden usar para el sistema y no se encontraban disponibles en la base de datos del programa. Luego se colocaron las características de la carga y se procedió a simular modificando el ángulo de inclinación para encontrar el punto máximo de aprovechamiento, el cual se encuentra con una inclinación de  $15^\circ$ . El tipo de campo seleccionado es de un plano inclinado fijo, como se muestra en la figura 14.

**Figura 14:** Selección del ángulo óptimo.

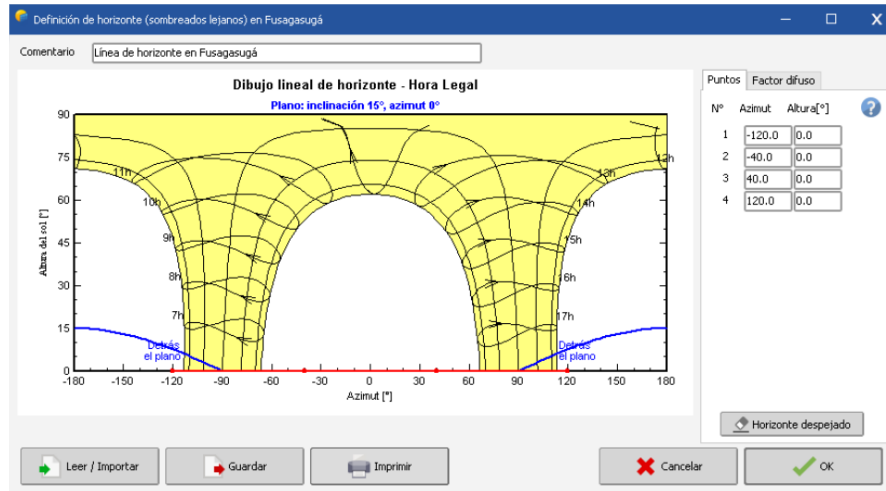


**Fuente:** Interfaz PVsyst

El horizonte para el sitio propuesto este dado por la figura 15, que simula la altura del sol versus el azimut, que para este caso se escogió un azimut de  $0^\circ$ .



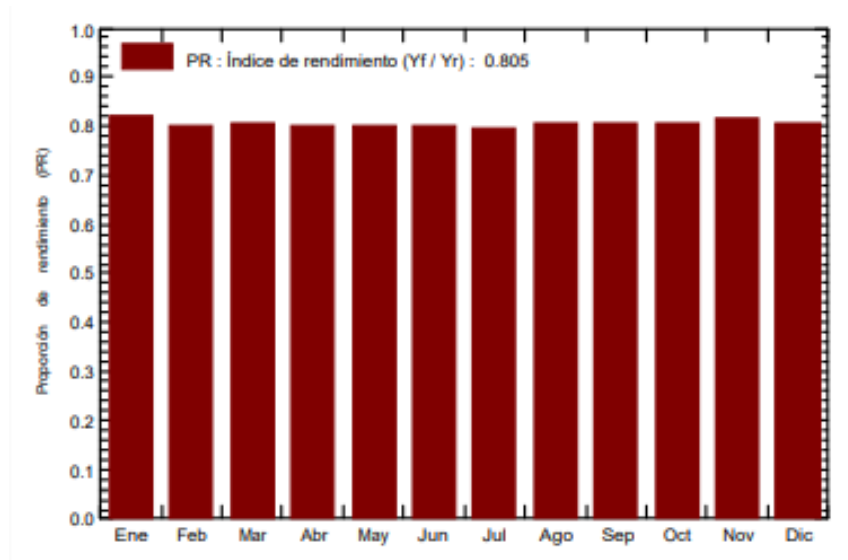
**Figura 15: Horizonte de Fusagasugá.**



Fuente: Interfaz PVsyst

Como resultado se obtuvo que los componentes del sistema propuesto son óptimos y se tiene una proporción de rendimiento del 80.51%, como se muestra en la figura 16.

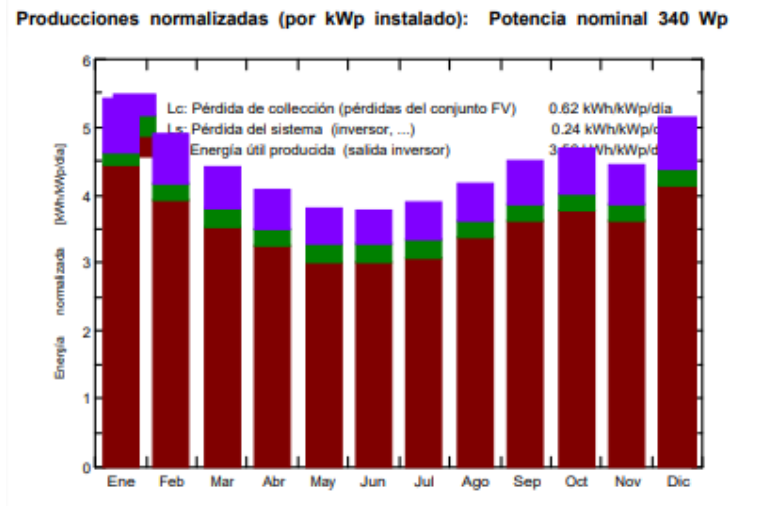
**Figura 16: Proporción de rendimiento.**



Fuente: Informe de simulación de PVsyst

En la figura 17 se representa la producción total y las pérdidas que presenta el sistema durante todo el año; En color azul se encuentran las pérdidas del conjunto fotovoltaico, en verde las pérdidas del sistema en el inversor y en color café se encuentra representada la energía disponible con la que contara el sistema.

**Figura 17: Grafica de producción energética del sistema.**



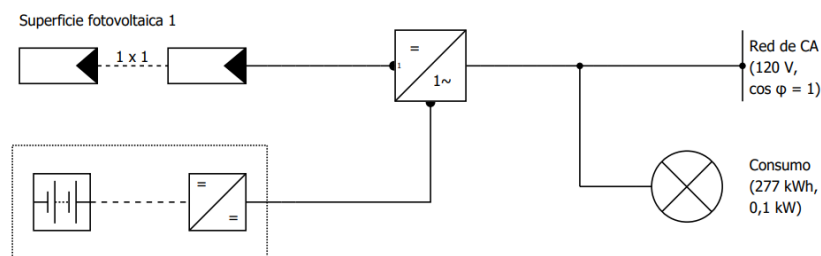
**Fuente:** Informe generado por PVsyst

El informe completo obtenido de la simulación se puede encontrar en los anexos. (Ver anexo 4).

### PVSOL

PVSOL es un programa de simulación para sistemas fotovoltaicos, que también permite realizar un cálculo de la rentabilidad del sistema. Es un software limitado para la versión de prueba, que no permite descargar el informe detallado, sin embargo, permite visualizar los resultados de la simulación. A continuación, se muestra el esquema eléctrico que representa el sistema propuesto

**Figura 18:** Esquema eléctrico del sistema híbrido.

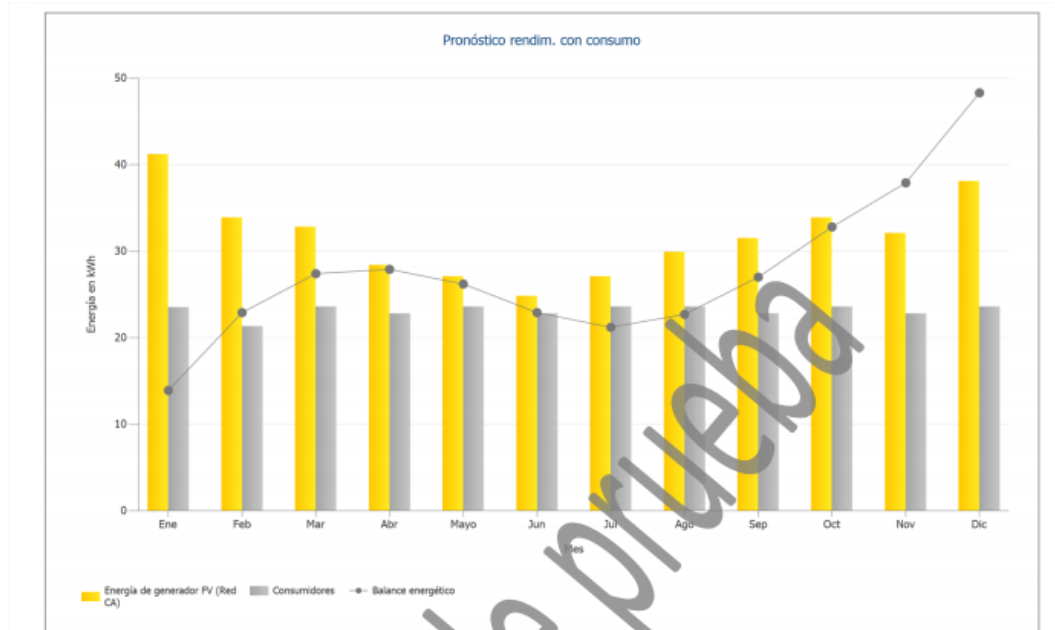


**Fuente:** Esquema eléctrico en PVSOL (Ver anexo 5)

Para esta simulación se seleccionó un esquema de un sistema conectado a la red eléctrica, después se seleccionó la ubicación y se obtuvieron automáticamente los parámetros de radiación de la base de datos del software, posteriormente se ingresó el valor de las cargas en KW/año y luego se ingresaron las características de los dispositivos propuestos, se procedió a simular en donde se evidencio que el

rendimiento de la instalación es del 66,6% que se puede corroborar en el informe obtenido del simulador (Ver anexo 6) .

**Figura 19: Pronostico rendimiento de consumo**



**Fuente: Informe PVSOL**

En la figura 19 se muestra el pronóstico de rendimiento de consumo durante todo un año, en donde se representa el balance energético mediante la línea (punteada) de color gris, el color amarillo muestra la cantidad de energía producida por el sistema y la barra de color gris representa el consumo energético del sistema; Evidenciando que para los meses de abril, mayo y junio la producción total estará muy cerca al consumo del sistema, esto se debe a que las radiaciones más bajas se presentan durante esos meses.

### **Calculation Solar**

Calculation Solar es una página web que permite revisar el comportamiento del sistema y a su vez modificar los elementos que se pretenden usar, es una aplicación muy útil e interactiva con el usuario, además usa mapas de radiación fiables (Mapas de radiación de la NASA), en este caso las cargas se colocaron de forma independiente como se muestra en la figura 20.

**Figura 20:** Cuadro de cargas sistema acuapónico.

**CONSUMOS.**

Se calcula el consumo a partir del uso de los electrodomésticos y la iluminación por día. A continuación se muestra las tablas de elementos existentes y sus consumos:

Consumo electrodomesticos (día)				
Aparato	Horas	Energía	Total	
CARGADOR PC1	1	150 W	150 Wh	
SENSORES	8	10 W	80 Wh	
BOMBA	4	50 W	200 Wh	
CARGADOR PC2	1	150 W	150 Wh	
<b>TOTAL</b>			<b>580 Wh/d</b>	

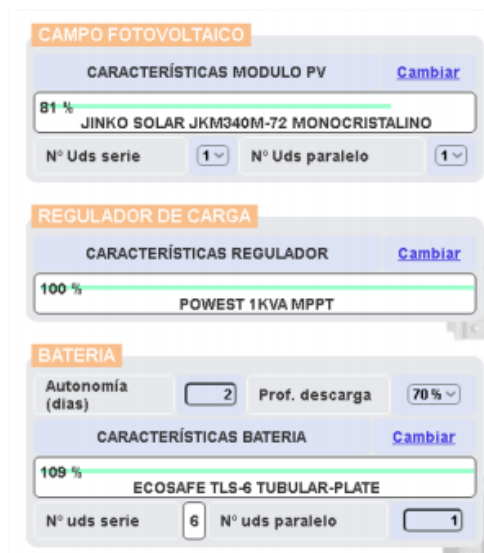
Consumo por Iluminación (día)				
Tipo	Nº	Horas	Energía	Total
BOMBILLO	1	10	18 W	180 Wh
<b>TOTAL</b>			<b>180 Wh/d</b>	

**TOTAL ENERGIA TEORICA DIARIA 760 WH/DIA**

**Fuente:** Informe Calculation Solar

Posteriormente se seleccionaron y añadieron al sistema los componentes propuestos anteriormente como se muestra en la figura 21.

**Figura 21:** Selección de componentes del sistema.

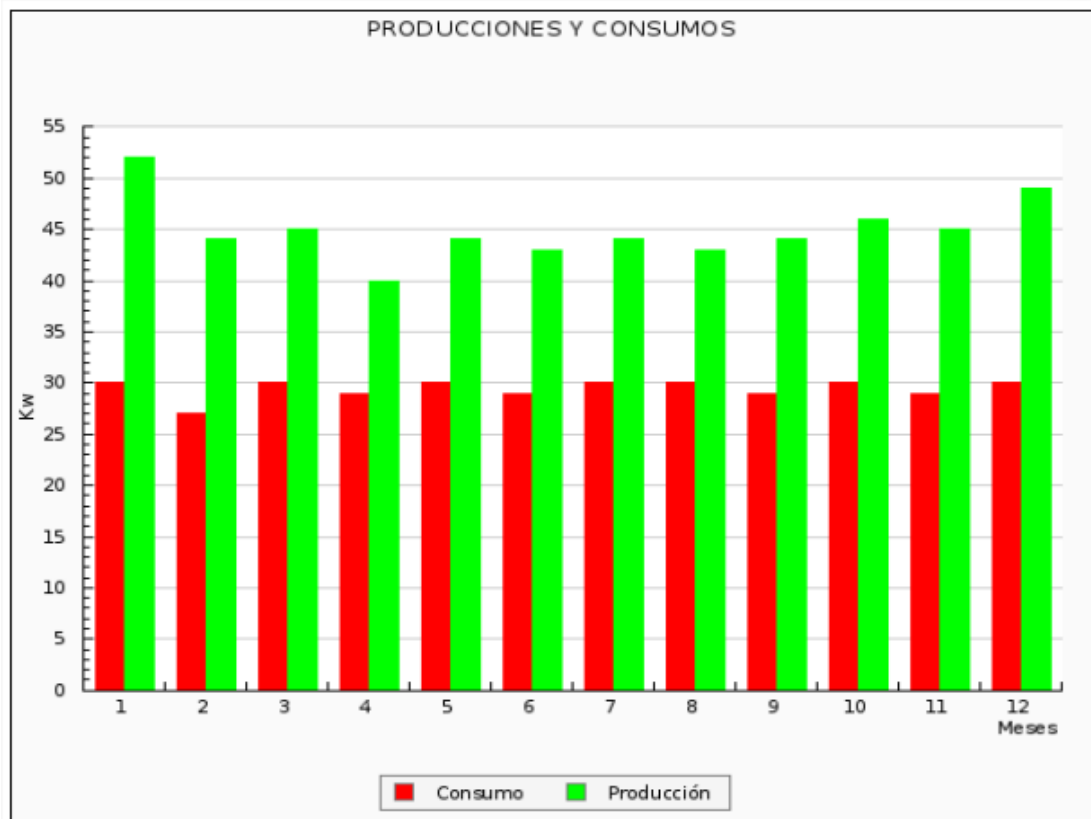


**Fuente:** Calculation Solar

El rendimiento general del sistema que se obtuvo durante esta simulación fue de 78,67%, un valor muy cercano al teórico que se calculó anteriormente. Se usaron

los valores del mapa de radiación del mes menos favorable (abril). La figura 22 que se muestra a continuación compara la energía producida por el sistema fotovoltaico, con la energía consumida por el sistema durante un periodo de 12 meses, pero no se tienen en cuenta las pérdidas de este.

**Figura 22:** Producción y consumo del sistema



**Fuente:** Informe Calculation Solar

El informe completo obtenido de la simulación en CALCULATION SOLAR se encuentra en los anexos (Ver anexo 7)

El sistema diseñado anteriormente no cuenta con un sistema de protección (pararrayos), pero se recomienda emplear uno al momento de la instalación del sistema híbrido de generación de energía eléctrica, puesto que las condiciones ambientales actuales son muy variables e inestables y si el sistema no cuenta con una protección podría sufrir una descarga eléctrica en cualquier momento.

Adicionalmente se estimó el ciclo de vida útil del sistema por medio de los simuladores anteriormente mencionados y en donde se obtuvo del simulador

PVsyst que la batería tendría una duración de 8 años, pero no se mencionó el sistema en general:

<b>Resultados principales de simulación</b>			
Producción del sistema	<b>Energía producida</b>	<b>441.6 kWh/año</b>	Prod. específica 1299 kWh/kWp/año
	Proporción de rendimiento (PR)	80.51 %	Fracción solar (SF) 0.16 %
Envejecimiento de la batería (Estado de desgaste)	Steps SOW	99.9%	SOW estático 87.5%
	Duración de vida de batería	8.0 años	

Por otra parte, en Calculation Solar se logró establecer que el ciclo de vida útil del sistema será de 12 años, pero no se evidencia el procedimiento matemático debido a que se usó la versión de prueba gratuita.

#### CICLO DE VIDA ÚTIL DEL SISTEMA

Elementos	Fabricante	Condiciones optimas
Modulo tipo -JINKO SOLAR JKM340M-72 PLUS MONOCRISTALINO	25 años	50 años
Regulador tipo - POWEST 1KVA MPPT	25 años	30 años
Bateria tipo - TB PLUS TB12-55 FLAT PLATE	6 años	13 años
Inversor tipo -POWEST MPPT	10 años	15 años
Instalación eléctrica	18 años	22 años

Para el calculo de la duración del sistema fotovoltaico, se ha tenido en cuenta, la garantía del fabricante y la mayor vida útil posible.

De lo que se desprende, que, el sistema durara 12 años.

#### 5.1.2.4 Diseño 3D del sistema

Por último, se realizó el diseño de los sistemas híbrido y acuapónico en tercera dimensión 3D en el software sketchUp 2020, usando como referencia del sistema acuapónico la figura 23, la cual muestra el sistema que está implementado en los predios de la Universidad de Cundinamarca (Cercun).

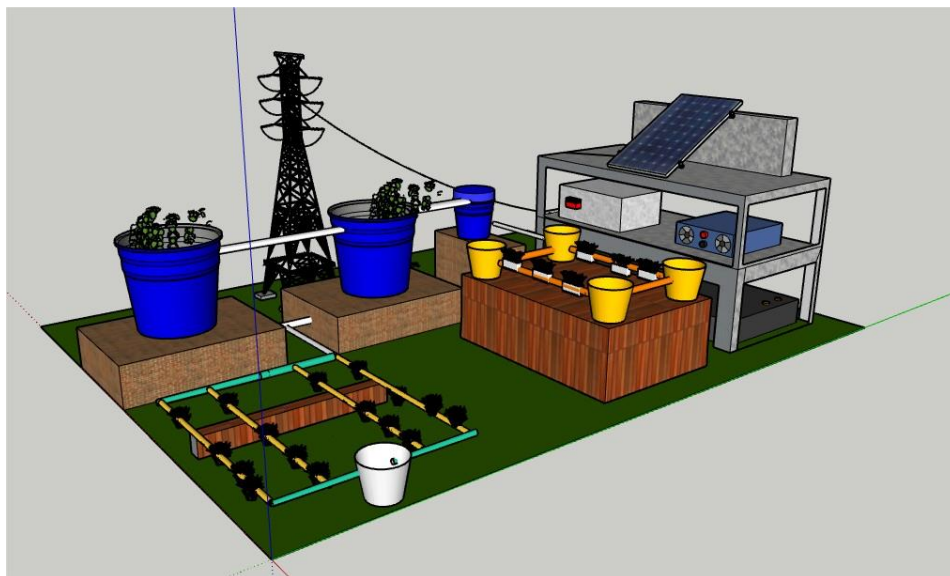
**Figura 23:** Sistema acuapónico implementado en Cercun.



**Fuente:** Autores

En la figura 24 se muestra el diseño 3D de todo el sistema, en donde se representó gráficamente el sistema acuapónico visto anteriormente y el sistema híbrido propuesto. A continuación, se muestra sistema en tercera dimensión de forma frontal

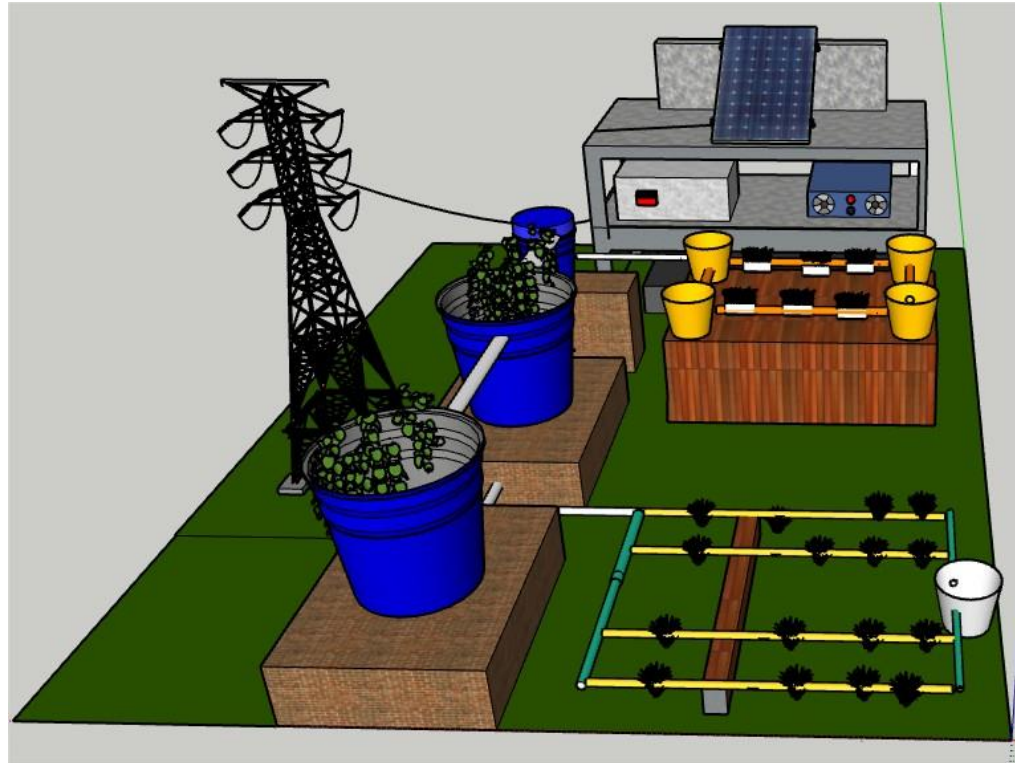
**Figura 24:** Diseño 3D de forma frontal.



**Fuente:** Autores.

En la figura 25 se muestra el diseño 3D de forma lateral.

**Figura 25:** Diseño 3D de forma lateral.



*Fuente: Autores.*

### 5.1.3 Fase 3: Desarrollo de una aplicación móvil (Android)

A continuación, se presentan los requerimientos del sistema:

**Tabla 4:** Definiciones, acrónimos y abreviaturas.

Nombre	Descripción
RF	Requerimiento Funcional.
RNF	Requerimiento No Funcional.

**Tabla 5:** Características de los usuarios

Tipo de usuario	Actividades
Administrador	Administración y diseño del sistema en general
Usuario	Dimensionar sistemas fotovoltaicos lineales medianos y pequeños



**Tabla 6: Requerimientos funcionales**

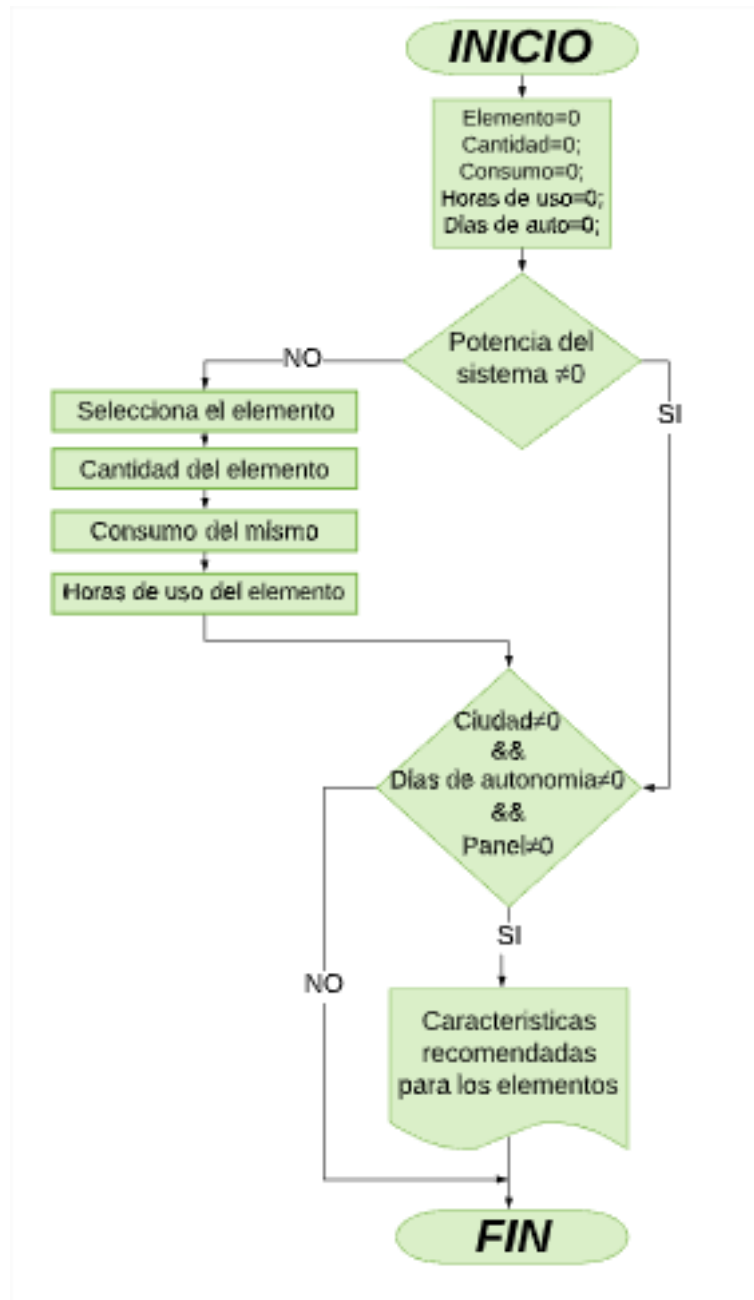
Identificación	Nombre	Características	Descripción	Prioridad
RF-1	Gestión de cargas	El sistema debe permitir la gestión de las cargas del sistema.	El sistema debe permitir la elección y/o modificación de las cargas elegidas por el usuario.	Alta
RF-2	Gestión de ubicación	El sistema debe permitir la elección de la ubicación de la ubicación de un listado creado.	El sistema debe permitir la elección y/o modificación de la ubicación seleccionada.	Alta
RF-3	Gestión de panel solar	El sistema debe permitir la elección del panel de un listado creado.	El sistema debe permitir la elección y/o modificación del tamaño del panel.	Alta
RF-4	Gestión de autonomía	El sistema debe permitir gestionar los días de autonomía del sistema.	El sistema debe permitir la elección y/o modificación de la cantidad de días de autonomía del sistema.	Alta

**Tabla 7: Requerimientos no funcionales**

Identificación	Nombre	Características	Descripción	Prioridad
RNF-1	Interfaz del sistema	El sistema debe tener una interfaz para dispositivos Android.	Los usuarios de Android podrán usar la aplicación.	Alta
RNF-2	Documentación	Es necesario tener un manual de usuario para el debido manejo de la aplicación.	Se debe proporcionar la información detallada y ordenada para que el usuario pueda usar la aplicación correctamente.	Alta

La aplicación realizada permite el realizar el dimensionamiento de pequeños y medianos sistemas fotovoltaicos, que tengan cargas lineales. El nombre que se escogió para la aplicación es SolarUDEC y tiene el logo del semillero SIAMEL (Semillero de investigación en agronómica, medio ambiente y energías limpias).

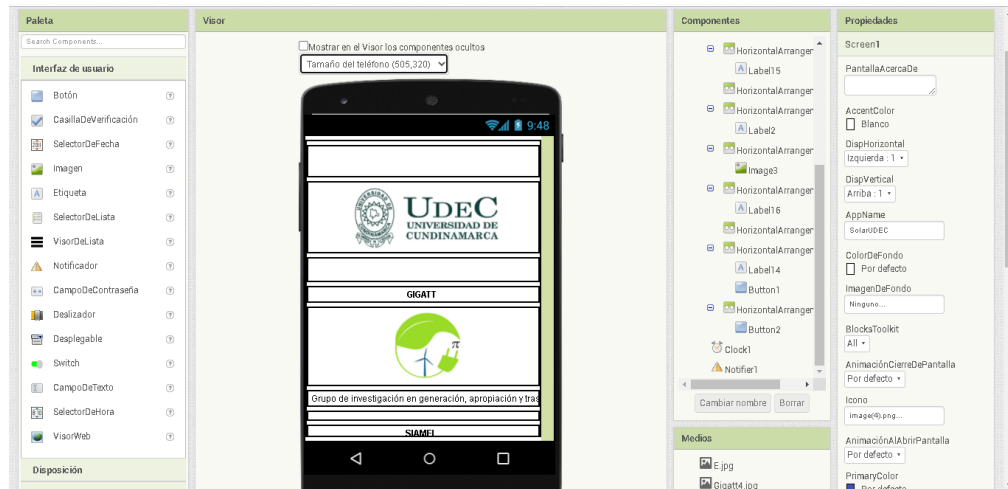
El funcionamiento de la aplicación se basa en realizar el cuadro de cargas del sistema que se propone, por medio del elemento seleccionado, la cantidad del mismo elemento, el consumo y las horas de uso; posteriormente el usuario selecciona la ciudad, los días de autonomía que desea para el sistema y el panel y la aplicación le muestra las características de los elementos sugeridos.



La aplicación se desarrolló por medio de App Inventor 2, que es un entorno de desarrollo de software creado por el MIT (Instituto Tecnológico de Massachusetts)

y que fue adoptada por Google. En la figura 26 se muestra la primera ventana de la aplicación en el entorno de diseño, en dicha ventana se presenta la información de los desarrolladores y los logos institucionales.

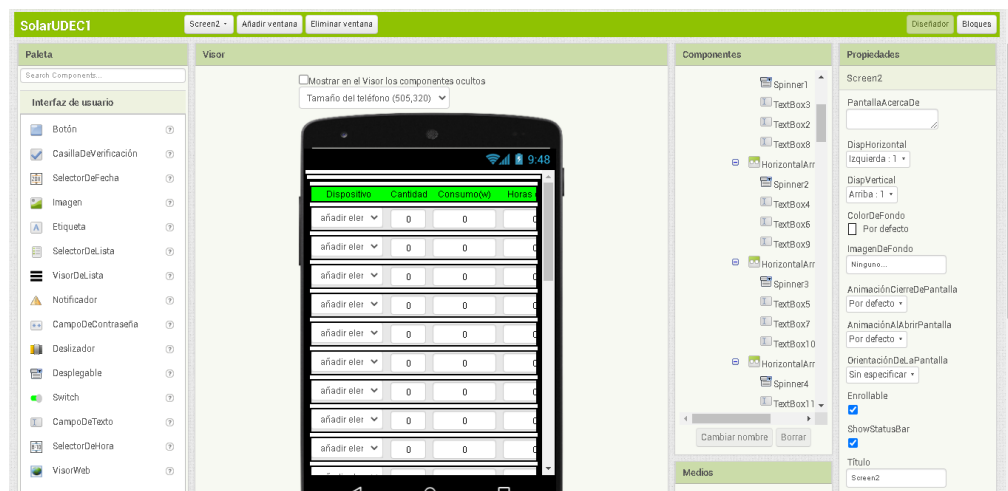
**Figura 26:** Entorno de diseño primer ventana de la aplicación.



**Fuente:** Autores

En la figura 27 se muestra la segunda ventana en la que el usuario visualizará el cuadro de cargas de su sistema, en donde podrá escoger de un listado de elementos los que desea usar (máximo 25 dispositivos), luego ingresará la cantidad de elementos de la misma referencia que desee colocar en su sistema, el consumo del dispositivo y las horas de uso.

**Figura 27:** Entorno de diseño segunda ventana de la aplicación.



**Fuente:** Autores

La aplicación móvil no necesita acceso a internet, puesto que tiene su propia base de datos, para la que se usaron los mapas de radiación solar de la NASA, de donde se escogieron 10 ciudades de Colombia; el usuario podrá elegir su ubicación de ese listado. En la tabla x se presenta la información de HSP (hora solar pico) y radiación (del mes más bajo) en cada una de las ciudades elegidas. En los anexos se puede encontrar el informe general por ciudad de radiación y hora solar pico (Ver anexos 8 y 9).

**Tabla 8:** Radiación y hora solar pico en las ciudades.

LUGAR	RAD	HSP/DIA
Fusagasugá	4,06	4,04
Bogotá	4,78	4,81
Ibagué	4,6	4,68
Barranquilla	5,44	5,91
Manizales	4,54	4,77
Medellín	4,16	4,35
Cali	3,82	4,02
Cartagena	4,68	4,73
Soacha	4,82	4,81
Armenia	4,12	4,33

**Fuente:** Nasa

La aplicación le permite al usuario elegir de un listado el tamaño del panel que pretende usar; el datasheet de cada panel se puede encontrar en los anexos (Ver anexos 10, 11, 12, 13 y 2). Las tablas presentadas a continuación muestran los parámetros básicos de los paneles solares que se encuentran en la base de datos de la aplicación.

Donde;

***Pmax = Potencia maxima del panel***

***Vnom = Voltaje nominal del panel***

***Vpm = Voltaje a maxima potencia***

***Ipm = Intensidad a maxima potencia***

***Voc = Voltaje en circuito abierto***

***Isc = Intensidad en corto circuito***

**Tabla 9:** Características generales panel de 50W

Pmax	50 W
Vnom	12 V
Vpm	17.56V
Ipm	2,85 A
Voc	21,6 V
Isc	3,41 A

**Fuente:** Datasheet Panel 50W

**Tabla 10:** Características generales panel de 100W

Pmax	100 W
Vnom	12 V
Vpm	18 V
Ipm	5,56 A
Voc	21,6 V
Isc	5,89 A

**Fuente:** Datasheet panel 100W

**Tabla 11:** Características generales panel de 200W

Pmax	200 W
Vnom	12 V
Vpm	24,6 V
Ipm	8,13 A
Voc	30 V
Isc	8,56 A

**Fuente:** Datasheet panel 200W

**Tabla 12:** Características generales panel de 300W

Pmax	300 W
Vnom	12 V
Vpm	37.23 V
Ipm	8.06 A
Voc	44.71 V
Isc	8.947 A

**Fuente:** Datasheet panel 300W

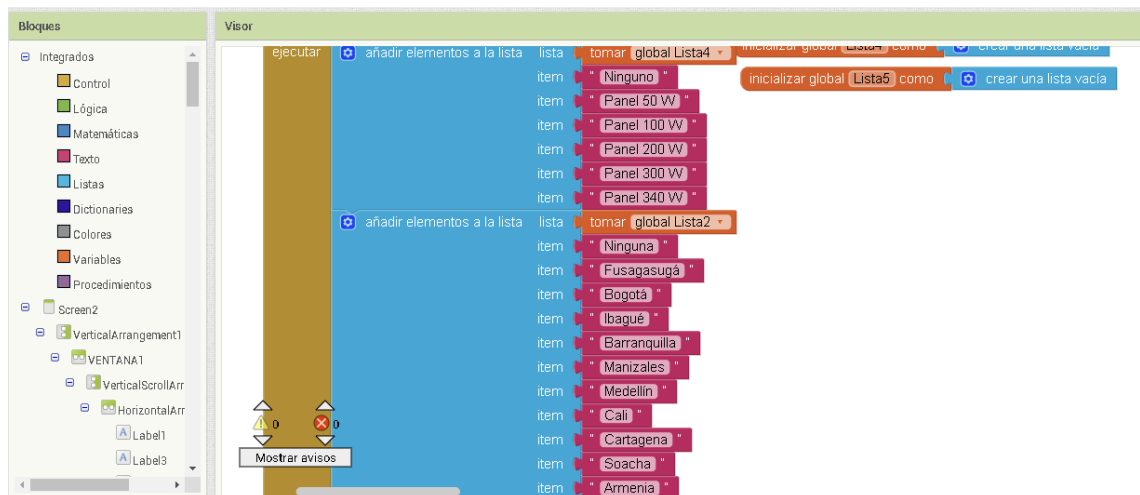
**Tabla 13:** Características generales panel de 340W

Pmax	340 W
Vnom	12 V
Vpm	38,7 V
Ipm	8,79 A
Voc	47,1 V
Isc	9,24 A

**Fuente:** Datasheet panel 340W

En la figura 28 se presenta la interfaz de mi App inventor 2 en el entorno de diagrama de bloques.

**Figura 28:** Entorno de bloques de aplicación para dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos.



**Fuente:** Autores

En la figura 29 se presenta un ejercicio de aplicación usando la aplicación desarrollada, en donde se evidencia que la aplicación muestra los parámetros requeridos por cada componente del sistema (Panel fotovoltaico, batería, inversor y regulador).

**Figura 29: Interfaz aplicación SolarUDEC.**

**Ventana 1: Información institucional**

**Ventana 2: Cuadro de cargas**

Dispositivo	Cantidad	Consumo(w)	Horas de uso diario
Moto..	1	50	4
Carg..	1	150	1
Carg..	1	150	1
Bom..	1	18	10
Seca..	1	10	8
Ning..	0	0	0
Ning..	0	0	0
Ning..	0	0	0
<b>Total Consumido Diario (W)</b>		<b>760 w</b>	

**Ventana 3: Dimensionamiento del sistema**

Selección de ciudad: Fusagasugá  
 Selección de panel: Panel 340 W  
 Días de autonomía: 2

**CARACTERÍSTICAS DEL PANEL SOLAR**

Pmax: 340 W  
 Vnom: 24 V  
 Vpm: 38.7 V  
 Ipm: 8.79 A  
 Vos: 47.1 V  
 Isc: 9.24 A

**CANTIDAD DE PANELES NECESARIOS**: 1

**REGULADOR RECOMENDADO**  
 IRG: 12.8436 A  
 IRC: 44.01667 A

**INVERSOR REQUERIDO**  
 Pmin: 453.6 W

**BATERÍA RECOMENDADA**  
 CB: 650.49261W  
 Imin: 54.20772 A

**Fuente: Autores.**

Adicionalmente se realizó un manual de uso para la aplicación móvil (Ver anexo 14) y en la figura 30 se encuentra la evidencia de la postulación de registro de software ante la DIRECCION NACIONAL DE DERECHO DE AUTOR, el cual tiene un radicado: No 1-2020-130816.

**Figura 30: Postulación de la apk a la dirección nacional de derecho de autor.**

**REPUBLICA DE COLOMBIA**  
**MINISTERIO DEL INTERIOR Y DE JUSTICIA**  
**DIRECCION NACIONAL DE DERECHO DE AUTOR - UAE**  
**OFICINA DE REGISTRO**

**SOLICITUD INSCRIPCION SOPORTE LÓGICO**  
**CONFIRMACION DE DATOS**

**1. DATOS DEL AUTOR O AUTORES:**

Documento Identidad	Nombres	Apellidos	Dirección	Ciudad de Domicilio
93134643	FAIDER HUMBERTO	BARRERO SANCHEZ	BARRIO SAN MATEO CONJUNTO TORRES DE SANTA ANA TORRE 3 APTO 601	BOGOTÁ D.C.
1069766372	Karen Alejandra	Venegas Cardenas	Calle 29#10-60 Barrio Nuevo Salmorral	FUSAGASUGA
1069766383	María Alejandra	María Cardona	Carrera 9# 08-77 Barrio el Estadio Viridiana	NEIVA
11926333	CESAR AUGUSTO	CASAS BLAZ		FUSAGASUGA
1992746	EDWIN	PALACIOS YEPEZ	DIAGONAL 18 NO. 20-29	FUSAGASUGA

**2. DATOS DEL PRODUCTOR O PRODUCTORES:**

Documento NIT	Nombres / Razón Social	Dirección	Ciudad de Domicilio
93134643	FAIDER HUMBERTO BARRERO SANCHEZ	BARRIO SAN MATEO CONJUNTO TORRES DE SANTA ANA TORRE 3 APTO 601	BOGOTÁ D.C.

**3. DATOS DE LA OBRA:**

Título: PROTOTIPO DE UN SISTEMA PARA EL UN SISTEMA HIBRIDO DE GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA "SHKDE" PARA IMPLEMENTACION EN UN SISTEMA DE ALIAPONIA EN EL MUNICIPIO DE FUSAGASUGA, CUNDINAMARCA

Descripción: La aplicación realizada permite el realizar el dimensionamiento de pequeños y medianos sistemas fotovoltaicos, que tengan cargas lineales. El nombre que se escogió para la aplicación es SolarUDEC y tiene el logo del semillero SIAMEL (Semillero de Investigación en agrónoma, medio ambiente y energías limpias), la aplicación se diseñó por medio de App Inventor 2.

Año de Creación: 2020  
 País de origen: COLOMBIANO

OBRA INEDITA  OBRA EDITADA

Carácter de la Obra:

1. Por participación de autores

OBRA INDIVIDUAL  OBRA EN COLABORACION  OBRA COLECTIVA

2. Por su origen

OBRA ORIGINARIA  OBRA DERIVADA  OBRA POSTUMA

3. Por la forma en que se da a conocer el autor:

OBRA ANÓNIMA  OBRA SEUDÓNIMA

4. Por su forma de elaboración

OBRA POR ENCARGO  FUNCIONARIO PÚBLICO EN EJERCICIO DE SUS FUNCIONES  DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

MATERIAL AUXILIAR  PROGRAMA DE COMPUTADOR

**Fuente: Autores**

## 5.1.4 Fase 4: Generación de productos bibliográficos

### 5.1.4.1 Escritura artículo

Se escribió un artículo científico en el que se describe el diseño y la simulación del sistema híbrido propuesto en este trabajo, el cual se realizó con normas IEEE y tiene una extensión de nueve páginas. En los anexos se encuentra el artículo científico realizado (Ver anexo 16). El artículo se postulará a una revista indexada.

### 5.1.4.2 Capacitaciones a la comunidad universitaria y externa

Se realizaron cuatro capacitaciones, en donde abarcaron principalmente los temas de energías convencionales y energías no convencionales (energías renovables), resaltando en cada una de las charlas la importancia de fomentar la implementación de fuentes de generación de energía limpia, para mitigar el cambio climático. Además, se socializó el desarrollo del presente proyecto y posteriormente se realizaron talleres educativos para enseñarle a la comunidad a dimensionar su propio sistema fotovoltaico (Cálculos teóricos y dimensionamiento por medio de la aplicación desarrollada). Adicionalmente se realizaron encuestas para conocer la percepción de las personas antes y después de la capacitación y por medio de esto evidenciar el nivel de impacto de cada una de las capacitaciones realizadas, los análisis de las encuestas se encuentran al igual que lo anteriormente mencionado se encuentra en la nube, para acceder a esa información (Ver anexo 18). En la tabla 10 se presentan los detalles de las capacitaciones.

**Tabla 14:** Capacitaciones realizadas a la comunidad.

SOCIALIZACIONES REALIZADAS						
COMUNIDAD	FECHA	LUGAR	HORA	Nº DE ASISTENTES	AUXILIARES	SEMILLERISTA
Semilleristas: Semillero de investigación en agronomía, medio ambiente y energías limpias - SIAMEL	4/05/2020	Fusagasugá, Cundinamarca	6:15 p. m.	Quince (15)	Karen Venegas Cárdenas Daniela Mariés Caicedo	
Docentes: Institución departamental rural de subía	2/11/2020	Subía, Cundinamarca	5:00 p. m.	Veintiséis (26)	Karen Venegas Cárdenas Daniela Mariés Caicedo	Juanita Quiroz Olivella
Aprendices SENA: Centro de industria y construcción	5/11/2020	Ibagué, Tolima	7:00 a. m.	Veintitrés (23)	Karen Venegas Cárdenas Daniela Mariés Caicedo	Juanita Quiroz Olivella
Estudiantes noveno y décimo: Institución educativa departamental venecia	6/11/2020	Venecia, cundinamarca	1:00 p. m.	Veintidós (22)	Karen Venegas Cárdenas Daniela Mariés Caicedo	Andrés Felipe Caro Muñoz
Socialización de resultados al Semillero de investigación en agronomía, medio ambiente y energías limpias - SIAMEL	24/09/2020	Fusagasugá, Cundinamarca	6:00 p. m.	Quince (15)	Karen Venegas Cárdenas Daniela Mariés Caicedo	

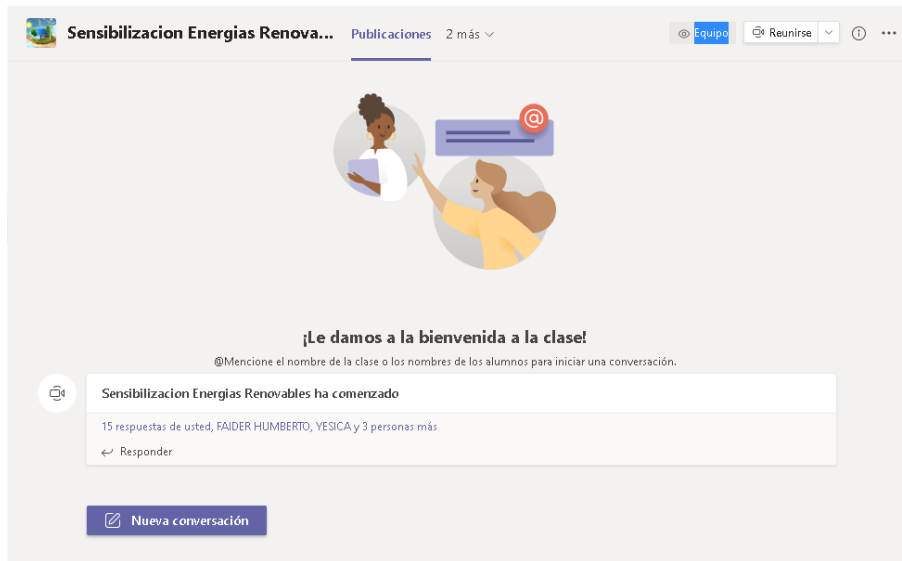
**Fuente:** Autores



A continuación, se muestran las evidencias del trabajo realizado con la comunidad:

- ✚ **Capacitación 1 del 9 de julio de 2020:** Se realizó la capacitación y sensibilización por medio de la herramienta TEAMS, a los estudiantes activos que hacen parte del semillero de investigación en agronómica, medio ambiente y energías limpias.

**Figura 31:** Capacitación 1 al Semillero SIAMEL



**Fuente:** Autores

- ✚ **Capacitación 2 del 2 de noviembre de 2020 a las 5pm:** La segunda capacitación se realizó al grupo de docentes de la Institución Educativa Departamental Rural de Subia, por medio de la plataforma ZOOM.

**Figura 32:** Capacitación 2 al grupo de docentes IEDR de Subia.



**Fuente:** Autores

- Capacitación 3 del 6 de noviembre de 2020 a las 7 a.m:** La tercera capacitación se realizó por ZOOM a un grupo de aprendices del SENA (Servicio Nacional de Aprendizaje), que participaron de forma activa en el desarrollo del taller que se planteó, en donde se realizaron los cálculos teóricos y posteriormente se comprobaron haciendo uso de la aplicación desarrollada.

**Figura 33:** Capacitación 3 grupo de aprendices SENA.

**Calculo de la batería**

El factor de seguridad del sistema = 1,39

$$PN = \frac{FS \cdot PT}{R} = \frac{1,39 \cdot 2968}{4,06} = 1016,13$$

$$CB = \frac{PN \cdot AT}{PD} = 2540,34$$

$$I_{min} = \frac{CB}{12} = 211,69A$$

LUGAR	RAD	HSP/DIA
Fusagasugá	4,06	4,04
Bogotá	4,78	4,81
Ibagué	4,6	4,68
Barranquilla	5,44	5,91
Manizales	4,54	4,77
Medellin	4,16	4,35
Cali	3,82	4,02
Cartagena	4,68	4,73
Soacha	4,82	4,81
Armenia	4,12	4,33

Profundidad de descarga = 80%

Vigilada MinEducación [www.ucundinamarca.edu.co](http://www.ucundinamarca.edu.co)

**Fuente:** Autores

- Capacitación 4 del 6 de noviembre de 2020 a la 1pm:** Dicha capacitación se realizó mediante la plataforma ZOOM a los estudiantes de grado noveno de la Institución Educativa Departamental de Venecia

**Figura 34:** Capacitación 4 grupo de estudiantes de grado noveno.

**Taller**

Cada uno debe elegir de uno a cinco dispositivos electrónicos que tengan en sus casas. (Tiempo 10 min)

Elemento	Cantidad	H	Potencia (W)	Potencia diaria de consumo (W)
Motobomba	1		50	200
Cargador de PC 1	1		150	150
Cargador de PC 2	1		150	150
Bombillo LED	1		18	180
Sensores	1		10	80
<b>Potencia total</b>				<b>760 W</b>

Capacitación 6 de noviembre

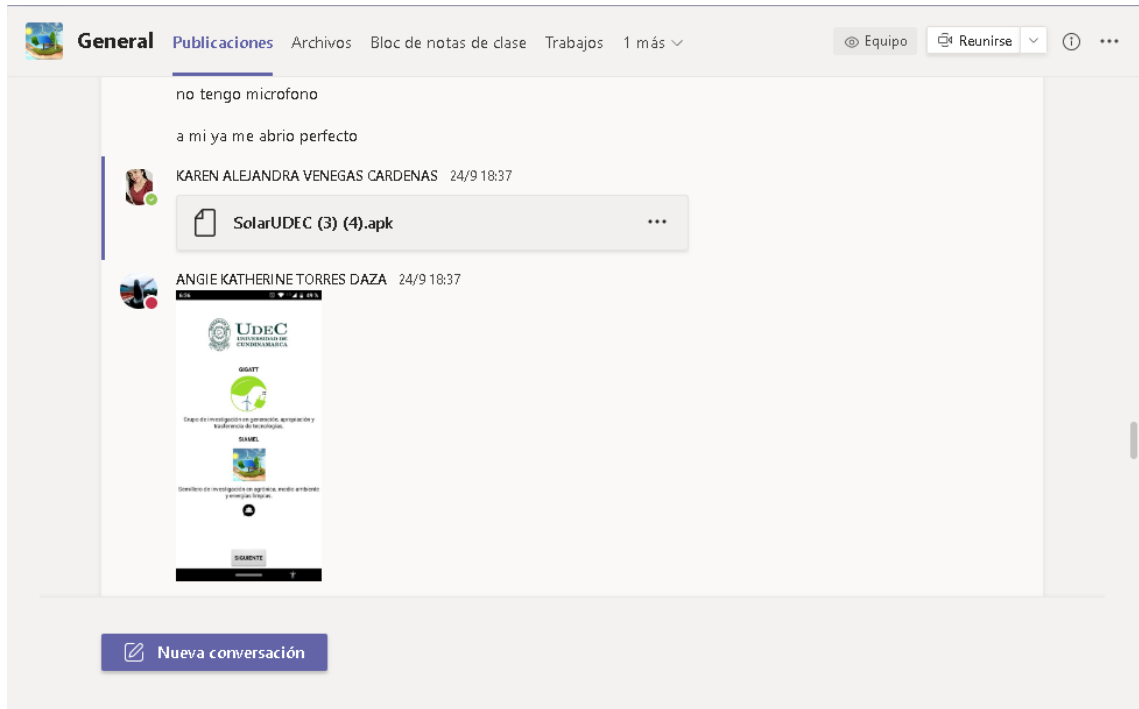
Vigilada MinEducación [www.ucundinamarca.edu.co](http://www.ucundinamarca.edu.co)

**Fuente:** Autores

### 5.1.4.3 Socialización de resultados al semillero

La socialización de los resultados obtenidos se realizó por la plataforma TEAMS, el día 24 de septiembre de 2020, en donde se explicó detalladamente el proceso realizado y se compartió la aplicación para que realizaran pruebas.

**Figura 35.** Socialización de resultados al semillero SIAMEL.



**Fuente:** Autores

### 5.1.4.4 Participación en eventos

**Red Colombiana de Semilleros de Investigación - RedCoISI:** El proyecto se presentó por medio de una ponencia, en el XVIII encuentro de semilleros de investigación y actualmente se están tramitando los certificados de participación como evidencia esta la figura 37 que expone el puntaje obtenido, el cual por ser mayor a noventa puntos permite participar directamente en el evento internacional de RedCoISI. (Ver anexo 19).

**Figura 36: Resultados participación RedCoISI.**



**RESULTADOS FINALES**  
**XVIII ENCUENTRO REGIONAL DE SEMILLEROS DE INVESTIGACIÓN - REDCOLSI**  
**AGOSTO 24 AL 28 DE 2020**


No	Proyecto	Área	Subárea	Tipo	Subtipo	Puntaje	Universidad
675	Evaluación sérica y fecal de hormonas esteroideas en hembras de oso andino ( <i>Tremarctos ornatus</i> ) en cautiverio.	Ciencias Agrarias	Zootecnia	Proyecto de Investigación	Investigación en Curso	94.50	[ 890680062 - UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA ]
676	ESTRUCTURACIÓN DE LA INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA DE LOS PDI DE LOS MUNICIPIOS DE LA CALERA, SOPÓ, GUASCA, GUATAVITA Y SESQUILE DEL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA	Ciencias Agrarias	Agronomía	Proyecto de Investigación	Investigación en Curso	92.50	[ 890680062 - UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA ]
677	Diagnóstico de Atractivos naturales y culturales con potencial turístico, Provincia del Sumapaz.	Ciencias Sociales	Administración	Proyecto de Investigación	Investigación en Curso	92.00	[ 890680062 - UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA ]
678	RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO INSUMO A LA METODOLOGÍA PARA GENERAR CARTOGRAFÍA EN EL DESMINADO HUMANITARIO REALIZADO EN LA REGIÓN DEL SUMAPAZ EN EL MARCO DEL POSCONFLICTO	Ciencias Agrarias	Agronomía	Proyecto de Investigación	Investigación en Curso	91.50	[ 890680062 - UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA ]
679	Caracterización de aspectos biofísicos y socioeconómicos de la Agricultura Familiar en el municipio de San Bernardo en Cundinamarca	Ciencias Sociales	Administración	Proyecto de Investigación	Investigación en Curso	91.00	[ 890680062 - UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA ]
680	Talleres Itinerantes de Alfabetización Computacional.	Ciencias Exactas y de la Tierra	Matemáticas	Proyecto de Investigación	Investigación en Curso	91.00	[ 890680062 - UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA ]
681	Diseño e implementación de un sistema híbrido de generación de energía eléctrica aplicado a sistemas de acuaponía.	Ingenierías	Ingeniería Eléctrica, Telecomunicaciones, y sus derivadas	Proyecto de Investigación	Investigación en Curso	90.50	[ 890680062 - UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA ]

**Fuente: Resultados finales evento RedCoISI.**

**II Encuentro de Semilleros de Investigación Ciencia, tecnología e Innovación en la era digital:** El proyecto se presentó el 28 de octubre por medio de Zoom, a las 3: 30p.m y se espera la publicación de los resultados.

**Figura 37: Cronograma de participación.**

**AGENDA II ENCUENTRO DE SEMILLEROS DE INVESTIGACIÓN EN LA ERA DIGITAL**  
**27 Y 28 DE OCTUBRE DE 2020**


- Himnos Nacional - Cundinamarca - UDEC
- Palabras de bienvenida - Dr Jaime Augusto Porras Jimenez - Director de Investigación Universitaria
- Inicio presentación de proyectos

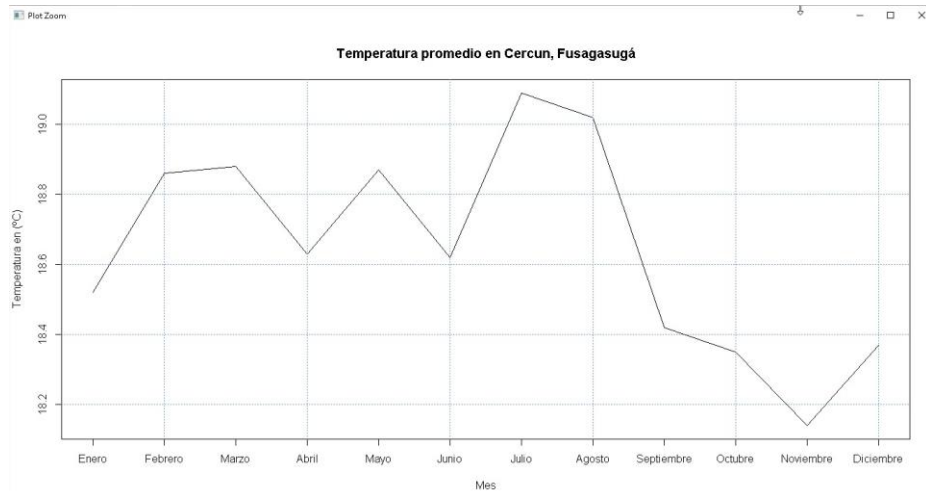
ID	HORA	Nombre del Líder del Semillero	Sede, Seccional o extensión	Facultad	Programa académico	Nombre del Semillero de Investigación	Grupo de Investigación Adscrito	Nombres y apellidos del ponente 1	Nombres y apellidos del ponente 2	Categoría	Título del Proyecto
48	02:45 P.M. a 02:55 P.M.	LAGUANDIO BANDA SANCHEZ	Sede Fusagasugá	Ciencias Agropecuarias	Ingeniería Agronómica	SEMIMAC - Semillero de Investigación en Agronomía Colombiana	PROSAFIS	Diana Paola Gómez García	Yesika Eliana López Prieto	Proyecto Terminado (Resultados)	CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LAS SEMILLAS AMARRABOLLO ( <i>Meriania nobilis</i> ), BALSO BLANCO ( <i>Helicarpus popayanensis kunth</i> ), ARBOLECO ( <i>Montanoa quadrangularis schultz</i> ), TOMATE DE ÁRBOL ( <i>Solanum betaceum Cav.</i> ), uchuva ( <i>Physalis peruviana L</i> ) Y ACHIOTE ( <i>Bixa orellana L</i> )
49	03:00 P.M. a 03:10 P.M.	NATALIA ESCOBAR ESCOBAR	Sede Fusagasugá	Ciencias Agropecuarias	Zootecnia	sostenibilidad en sistemas de producción agrícola SESPA	AREA VERDE	Lizeth Daniela Crisnacho Gavilan		Propuesta Proyecto de Investigación	DETERMINACIÓN DE LA DIVERSIDAD Y SU CONFORMACIÓN DE GRUPOS FUNCIONALES DE ENTOMOFAUNA ASOCIADA A PRODUCCIONES AGRÍCOLAS FAMILIARES EN TRANSICIÓN A SISTEMAS ORGÁNICOS
50	03:15 P.M. a 03:25 P.M.	NATALIA ESCOBAR ESCOBAR	Sede Fusagasugá	Ciencias Agropecuarias	Zootecnia	sostenibilidad en sistemas de producción agrícola SESPA	AREA VERDE	Jinneth Patricia Ahumada Beltrán		Proyecto en Curso (Avances)	ESTADO ACTUAL DE LA PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE SUPLEMENTOS Y ADITIVOS A BASE DE PROBIÓTICOS PARA LA ALIMENTACIÓN ANIMAL EN COLOMBIA
51	03:30 P.M. a 03:40 P.M.	KAREN VENEGAS	Sede Fusagasugá	Ingeniería	Ingeniería Electrónica	SEMIMEL - Semillero de Investigación en agronomía, medio ambiente y energías limpias	GIGATT - Grupo de Investigación en Generación, Apropriación y Transferencia de Tecnologías	Karen Alejandra Venegas Cardenas		Proyecto en Curso (Avances)	DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA – SHGEE, PARA ABASTECER UN SISTEMA DE ACUAPONIA EN EL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ, CUNDINAMARCA
52	03:45 P.M. a 03:55 P.M.	CRISTIAN VELASQUEZ LOPEZ	Seccional Girardot	Ciencias de la Salud	Enfermería	SIPAV "Simulación, Investigación, Pedagogías, Aulas virtuales"	SATTWA "Verdad, Bondad, Realidad, Pureza"	cristian velasquez lopez		Proyecto en Curso (Avances)	VALIDACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE GUÍAS Y VIDEOS COMO HERRAMIENTA INNOVADORA DEL APRENDIZAJE AUTÓNOMO DE LOS ESTUDIANTE DE ENFERMERÍA DE NÚCLEOS TEMÁTICOS VALORACION Y SEMIOLOGIA, PROCEDIMIENTOS BÁSICOS Y ESPECÍFICOS DEL CUIDADO DE LA PERSONA
53	04:00 P.M. a 04:10 P.M.	JUAN CARLOS VERA MENDEZ	Seccional Girardot	Ciencias de la Salud	Enfermería	SIPAV "Simulación, Investigación, Pedagogías, Aulas virtuales"	SATTWA "Verdad, Bondad, Realidad, Pureza"	Natalia Puentes	Juan Vera	Proyecto en Curso (Avances)	Validación de la encuesta de satisfacción al usuario aplicada a los pacientes en una IPS de la ciudad de Girardot.
54	04:15 P.M. a 04:25 P.M.	MONROY GONZALEZ MARBEL YULIETH	Seccional Ubaté	Ciencias Agropecuarias	Zootecnia	Semillero de Investigación en Salud Reproductiva y Fertilidad Animal (SISARF)	Grupo de Investigación Zootecnia Ubaté (GIZU)	Nixon Fabian León Roa		Propuesta Proyecto de Investigación	Efecto de la suplementación funcional con propóleo en diferentes niveles de inclusión en la dieta de ovinos, sobre la salud reproductiva y protección antioxidante durante la criopreservación seminal
55	04:30 P.M. a 04:40 P.M.	Carlos Eduardo Tiquisaco Delgado	Extensión Soacha	Ingeniería	Ingeniería Industrial	SOFTIC	Grupo de Investigación de Procesos Industriales y Ambientales - GIPIA	Serrato Rojas Liseth Dayanna	Velandia Bautista Ingrid Johanna	Proyecto en Curso (Avances)	ESTRUCTURACIÓN, IMPLEMENTACIÓN Y SEGUIMIENTO DEL DEPARTAMENTO DE GESTIÓN AMBIENTAL EXTENSIÓN SOACHA

**Fuente: Agenda II encuentro de semilleros.**

## 5.2 Análisis de resultados

El análisis de los datos obtenidos durante las simulaciones se realizó por medio del software RStudio, mediante el cual se realizaron las gráficas que se encuentran a continuación; como referencia meteorológica se usó la base de datos de la NASA.

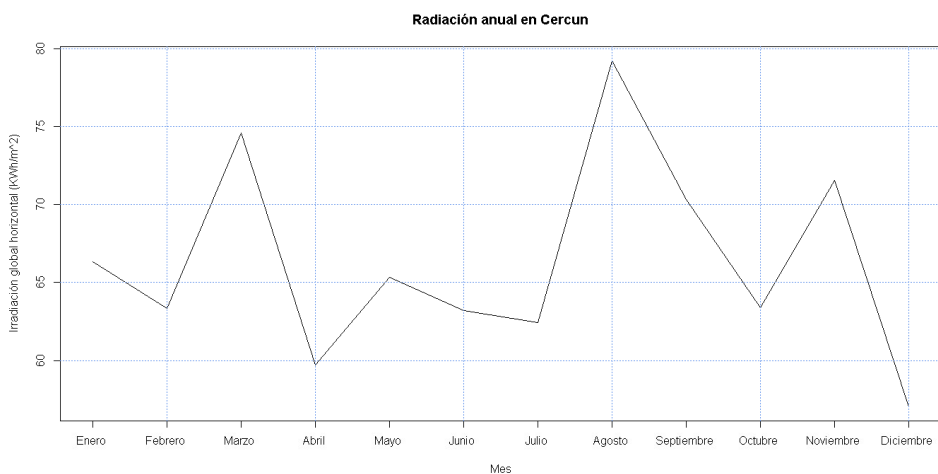
**Figura 38:** Temperatura promedio en Cercun, Fusagasugá



**Fuente:** Autores

En la figura 39 se puede apreciar que el aire de Fusagasugá tiene una temperatura mínima de 18,14°C y una temperatura máxima de 19,9°C, por lo tanto, se deduce que el sitio no tiene cambios drásticos de temperatura, lo que garantizara un buen desempeño del sistema propuesto.

**Figura 39:** Radiación anual en Cercun.

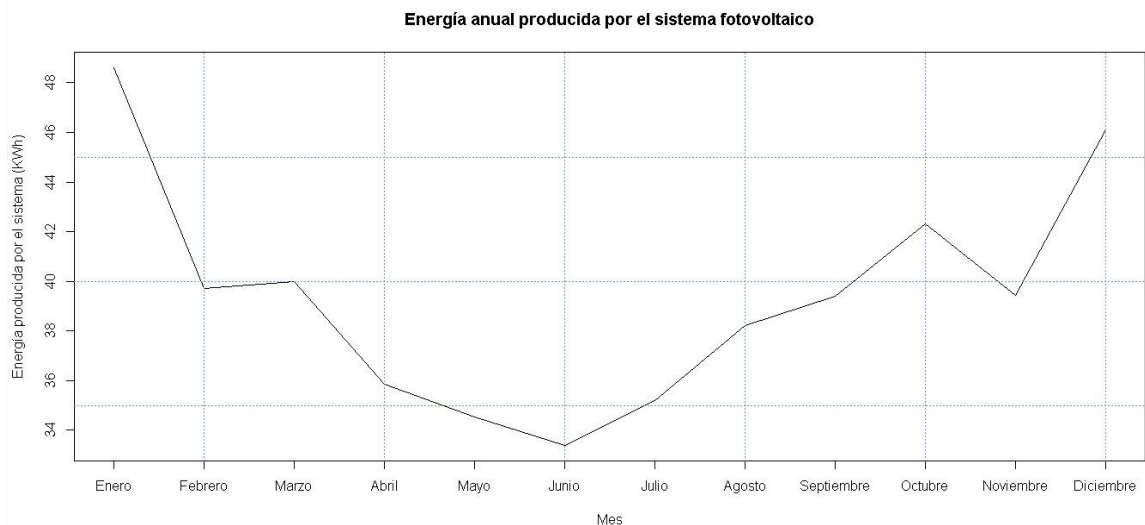


**Fuente:** Autores

La radiación en el municipio de Fusagasugá presenta fluctuaciones grandes, el mes con la radiación más desfavorable es abril, por ello fue el mes escogido para el diseño del sistema, con el fin de garantizar energía durante todas las épocas del año.

Los datos para realizar las siguientes graficas fueron obtenidos de PVsyst, que es el único software que permitió exportar los datos exactos durante la versión de prueba; PVSOL muestra la parte fundamental del informe, en donde se evidencia que el sistema es óptimo y no hay desperdicios energéticos, ni sobredimensionamiento en el sistema propuesto, pero no permite acceder a los valores que tendría el sistema. El informe que arroja Calculation Solar muestra los datos teóricos del sistema, el ratio de aprovechamiento de cada uno de los componentes del sistema y las características exactas de los mismos, adicionalmente permite acceder a una gráfica en la que se observa la producción vs los consumos del sistema estimados para cada mes.

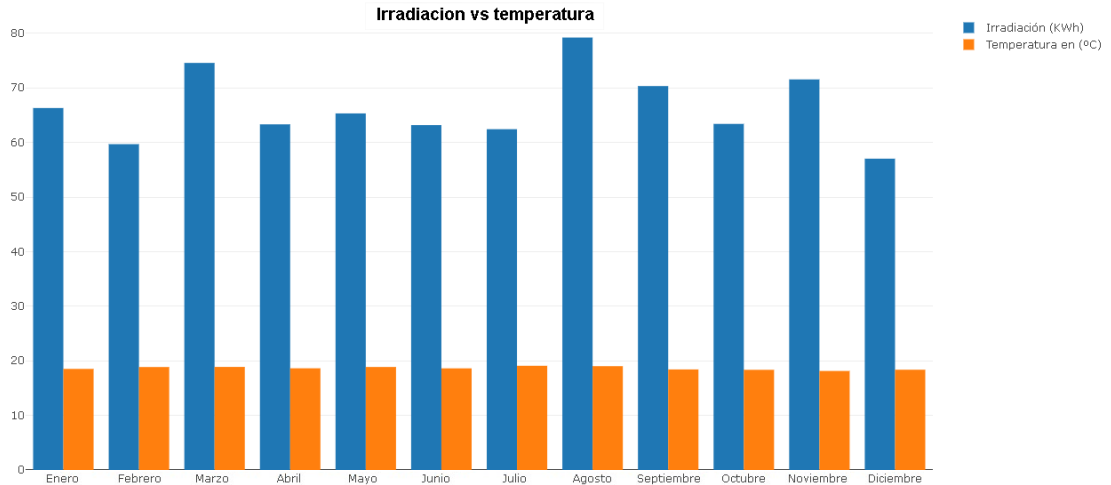
**Figura 40: Energía anual producida por el sistema**



**Fuente: Autores**

En la figura 41 se observa la producción de energía del sistema fotovoltaico, con unos picos máximos de producción de 48,61KWh durante enero y 43,46KWh para diciembre y se evidencia que el mes con menor producción será junio con 33,39KWh.

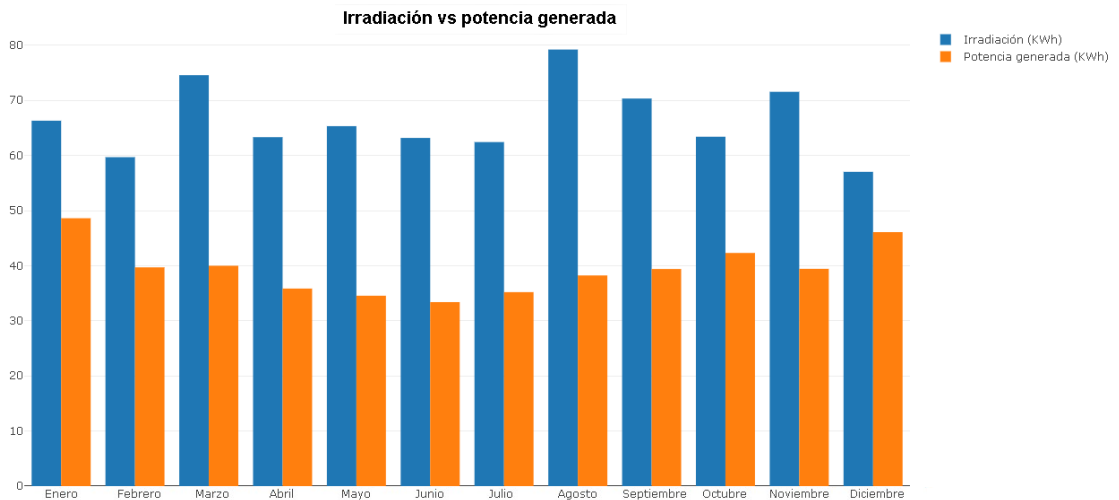
**Figura 41: Irradiación VS temperatura**



**Fuente: Autores**

En la figura 42 se encuentra la gráfica en la que se observa la temperatura contrastada con la radiación, en donde se evidencia que son parámetros independientes, puesto que la temperatura presenta fluctuaciones pequeñas en relación con las variaciones de la radiación.

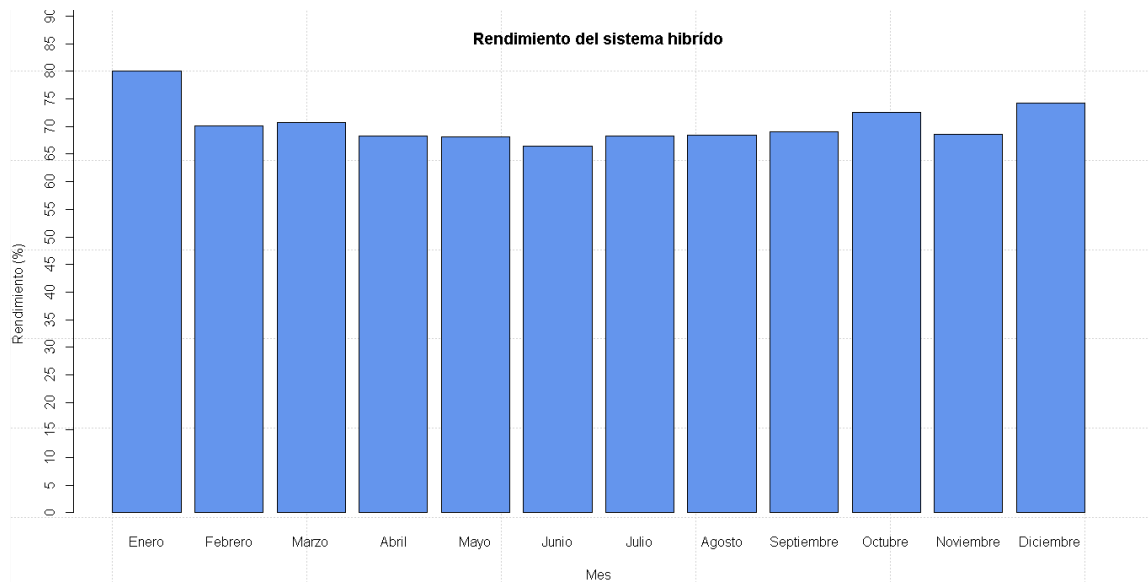
**Figura 42: Irradiación VS potencia generada por el sistema**



**Fuente: Autores**

En la figura 43 se compara el comportamiento de la radiación con la potencia que genera el sistema fotovoltaico, en donde se evidencia que son variables directamente proporcionales.

**Figura 43: Rendimiento del sistema propuesto**



**Fuente: Autores**

El rendimiento teórico del sistema fue del 75% para el mes de abril, y gráficamente se puede observar que presenta un valor muy cercano, adicionalmente el mes que presentara un mayor rendimiento será enero con un 80%. Adicionalmente el rendimiento estimado para el sistema según Calculation Solar estará dado por:

Para el cálculo del rendimiento (Performance Ratio) se han utilizado los siguientes parámetros:

<b>Coefficiente pérdidas en batería</b>	<b>5 %</b>
<b>Coefficiente autodescarga batería</b>	<b>0.5 %</b>
<b>Profundidad de descarga batería</b>	<b>60 %</b>
<b>Coefficiente pérdidas conversión DC/AC</b>	<b>10 %</b>
<b>Coefficiente pérdidas cableado</b>	<b>5 %</b>
<b>Autonomía del sistema</b>	<b>2 d</b>
<b>Rendimiento General</b>	<b>78.67 %</b>



## 6. Presupuesto

En la tabla 15 se presentan los materiales y equipos requeridos para realizar la implementación del sistema de generación de energía híbrido para abastecer un sistema de acuaponía.

**Tabla 15. Presupuesto**

<b>ELEMENTO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
<b>Panel solar monocristalino 340W (Jinkosolar)</b>	1	\$ 710.055	\$ 710.055
<b>Bateria - Tb Plus TB12-55</b>	1	\$503.608	\$503.608
<b>Inversor onda pura – cargador AC</b>	1	\$900.001	\$900.001
<b>Conector Hembra y Macho MC4 para panel solar</b>	6	\$ 59.963	\$ 359.778
<b>Cable 150 metros N°12, para instalaciones fotovoltaicas</b>	1	\$ 161.155	\$ 161.155
<b>VALOR TOTAL</b>			<b>\$2'634.597</b>

**Fuente:** Autores

## 7. Conclusiones

Mediante el estudio de cargas realizado se lograron establecer los consumos del sistema acuapónico de forma exacta, puesto que se estudiaron detalladamente todas las posibles cargas; Lo dicho anteriormente permitió que el diseño del sistema sea lo más cercano a lo que se propone instalar y garantiza que en el momento en el que el sistema se instale no tendrá falencias en cuanto a consumos sorpresivos o energía insuficiente para el mismo.

Para Fusagasugá, Cundinamarca existen varias aproximaciones de radiación solar, lo cual es una de las bases fundamentales para encaminar el diseño de un sistema fotovoltaico; La forma para garantizar un buen diseño del sistema es contar con bases de datos confiables, que tengan la georreferenciación más precisa, por tal razón durante el presente trabajo se usaron los parámetros de radiación proporcionados por la NASA, los cuales tienen un periodo de estudio de 10 años aproximadamente.

El punto en que el panel lograra la máxima transferencia de potencia tiene como es con un ángulo de inclinación de  $15^{\circ}$  y con el azimut 0, también se corroboró que el sitio propuesto para el desarrollo cumple con los requisitos necesarios para la implementación de este tipo de sistemas, puesto que tiene unos buenos niveles de radiación solar y una temperatura estable, que no generara pérdidas notorias.

Es importante realizar un estudio previo y la simulación respectiva del sistema para garantizar que el buen funcionamiento de este y la vez encontrar el punto en el que existe el máximo aprovechamiento de la energía disponible en el lugar.

El sistema diseñado se puede implementar como alternativa a las energías convencionales o en zonas de difícil acceso donde la energía es intermitente o nula y contribuye en el desarrollo y crecimiento de pequeños y medianos productores agrícolas, además de aportar al cuidado del medio ambiente.

Se estima que el sistema diseñado tendrá un ciclo de vida útil de 12 años aproximadamente, de acuerdo con lo evidenciado mediante las simulaciones realizadas.

El software PVsyst permitió observar el porcentaje de ratio de cada uno de los componentes, lo que permitió corroborar que los elementos seleccionados son acordes con el consumo previsto.

La aplicación móvil cuenta con una interfaz muy amigable con el usuario y permite que cualquier persona desde un dispositivo Android pueda realizar el dimensionamiento de su sistema fotovoltaico, lo que es de gran utilidad y permite fomentar el desarrollo de proyectos que impliquen el uso de energías limpias.

Se realizaron las capacitaciones a comunidades pertenecientes a diferentes grupos sociales, con un rango de edades desde los 15 años hasta los 60 años, con el propósito de dar a conocer las diferencias entre energías renovables y no renovables y las ventajas que tiene el uso de las energías limpias, en donde se encontró gran interés en preservar el medio ambiente y en aprender a desarrollar este tipo de sistemas tan prometedores.

En general el sistema propuesto es un método muy prometedor, puesto que fomenta el uso de energías limpias y garantiza el fluido eléctrico durante las 24 horas para el sistema de acuaponía, el cual permite obtener productos de mejor calidad, puesto que son orgánicos, debido a que no se utilizan fertilizantes, plaguicidas o insecticidas, durante el crecimiento de las plantas por lo tanto se puede garantizar que no presentan ningún riesgo al ser consumidos por el humano. Además, el sistema acuapónico permite que se ahorre agua hasta en un 80%, gracias al el método de recirculación que tiene.

## 8. Referencias

- [1] Red de especialistas en agricultura, «AGRICULTURERS,» Acuaponia solar, plantas y peces para comunidades aisladas, [En línea]. Available: <https://agriculturers.com/acuaponia-solar-plantas-y-peces-para-comunidades-aisladas/>. [Último acceso: 20 09 2020].
- [2] Weather Spark, «El clima promedio en Fusagasuga,» [En línea]. Available: <https://es.weatherspark.com/y/23367/Clima-promedio-en-Fusagasuga-Colombia-durante-todo-el-a%C3%B1o>. [Último acceso: 22 09 2020].
- [3] La guía solar, «Radiación solar en Colombia,» [En línea]. Available: <http://www.laguiasolar.com/radiacion-solar-en-colombia/>. [Último acceso: 20 09 2020].
- [4] Camara de comercio de Bogotá, «Energías renovables en el agro colombiano,» [En línea]. Available: <https://www.ccb.org.co/Sala-de-prensa/Noticias-sector-agricola-y-agroindustrial/Noticias-2019/Energias-renovables-en-el-agro-colombiano>. [Último acceso: 23 09 2020].
- [5] ONU-Agua, «La escasez de agua y los ODM,» [En línea]. Available: <https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/scarcity.shtml>. [Último acceso: 23 09 2020].
- [6] D. F. E. R. y. D. S. R. Sánchez, Diseño e implementación de un prototipo de suministro de energía fotovoltaica a una vivienda ubicada en la vereda Golconda (Anapoima Cundinamarca), Fusagasugá: Universidad de Cundinamarca, 2017.
- [7] Luisa Fernanda Sanabria Perez y Luz Angela Cruz Pardo, Evaluación comparativa del rendimiento energetico de un sistema fotovoltaico con carga variable en DC utilizando panel solar monocristalino versus policristalino, en condiciones climaticas del municipio de Fusagasugá, Fusagasugá: Universidad de Cundinamarca, 2018.
- [8] Angela Maria Galindo Romero, Estudio factibilidad técnica del uso de paneles solares en el bloque académico de la universidad de cundinamarca seccional girardot 2018, Fusagasuga: Universidad de Cundinamarca, 2018.
- [9] Oscar Andres Peña Cifuentes, Prototipo de un cargador solar fotovoltaico autónomo para dispositivos móviles en la “finca la esperanza” de la universidad de cundinamarca, Fusagasugá: Universidad de Cundinamarca, 2019.

- [10] J. P. F. Matamoros, Estudio de factibilidad técnica para la implementación de sistemas eólicos y/o híbridos en la vereda san José del chocho - municipio de silvania (cundinamarca), a partir de un sistema de adquisición de datos-daq, Fusagasugá: Universidad de Cundinamarca, 2019.
- [11] «¿Colombia tiene potencial en fuentes de energía renovables?,» *El espectador*, p. 3, 2019.
- [12] A. O. Castro, «Análisis del potencial energético solar en la región Caribe para el diseño de un sistema fotovoltaico.,» *Inge Cuc*, vol. Corporación Universitaria de la Costa, 2010.
- [13] I. C. Jhonnatan Gómez, «LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN COLOMBIA: POTENCIALES, ANTECEDENTES Y PERSPECTIVAS,» *Repositorio Universidad Santo Tomas*, p. 19.
- [14] Utadeo, Universidad tecnologica de Choco y Universidad politecnica de Valencia, «Energía fotovoltaica para Chocó, una solución sostenible,» *Revista Semana*, 2017.
- [15] L. G. A. Pardo, «La inclinación de un panel tiene que ser igual a la latitud del lugar según la experiencia de los fabricantes e instaladores de paneles solares recomiendan una inclinación menor a 15°,» *Germina*, vol. 3, p. 40, 2016.
- [16] Y. F. Ribaya, «Sistema Híbrido (Solar-Eólico) con apoyo de gas natural para la generación de energía eléctrica en Baja California Sur (México),» Máster Universitario en Ingeniería Energética, Baja California, 2016.
- [17] M. R. Abdelkader, «A comparative Analysis of the Performance of Monocrystalline and Multycrystalline PV Cells in Semi Arid Climate Conditions: the Case of Jordan,» *JJMIE*, nº 543-552., 2010.
- [18] L. R. Marentes, «Estudio de sistemas híbridos de energía para iluminación y bombeo en la escuela y viviendas de la comunidad de Pitur del oriente ecuatoriano.,» [En línea]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/163/1/CD-0184.pdf>. [Último acceso: 2020].
- [19] British Petroleum (BPIC), «Participación del carbón en la producción de energía desde 1970,» Portafolio, Bogotá, 2014.
- [20] Organización Mundial de la Salud (OMS), «La OMS establece parámetros para reducir los daños para la salud debidos a la contaminación del aire de interiores.,» *Comunicado de prensa*, 2020.

- [21] World Energy Council, «Análisis del informe generado por el consejo mundial de energía,» 2013.
- [22] Agencia Internacional de Energía (AIE), «Panorama de energía mundial,» 2018.
- [23] Global Data, «Citado por Grasberg Media S.A. La producción mundial de carbón crecerá este año a pesar de covid-19,» 2020.
- [24] British Petroleum. , «Citado por Rohner Pascal, El colapso del oro negro.,» 2020.
- [25] Greenpeace, « Impactos ambientales del petróleo,» Mexico, 2012.
- [26] E. país, «Evolución anual en el precio del petróleo 2003-2015,» *El país*, p. 8, 2015.
- [27] Asociación de Empresas de Energías Renovables (APPA), «Renovables en el mundo y en Europa.,» Madrid, 2018.
- [28] Agencia Internacional de Energía (AIE), «La energía en el 2040,» Energía para el futuro, 2017.
- [29] Deloitte Insights, «Tendencias globales de las energías renovables,» 2018.
- [30] Irena, «Estadísticas de capacidad renovable, Nuevos datos sobre el rápido (pero todavía insuficiente) crecimiento de las renovables,» 2020.
- [31] Agencia internacional de las Energías Renovables (IRENA), «Estadísticas sobre la capacidad de las energías renovables; edición de 2018,» *Comparación del LCOE basado en Lazard, Levelized cost of energy analysis*, vol. Mapa basado en Renewable Capacity Statistics .
- [32] Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), «Situación actual sobre el sector de la energía,» España, 2020.
- [33] «Convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático,» 2015.
- [34] Red de políticas de energía renovable para el siglo XXI (REN 21), «Reporte de la Situación Mundial de las Energías Renovables,» 2019.
- [35] Agencia Internacional de la Energía (AIE), «Informe de Eficiencia Energética,» 2015.
- [36] Agencia Internacional de la Energía (AIE), «Informe de eficiencia energetica 2017».

- [37] «Eficiencia energética: Colombia ha avanzado, pero falta mucho por hacer,» *Revista Semana*, 2020.
- [38] Raul Serrano , «Eficiencia del panel solar,» *Clean Energy Reviews*, 2020.
- [39] C. Rus, «Un nuevo tipo de celda solar consigue romper el récord de eficiencia con una conversión del 47,1%, la mayor jamás obtenida.,» *Laboratorio Nacional de Energías Renovables de Estados Unidos*, 2020.
- [40] APPA - Asociación de Empresas de Energías Renovables , «¿Qué es la energía fotovoltaica?,» APPA fotovoltaica , [En línea]. Available: <https://www.appa.es/appa-fotovoltaica/que-es-la-energia-fotovoltaica/>. [Último acceso: 16 10 2020].
- [41] SUN SUPPLY, «Diferentes tipos de sistemas solares fotovoltaicos,» [En línea]. Available: <http://www.sunsupplyco.com/tipos-de-sistemas-solares/>. [Último acceso: 16 10 2020].
- [42] CEMAER Centro de estudios en medio ambiente y energias renovables , «Tipos de Sistemas de Energía Solar Fotovoltaica,» [En línea]. Available: <https://www.cemaer.org/tipos-de-sistemas-de-energia-solar-fotovoltaica/#:~:text=Existen%20dos%20tipos%20de%20sistemas,interconectados%20a%20la%20red%20el%C3%A9ctrica..> [Último acceso: 16 10 2020].
- [43] IDEAM, «RADIACIÓN SOLAR,» [En línea]. Available: <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/radiacion-solar-ultravioleta>. [Último acceso: 17 10 2020].
- [44] Arno Smets, «The Physics and engineering of photovoltaic,» *England: UIT CAMBRIDGE*, vol. Solar Energy, 2015.
- [45] INEDELCO , «¿De qué están hechos los paneles solares?,» [En línea]. Available: <https://ineldec.com/de-que-estan-hechos-los-paneles-solares-fotovoltaicos/>. [Último acceso: 16 10 2020].
- [46] Ecsite, «Descubre la energia,» [En línea]. Available: <https://descubrelaenergia.fundaciondescubre.es/>. [Último acceso: 16 10 2020].
- [47] «Tipos de celulas fotovoltaicas,» 2015. [En línea]. Available: [https://www.researchgate.net/figure/Tipos-de-celulas-fotovoltaicas-en-el-mercado\\_fig3\\_267211218](https://www.researchgate.net/figure/Tipos-de-celulas-fotovoltaicas-en-el-mercado_fig3_267211218). [Último acceso: 16 10 2020].

- [48] «Regulador de carga,» Monsolar , 2013. [En línea]. Available: <http://www.monsolar.com/blog/que-es-y-que-hace-un-regulador-de-cargasolar/%20al%20final>.
- [49] Universidad de Castilla-La Mancha, «Baterias para sistemas fotovoltaicos,» 2017. [En línea]. Available: <http://edii.uclm.es>. [Último acceso: 21 10 2020].
- [50] J. R. Vilorio, «Instalaciones Solares Fotovoltaicas,» Parainfo, Madrid, España, 2010.
- [51] Secretaria del senado, «Ley 1665 del 2013,» [En línea]. Available: [http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_1665\\_2013.html](http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1665_2013.html). [Último acceso: 20 08 2020].
- [52] Ministerio de minas y energia , «Ley 1715 del 2014,» [En línea]. Available: [https://www1.upme.gov.co/Documents/Cartilla\\_IGE\\_Incentivos\\_Tributarios\\_Ley1715.pdf](https://www1.upme.gov.co/Documents/Cartilla_IGE_Incentivos_Tributarios_Ley1715.pdf). [Último acceso: 20 08 2020].
- [53] Funcion publica , «Decreto 2143 de 2015,» [En línea]. Available: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=64682>. [Último acceso: 20 08 2020].
- [54] Ministerio de minas y energia, «Decreto1623 del 2015,» [En línea]. Available: <https://www.minenergia.gov.co/documents/10180/23517/36632-Decreto-1623-11Ago2015.pdf>. [Último acceso: 20 08 2020].
- [55] Funcion publica, «Decreto 2492 del 2014,» [En línea]. Available: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=60174>. [Último acceso: 20 08 2020].
- [56] Ministerio de minas y energia, «2469 del 2014,» [En línea]. Available: <https://www.minenergia.gov.co/documents/10180/23517/36864-Decreto-2469-02Dic2014.pdf>. [Último acceso: 20 08 2020].
- [57] Ministerio de minas y energias , «Resolucion UMPE 0281 de 2015,» [En línea]. Available: [https://www.minenergia.gov.co/energias-renovables-no-convencionales#:~:text=Resoluci%C3%B3n%20UPME%200281%20de%202015,Interconectado%20Nacional%20\(SIN\)%22..](https://www.minenergia.gov.co/energias-renovables-no-convencionales#:~:text=Resoluci%C3%B3n%20UPME%200281%20de%202015,Interconectado%20Nacional%20(SIN)%22..) [Último acceso: 20 08 2020].
- [58] Comision de regulacion, «Resolucion 024 de 2015,» [En línea]. Available: [http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/67513914c35d6b8c05257e2d007cf0b0/\\$FILE/Creg024-2015.pdf](http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/67513914c35d6b8c05257e2d007cf0b0/$FILE/Creg024-2015.pdf). [Último acceso: 20 08 2020].
- [59] Ministerio de minas y energia , «Resolucion 143 de 2016,» [En línea]. Available:



[http://www.siel.gov.co/siel/documentos/documentacion/Generacion/143\\_2016.pdf](http://www.siel.gov.co/siel/documentos/documentacion/Generacion/143_2016.pdf). [Último acceso: 20 08 2020].

- [60] ICONTEC, «Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación,» Normas para el diseño y construcción de sistemas fotovoltaicos, [En línea]. Available:  
[http://www.si3ea.gov.co/si3ea/documentos/documentacion/energias\\_alternativas/docs/SOLARfOTOVOLTAICA.pdf](http://www.si3ea.gov.co/si3ea/documentos/documentacion/energias_alternativas/docs/SOLARfOTOVOLTAICA.pdf). [Último acceso: 20 08 2020].
- [61] C. A. C. M. H. E. C. A. C. P. F. A. Iván Mauricio Ostos Roja, «Sistema híbrido fotovoltaico (FV) con interacción a la red para zonas rurales de Colombia,» *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, vol. 8, nº 1, pp. 169-182, 2017.
- [62] BirtLT, «Rendimiento global,» ISF06, 2015. [En línea]. Available:  
[http://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/IEA/ISF/ISF06/es\\_IEA\\_ISF06\\_Contenidos/webseite\\_12\\_rendimiento\\_global\\_y\\_energa\\_requerida.html](http://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/IEA/ISF/ISF06/es_IEA_ISF06_Contenidos/webseite_12_rendimiento_global_y_energa_requerida.html). [Último acceso: 23 08 2020].

# 9. Anexos

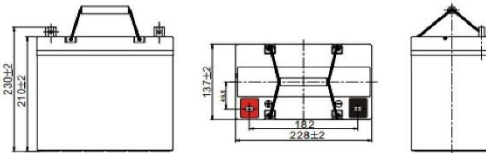
## Anexo 1: Batería (Tb Plus).

### Referencia

**TB12-55 (12V55AH)**



### Dimensiones y Características



Tensión nominal	<b>12V</b>
Capacidad nominal (20 tasa de horas)	<b>55AH</b>
Peso aproximado	<b>17,7 Kg</b>
Terminal	Estándar <b>T9/T6</b> Opcional
Largo mm	<b>228</b>
Ancho mm	<b>137</b>
Alto sin terminal mm	<b>210</b>

### Temperatura de funcionamiento

Carga	0 C (32 F) ~ 40 C (104 F)
Descarga	-15 C (-4 F) ~ 50 C (122 F)
Almacenamiento	-15 C (-4 F) ~ 40 C (104 F)

### Energía de corriente constante (Amp) y constante (Watt) Tabla de descarga a 25 C (77 F)

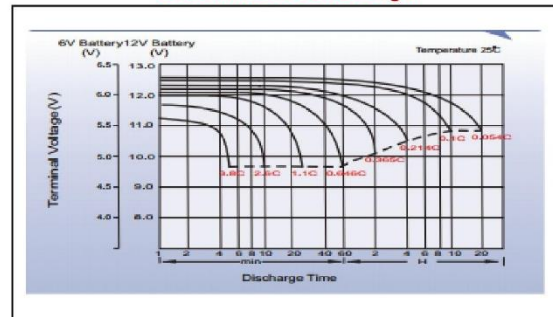
Firal Voltaje	Time (in it)	10	15	20	30	60	120	180	300	600
		A	102.90	81.90	70.00	50.30	30.80	18.60	14.30	8.19
1,80 VPC	W	189.4	152.0	131.4	95.4	59.4	36.1	27.8	18.4	10.9
1,75 VPC	A	113.1	89.4	75.3	52.2	32.2	19.3	14.6	9.65	5.56
	W	205.6	164.5	140.1	98.6	61.9	37.3	28.3	18.9	11.0
1,70 VPC	A	123.2	95.5	79.1	54.3	33.2	20.1	15.0	9.89	5.61
	W	220.9	174.3	146.4	102.2	63.7	38.7	29.0	19.3	11.1
1,65 VPC	A	133.0	101.5	84.1	57.3	34.3	20.6	15.6	10.2	5.73
	W	236.7	184.2	154.8	107.3	65.6	39.6	30.1	19.8	11.3
1,60 VPC	A	144.4	108.6	89.5	60.5	35.5	21.3	16.1	10.5	5.79
	W	252.6	194.6	163.2	112.2	67.4	40.7	30.9	20.3	11.4



### Especificación

Capacidad 25 C (77 F)	20 Tasa de horas (2.04A)	40.8AH
	10 Tasa de horas (4A)	40AH
	5 Tasa de horas (7.2A)	36AH
	1 Tasa de horas (26A)	26AH
Capacidad afectada por la temperatura	40 C (104 F)	103%
	25 C (77 F)	100%
	0 C (32 F)	86%
Auto-descarga en 25 C (77 F) (Antes de recargar)	-15 C (5 F)	65%
	Cap. después de 3 meses	91%
	Cap. después de 6 meses	82%
Carga de tensión constante	Ciclo	Corriente de carga inicial <12A 14.4V ~ 15V at 25 C (77F)
	En espera	13.5V ~ 13.8V at 25 C (77 F)
Capacidad máxima de descarga		600A

### Características de descarga



Nota : Descarga será de corte de 10.5V si la descarga en <1 C y en 9.6V si en >1 C

Se recomienda recargarla batería a voltaje constante cargar inmediatamente después de su uso

## Anexo 2: Panel (Eagle Plus 72 340W)

www.jinkosolar.com



# Eagle Plus 72

## 340-360 Watt

MONO CRYSTALLINE MODULE

Positive power tolerance of 0-+3%

ISO9001:2008, ISO14001:2004, OHSAS18001 certified factory.  
IEC61215, IEC61730 certified products.



PERC

(4BB)







### KEY FEATURES

- 

**4 Busbar Solar Cell:**  
4 busbar solar cell adopts new technology to improve the efficiency of modules, offers a better aesthetic appearance, making it perfect for rooftop installation.
- 

**High Efficiency:**  
Higher module conversion efficiency (up to 18.57%) benefit from Passivated Emitter Rear Contact (PERC) technology.
- 

**Extended PID Resistant:**  
Limited power degradation of Eagle Plus module caused by PID effect is guaranteed under extremely strict testing condition (85 C./85%RH, 500hours) for mass production.
- 

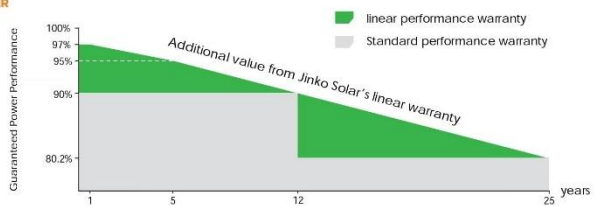
**Low-light Performance:**  
Advanced glass and solar cell surface texturing allow for excellent performance in low-light environments.
- 

**Severe Weather Resilience:**  
Certified to withstand: wind load (2400 Pascal) and snow load (5400 Pascal).
- 

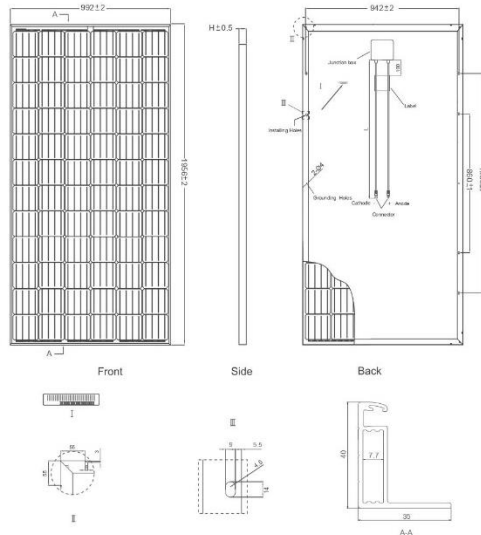
**Durability against extreme environmental conditions:**  
High salt mist and ammonia resistance certified by TUV NORD.

### LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

10 Year Product Warranty • 25 Year Linear Power Warranty



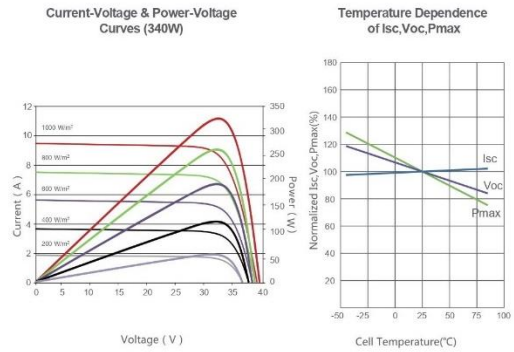
## Engineering Drawings



## Packaging Configuration

(Two boxes=One pallet)  
26pcs/box , 52pcs/pallet, 624 pcs/40'HQ Container

## Electrical Performance & Temperature Dependence



## Mechanical Characteristics

Cell Type	Mono-crystalline PERC 156×156mm (6 inch)
No. of cells	72 (6×12)
Dimensions	1956×992×40mm (77.01×39.05×1.57 inch)
Weight	26.5 kg (58.4 lbs)
Front Glass	4.0mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP67 Rated
Output Cables	TÜV 1×4.0mm <sup>2</sup> Length:900mm or Customized Length

## SPECIFICATIONS

Module Type	JKM340M-72(Plus)		JKM345M-72(Plus)		JKM350M-72(Plus)		JKM355M-72(Plus)		JKM360M-72(Plus)	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	340Wp	254Wp	345Wp	258Wp	350Wp	262Wp	355Wp	266Wp	360Wp	270Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	38.7V	36.8V	38.9V	37.0V	39.1V	37.2V	39.3V	37.5V	39.5V	37.7V
Maximum Power Current (Imp)	8.79A	6.89A	8.87A	6.98A	8.94A	7.05A	9.04A	7.09A	9.12A	7.17A
Open-circuit Voltage (Voc)	47.1V	45.5V	47.3V	45.8V	47.5V	46.0V	47.8V	46.2V	48.0V	46.5V
Short-circuit Current (Isc)	9.24A	7.33A	9.31A	7.38A	9.38A	7.46A	9.45A	7.54A	9.51A	7.61A
Module Efficiency STC (%)	17.52%		17.78%		18.01%		18.31%		18.57%	
Operating Temperature(°C)					-40°C~+85°C					
Maximum system voltage					1000VDC (IEC)					
Maximum series fuse rating					15A					
Power tolerance					0~+3%					
Temperature coefficients of Pmax					-0.39%/°C					
Temperature coefficients of Voc					-0.29%/°C					
Temperature coefficients of Isc					0.05%/°C					
Nominal operating cell temperature (NOCT)					45±2°C					

\* STC: Irradiance 1000W/m<sup>2</sup> Cell Temperature 25°C AM=1.5

NOCT: Irradiance 800W/m<sup>2</sup> Ambient Temperature 20°C AM=1.5 Wind Speed 1m/s

\* Power measurement tolerance: ± 3%

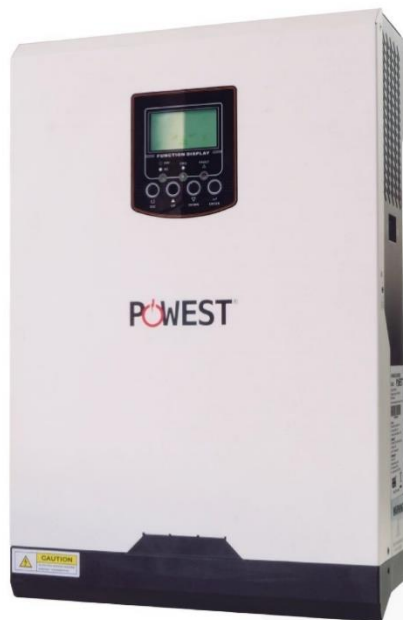
The company reserves the final right for explanation on any of the information presented hereby. EN-JKM-360M-72-Plus\_1.0\_rev2017

### Anexo 3: Regulador – Inversor (Powest)



#### INVERSOR ONDA PURA-CARGADOR AC

UPS Híbrida 1 - 3 Kva



Los sistemas inteligentes de gestión de energía POWEST están equipados con un controlador MPPT que gestiona de manera eficiente la energía de sistemas de baterías, paneles solares, generadores eólicos y red eléctrica; logrando un sistema aislado sin cortes de luz, capaz de trabajar en 19 modos diferentes según la necesidad y la prioridad, equipado con un cargador inteligente que detecta el tipo de batería que se esté implementando.

- Señal de salida onda senoidal pura
- Capacidad de carga solar MPPT controlador
- Rango de tensión de entrada seleccionable para los electrodomésticos y ordenadores personales
- Selección de corriente para carga basado en aplicaciones
- Configurable AC / prioridad de entrada solar a través de ajuste de LCD
- Compatible con la tensión de red o de un generador
- Auto reinicio mientras que el AC se está recuperando
- Protección de sobrecarga y cortocircuito
- Diseño del cargador de batería inteligente, para un rendimiento optimizado de la batería
- Función de arranque en frío
- Funcionamiento en paralelo hasta con 6 unidades

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS UPS HIBRIDA		
Capacidad	1KVA 12V	3KVA 24V
<b>Especificaciones de Entrada</b>		
Topología de entrada	Monofásica	
Voltaje nominal de entrada	120VAc	
Cantidad de hilos	3 (Fase +Neutro +GND)	
Voltaje permitido por el rectificador	95 -140 vac	
Rango de frecuencia de entrada	50Hz o 60Hz (Deteccion Automatica)	
Limitación de corriente de entrada	150% sistema inversor y bypass	
Conexión	Bornera	
<b>Especificaciones de Salida</b>		
Topología de salida	Monofásica	
Voltaje nominal de salida	120VAC	
Factor de potencia de Salida	0,8	
Potencia W	1000VA/800W	3000VA/2400 W
Tipo de onda de salida	Senoidal pura	
Otros voltajes de salida configurables	110/120VAC	
Tiempo de transferencia	10 / 20 ms	
Cantidad de hilos	3(Fase +Neutro+GND)	
Regulación de voltaje	<+/-5%	
Sobre tension de energía	2 * Potencia Nominal por 5 Segundos	
Frecuencia nominal de salida	50Hz/60Hz	
Capacidad de sobrecarga	5s@≥150% de carga; 10s@110%~150% de carga.	
Protecciones corto circuito	Modo línea: Fusible Modo Batería: Circuito electrónico	
Conexión	Bornera	
Eficiencia	Modo Línea 90%	
<b>Especificaciones de las Baterías</b>		
Tipo de baterías	VRLA / GS / FT / OPz / GEL	
Voltaje DC	12VDC	24VDC
<b>Especificaciones de Cargador Red</b>		
Corriente	10/20 A	20/30 A
Voltaje de carga flotación	13,5VDC	27VDC
Protección de sobre voltage	15,5VDC	31VDC
<b>Especificaciones de Cargador Solar</b>		
PotenciaW	500W	1500W
Eficiencia	98%	
Max PV VOC	102VDC	145VDC
Rango de Operación PV MPPT	15~80VDC	30~115VDC
Min Voltaje de Batería para PV caragdor	8,5VDC	17VDC
<b>Especificaciones Cargador Red y Solar</b>		
Max Corriente de carga	60A	90A
Configuración por defecto	40A	60A
<b>Especificaciones Físicas</b>		
Dimensiones (Altura x Ancho x Profundo)	316 x 240 x 95 mm	479 x 295 x 140 mm
Peso Neto Kg (Sin Baterías)	5,2	11,5
Display LCD	Display LCD todos los parámetros Condiciones de la carga, capacidad de la Batería, alarmas visuales y auditivas. Estado de operación del UPS (bypass, Línea, Baterías, Falla)	
Conexión de Baterías Externo	Conector bornera	
Interface	La UPS puede ser monitoreada por un PC via USB	La UPS puede ser monitoreada por un PC via RS232-USB
Tarjeta de red	NA	Para monitoreo y gestión a través de SNMP (Opcional solo 3KVA)
Conexión Paralelo	NA	hasta 6 unidades
Software	software Windows XP, Windows , Linux	
Gabinete	Tipo pared(indoor) NEMA Tipo 1	
<b>Especificaciones Ambientales</b>		
Humedad	5% - 95% sin condensacion	
Temperatura de Operación	0°C - 55°C	
Temperatura de almacenamieto	0°C - 55°C	

\* Sujeto a modificaciones sin previo aviso, según requerimiento del cliente, según disponibilidad de inventario y/o bajo pedido del cliente. \* Fotos de referencia, accesorios se venden por separado.

## Anexo 4: Informe obtenido de PVsyst

PVSYST 7.0.12		20/10/20	Página 1/5
<b>Sistema conectado a la red: Parámetros de simulación</b>			
<b>Proyecto : SISTEMA FOTOVOLTAICO</b>			
<b>Sitio geográfico</b>	<b>Fusagasugá</b>	<b>País</b>	<b>Colombia</b>
<b>Situación</b>	Latitud 4.34° N	Longitud	-74.38° W
Tiempo definido como	Hora Legal Zona horaria UT-5	Altitud	1654 m
<b>Datos meteo:</b>	<b>Fusagasugá</b>	Meteonorm 7.3 (1988-1997), Sat=61% - Sintético	
<b>Variante de simulación : Nueva variante de simulación</b>			
	Fecha de simulación	20/10/20 19h11	
<b>Parámetros de simulación</b>	Tipo de sistema	<b>Sin escena 3D definida, sin sombras</b>	
<b>Orientación plano de colector</b>	Inclinación	15°	Azimut 0°
<b>Modelos usados</b>	Transposición	Hay	Difuso Perez, Meteonorm Circunsolar separado
<b>Horizonte</b>	Horizonte libre		
<b>Sombreados cercanos</b>	Sin sombreados		
<b>Almacenamiento</b>	Tipo	Autoconsumo	
	Estrategia de carga	Cuando hay un exceso de potencia solar	
	Estrategia de descarga	Tan pronto como se necesite potencia	
<b>Necesidades del usuario :</b>	Carga constante fija	31.7 kW	Global 278 MWh/Año
<b>Características del conjunto FV</b>			
<b>Módulo FV</b>	Si-mono	Modelo	<b>JKM 340M-72</b>
Base de datos PVsyst original		Fabricante	Jinkosolar
Número de módulos FV		En series	1 módulos
Número total de módulos FV	núm. de módulos	1	En paralelo 1 cadenas
Potencia global del conjunto	Nominal (STC)	<b>340 Wp</b>	Unidad Nom. Potencia 340 Wp
Caract. funcionamiento del conjunto (50°C)	U mpp	35 V	En cond. de funcionam. 307 Wp (50°C)
Área total	Área del módulo	<b>1.9 m²</b>	I mpp 8.8 A
			Área celular 1.7 m²
<b>Inversor</b>		Modelo	<b>POWEST 1Kva</b>
Definición de parámetros personalizados		Fabricante	POWEST
Características	Unidad Nom. Potencia	<b>1.00 kWca</b>	Voltaje de funcion. 15-80 V
Paquete de inversores	Potencia total	<b>1.00 kWca</b>	Proporción Pnom 0.68
	Núm. de inversores	1 unidades	
<b>Total</b>	Potencia total	<b>0.5 kWca</b>	Proporción Pnom 0.68
<b>Batería</b>		Modelo	<b>TB12-55</b>
		Fabricante	TB PLUS
Características del paquete de baterías	Núm. de unidades	1	
	Voltaje	13 V	Capacidad nominal 110 Ah (C10)
	Descarga mín. SOC	20.0%	Energía almacenada 1.2 kWh
	Temperatura	Fijo (25°C)	
<b>Cargador de entrada de batería</b>		Modelo	Genérico
	Potencia máx. de carga	0.4 kWcc	Eficiencia máx./ euro 97.0/95.0%
<b>Inversor batería a red</b>		Modelo	Genérico
	Potencia máx. de descarga	0.0 kWca	Eficiencia máx./ euro 97.0/95.0%
<b>Factores de pérdida del conjunto FV</b>			
Factor de pérdida térmica	Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (viento) 0.0 W/m²K / m/s

## Sistema conectado a la red: Parámetros de simulación

Pérdida óhmica en el cableado	Res. conjunto global	67 mΩ	Fracción de pérdida	1.5 % en STC
Pérdida de calidad módulo			Fracción de pérdida	-0.8 %
Pérdidas de desajuste de módulo			Fracción de pérdida	2.0 % en MPP
Pérdidas de desajuste de cadenas			Fracción de pérdida	0.10 %
Efecto de incidencia, parametrización ASHRAE	IAM =	$1 - b_0 (1/\cos i - 1)$	Parám. bo	0.05



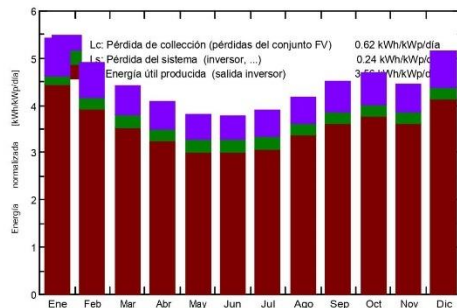
Sistema conectado a la red: Resultados principales

Proyecto : **SISTEMA FOTOVOLTAICO**  
 Variante de simulación : **Nueva variante de simulación**

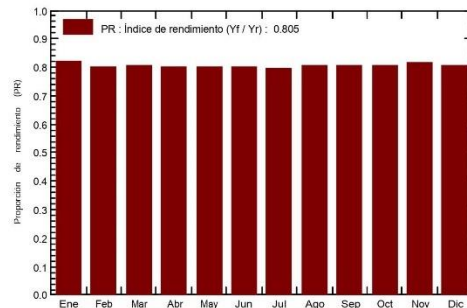
<b>Principales parámetros del sistema</b>	Tipo de sistema Orientación campo FV Módulos FV Conjunto FV Inversor Necesidades del usuario	Tipo de sistema inclinación Modelo Núm. de módulos Modelo Carga constante fija	<b>Sin escena 3D definida, sin sombras</b> 15° JKM 340M-72 1 POWEST 1Kva 31.7 kW	azimut 0° Pnom 340 Wp Pnom total <b>340 Wp</b> Pnom 500 W ac Global 278 MWh/año
---	---	---	---	---

<b>Resultados principales de simulación</b>	Producción del sistema Envejecimiento de la batería (Estado de desgaste) Duración de vida de batería	<b>Energía producida 441.6 kWh/año</b> Proporción de rendimiento (PR) 80.51 % Steps SOW 99.9% 8.0 años	Prod. específica 1299 kWh/kWp/año Fracción solar (SF) 0.16 % SOW estático 87.5%
---	--	---	---

Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 340 Wp



Proporción de rendimiento (PR)



Nueva variante de simulación  
Balances y resultados principales

	GlobHor kWh/m <sup>2</sup>	DiffHor kWh/m <sup>2</sup>	T_Amb °C	GlobInc kWh/m <sup>2</sup>	GlobEff kWh/m <sup>2</sup>	EArray kWh	E_User kWh	E_Solar kWh	E_Grid kWh	EFrGrid kWh
Enero	155.0	66.31	18.52	167.4	163.0	48.61	23570	46.71	0.000	23523
Febrero	131.5	59.69	18.86	136.9	133.2	39.70	21289	37.31	0.000	21252
Marzo	137.3	74.57	18.88	136.5	132.2	39.99	23570	37.35	0.000	23533
Abril	128.7	63.32	18.63	122.4	118.1	35.85	22810	33.26	0.000	22776
Mayo	128.4	65.32	18.87	117.6	112.9	34.55	23570	31.91	0.000	23538
Junio	127.5	63.18	18.62	113.5	108.5	33.39	22810	30.85	0.000	22779
Julio	134.3	62.43	19.09	120.3	115.1	35.20	23570	32.57	0.000	23537
Agosto	138.0	79.22	19.02	129.6	124.5	38.23	23570	35.53	0.000	23534
Septiembre	137.5	70.33	18.42	134.6	130.0	39.40	22810	36.82	0.000	22773
Octubre	140.4	63.40	18.35	144.8	140.7	42.31	23570	39.69	0.000	23530
Noviembre	126.8	71.55	18.14	133.4	129.5	39.43	22810	36.94	0.000	22773
Diciembre	145.1	57.03	18.37	158.9	154.9	46.09	23570	43.46	0.000	23526
Año	1630.5	796.34	18.65	1616.1	1562.6	472.76	277517	442.40	0.000	277074

Legendas: GlobHor Irradiación horizontal global  
 DiffHor Irradiación difusa horizontal  
 T\_Amb T amb.  
 GlobInc Global incidente plano receptor  
 GlobEff Global efectivo, corr. para IAM y sombreados  
 EArray Energía efectiva a la salida del conjunto  
 E\_User Energía suministrada al usuario  
 E\_Solar Energía del sol  
 E\_Grid Energía inyectada en la red  
 EFrGrid Energía de la red

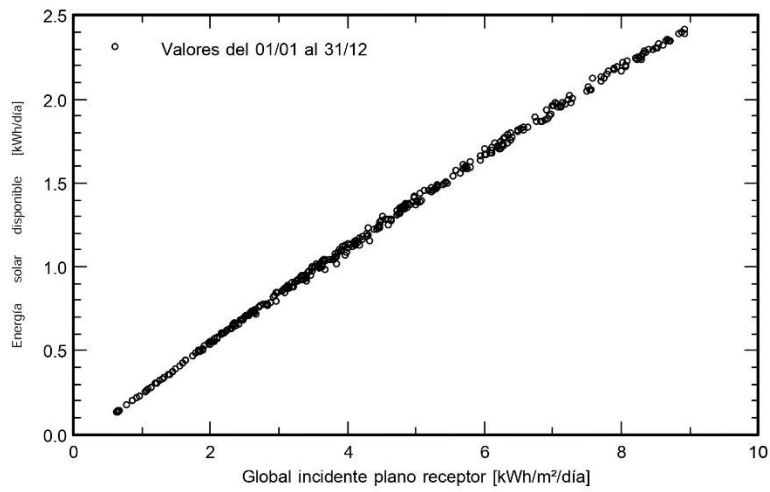
Sistema conectado a la red: Gráficos especiales

Proyecto : **SISTEMA FOTOVOLTAICO**

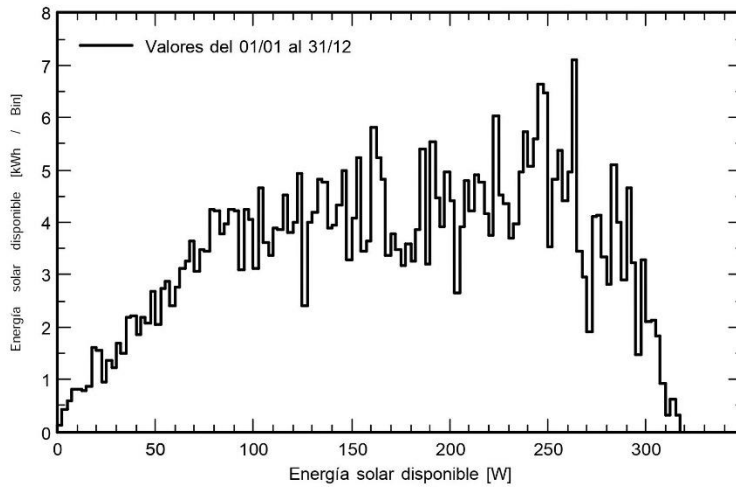
Variante de simulación : **Nueva variante de simulación**

<b>Principales parámetros del sistema</b>	Tipo de sistema	<b>Sin escena 3D definida, sin sombras</b>		
Orientación campo FV	inclinación	15°	azimut	0°
Módulos FV	Modelo	JKM 340M-72	Pnom	340 Wp
Conjunto FV	Núm. de módulos	1	Pnom total	<b>340 Wp</b>
Inversor	Modelo	POWEST 1Kva	Pnom	500 W ac
Necesidades del usuario	Carga constante fija	31.7 kW	Global	278 MWh/año

**Diagrama entrada/salida diaria**



**Distribución de potencia de salida del sistema**

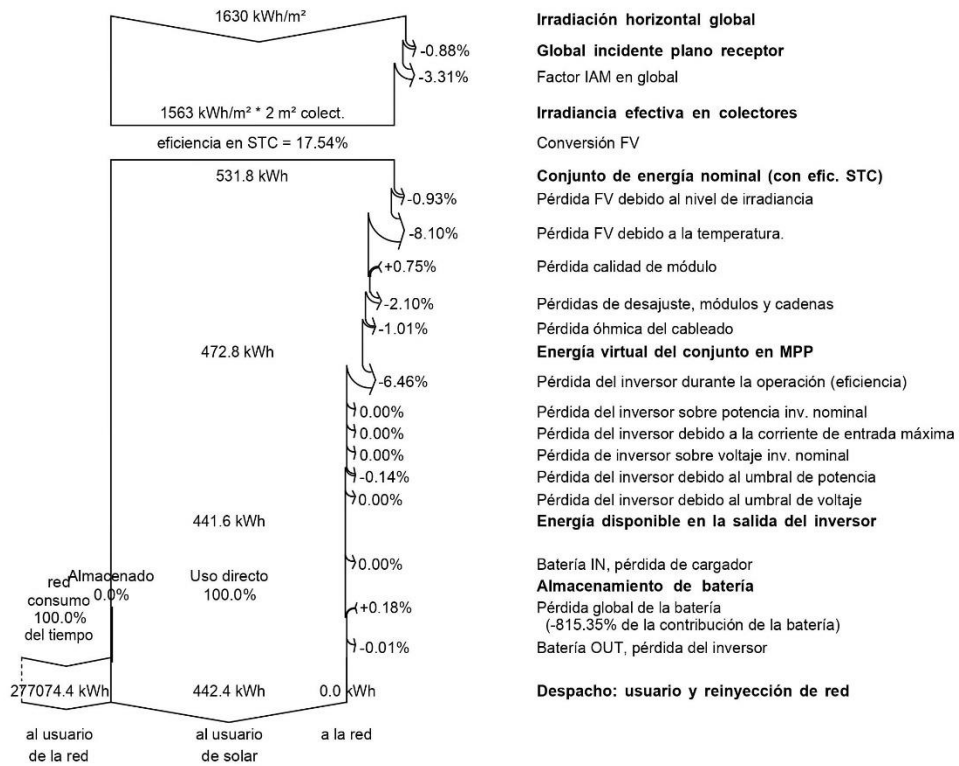


Sistema conectado a la red: Diagrama de pérdida

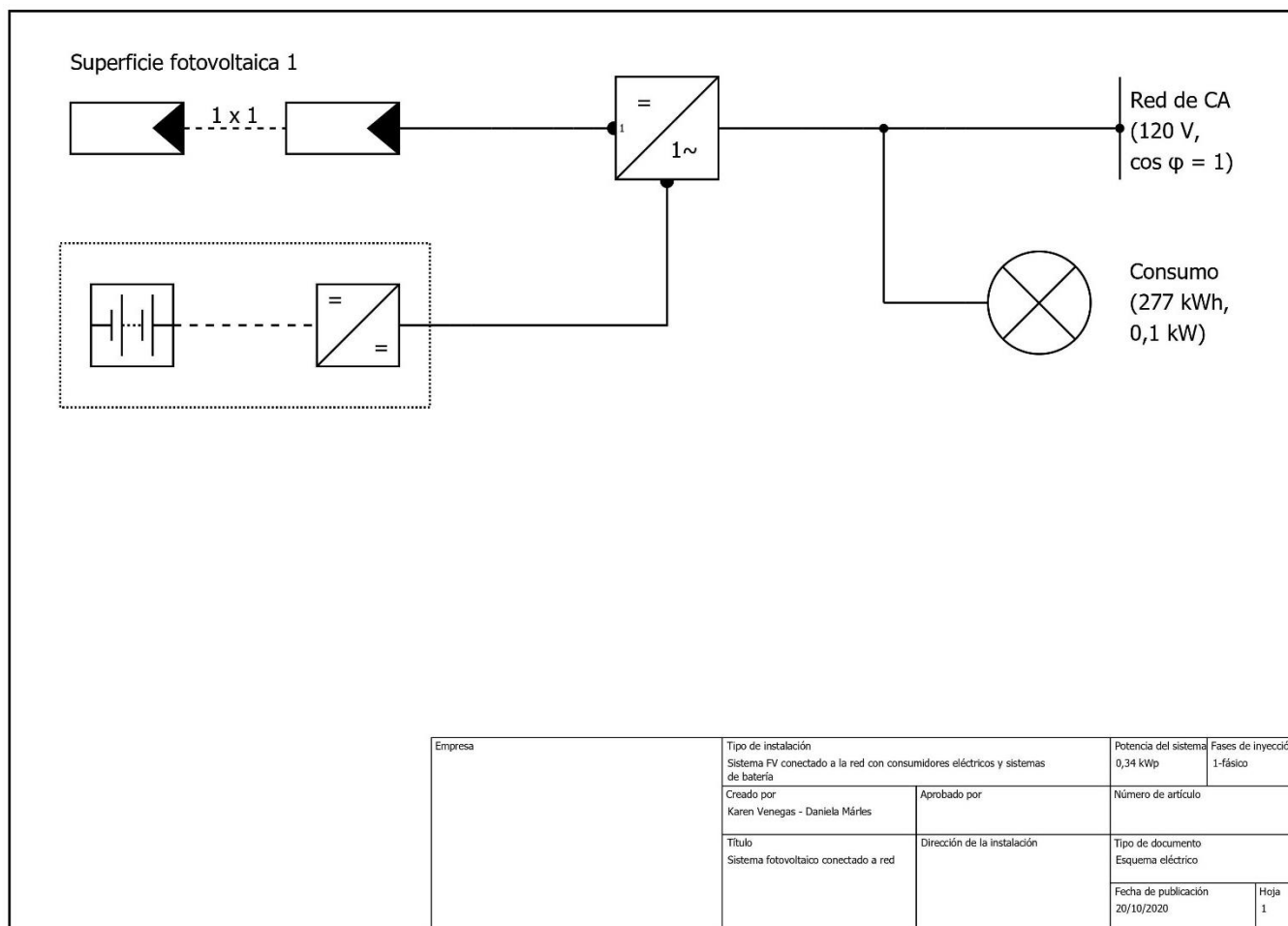
**Proyecto :** SISTEMA FOTOVOLTAICO  
**Variante de simulación :** Nueva variante de simulación

<b>Principales parámetros del sistema</b>	Tipo de sistema	<b>Sin escena 3D definida, sin sombras</b>	
Orientación campo FV	inclinación	15°	azimut 0°
Módulos FV	Modelo	JKM 340M-72	Pnom 340 Wp
Conjunto FV	Núm. de módulos	1	Pnom total <b>340 Wp</b>
Inversor	Modelo	POWEST 1Kva	Pnom 500 W ac
Necesidades del usuario	Carga constante fija	31.7 kW	Global 278 MWh/año

Diagrama de pérdida durante todo el año



**Anexo 5: Esquema eléctrico sistema híbrido de generación hecho en PVSOL**



## Anexo 6: Informe obtenido de PVSOL

**Nombre del proyecto:** Sistema fotovoltaico conectado a red

6/11/2020

### Documentación

---

**Datos del cliente**

Empresa: Semillero de investigación en agrónica, medio ambiente y energías limpias (SIAMEL)

Número de cliente: \_\_\_\_\_

Persona de contacto: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

Teléfono: \_\_\_\_\_

Fax: \_\_\_\_\_

E-mail: \_\_\_\_\_

---

**Datos del proyecto**

Nombre del proyecto: Sistema fotovoltaico conectado a red

N.º de oferta: \_\_\_\_\_

Autor: Karen Venegas - Daniela Márles

Dirección: \_\_\_\_\_



### Sistema fotovoltaico conectado a red

**Autor:** Karen Venegas - Daniela Márles

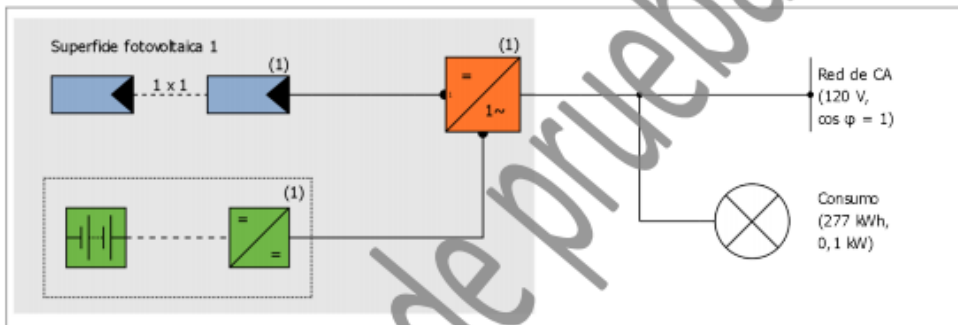
**Cliente:** Semillero de investigación en agrónica, medio ambiente y energías limpias (SIAMEL)

## Vista general del proyecto

### Instalación FV

#### Sistema FV conectado a la red con consumidores eléctricos y sistemas de batería

Datos climáticos	Fusagasugá, COL (1991 - 2010)
Potencia generador FV	0,34 kWp
Superficie generador FV	1,9 m <sup>2</sup>
Número de módulos FV	1
Número de inversores	1
N.º de sistemas de baterías	1



## Sistema fotovoltaico conectado a red

Autor: Karen Venegas - Daniela Márles

Cliente: Semillero de investigación en agrónoma, medio ambiente y energías limpias (SIAMEL)

### El rendimiento

El rendimiento	
Energía de generador FV (Red CA)	381 kWh
Consumo propio directa	173 kWh
Carga de baterías	142 kWh
Inyección en la red	209 kWh
Limitación en el punto de inyección	0 kWh
Proporción de consumo propio	45,5 %
Grado de autarquía	52,1 %
Rendimiento anual espec.	1.120,05 kWh/kWp
Coefficiente de rendimiento de la instalación (PR)	60,6 %
Emisiones de CO <sub>2</sub> evitadas	157 kg / año

### Evaluación económica

Su beneficio	
Costes totales de inversión	510,00 \$
Rentabilidad del activo	6,54 %
Duración amortización	11,9 Años
Costes de producción de energía	0,07 \$/kWh
Balance / Concepto de alimentación	Net-Metering

## Sistema fotovoltaico conectado a red

Autor: Karen Venegas - Daniela Márles

Cliente: Semillero de investigación en agrónoma, medio ambiente y energías limpias (SIAMEL)

### Disposición de la instalación

#### Resumen

Datos del sistema	
Tipo de instalación	Sistema FV conectado a la red con consumidores eléctricos y sistemas de batería
Puesta en marcha	4/10/2020
Datos climáticos	
Ubicación	Fusagasugá, COL (1991 - 2010)
Resolución de los datos	1 h
Modelos de simulación utilizados:	
- Radiación difusa sobre la horizontal	Hofmann
- Radiación sobre superficie inclinada	Hay & Davies
Consumo	
Consumo total	277 kWh
CARGADOR DE PC 1	55 kWh
BOMBILLO LED	66 kWh
SENSORES	29 kWh
MOTOBOMBA	73 kWh
CARGADOR DE PC 2	55 kWh
Pico de carga	0,1 kW

## Superficies de módulos

### 1. Superficie fotovoltaica - Superficie fotovoltaica 1

#### Generador FV, 1. Superficie fotovoltaica - Superficie fotovoltaica 1

Nombre	Superficie fotovoltaica 1
Módulos FV	1 x JKM340M-72 Plus (v1)
Fabricante	Jinko Solar
Inclinación	15 °
Orientación	Sur 180 °
Situación de montaje	Sobre soportes - superficie libre
Superficie generador FV	1,9 m <sup>2</sup>

#### Sombreado, 1. Superficie fotovoltaica - Superficie fotovoltaica 1

Sombreado	0 %
-----------	-----



#### Degradación de los módulos, 1. Superficie fotovoltaica - Superficie fotovoltaica 1

Potencia restante al cabo de 20 años	100 %
--------------------------------------	-------

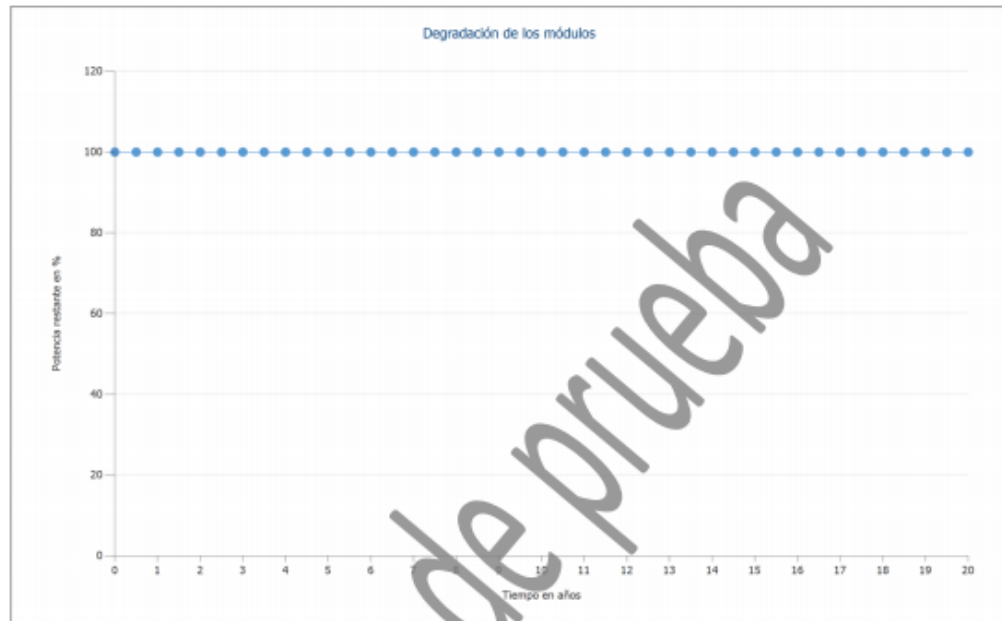


Figura: Degradación de los módulos, 1. Superficie fotovoltaica - Superficie fotovoltaica 1

## Conexión del inversor

### Conexión 1

Superficie fotovoltaica	Superficie fotovoltaica 1
Inversor 1	
Modelo	POWEST 1KVA (v4)
Fabricante	Example
Cantidad	1
Factor de dimensionamiento	42,5 %
Conexión	MPP 1: 1 x 1

## Red de CA

### Red de CA

Número de fases	1
Tensión de red (monofásico)	120 V
Factor de desfase (cos phi)	+/- 1



Creado con PV\*SOL premium 2020 (R9) Versión de prueba  
Valentin Software GmbH

Página 5 de 21

## Sistema fotovoltaico conectado a red

Autor: Karen Venegas - Daniela Mártes

Cliente: Semillero de investigación en agrónoma, medio ambiente y energías limpias (SIAMEL)

## Instalaciones de batería

### Instalación de batería

Modelo	TB12-55 (12V55AH) (v1)
Fabricante	Example
Cantidad	1
Inversor de baterías	
Tipo de conexión	Conexión de circuito intermedio CC
Potencia nominal	0,5 kW
Batería	
Fabricante	Example
Modelo	12 V - 109 Ah - Pb valve regulated (v2)
Cantidad	1
Energía de la batería	0,9 kWh
Tipo de batería	Plomo-ácido - Sellada (gel)



# Resultados de simulación

## Resultados Sistema completo

### Instalación FV

Potencia generador FV	0,3 kWp
Rendimiento anual espec.	1.120,05 kWh/kWp
Coefficiente de rendimiento de la instalación (PR)	60,6 %
Energía de generador FV (Red CA) con batería	381 kWh/Año
Limitación en el punto de inyección	0 kWh/Año
Emisiones de CO <sub>2</sub> evitadas	157 kg / año

### Consumidores

Consumidores	277 kWh/Año
Consumo Standby (Inversor)	55 kWh/Año
Consumo total	333 kWh/Año
cubierto mediante energía fotovoltaica con batería	173 kWh/Año
cubierto mediante red	159 kWh/Año
Excedente de energía	48,3 kWh/Año
Fracción de cobertura solar	114,5 %

### Instalación de batería

Carga al principio	1 kWh
Carga de baterías (Instalación FV)	142 kWh/Año
Energía procedente de las baterías destinada para consumo	95 kWh/Año
Pérdidas debido a la carga/descarga	34 kWh/Año
Pérdidas en batería	14 kWh/Año
Carga de ciclos	6,3 %
Vida útil	>12 Años

### Grado de autarquía

Consumo total	333 kWh/Año
cubierto mediante red	159 kWh/Año
Grado de autarquía	52,1 %



## Sistema fotovoltaico conectado a red

Autor: Karen Venegas - Daniela Márlas

Cliente: Semillero de investigación en agrónoma, medio ambiente y energías limpias (SIAMEL)

### Gráfico de flujo de energía

Proyecto: Sistema fotovoltaico conectado a red

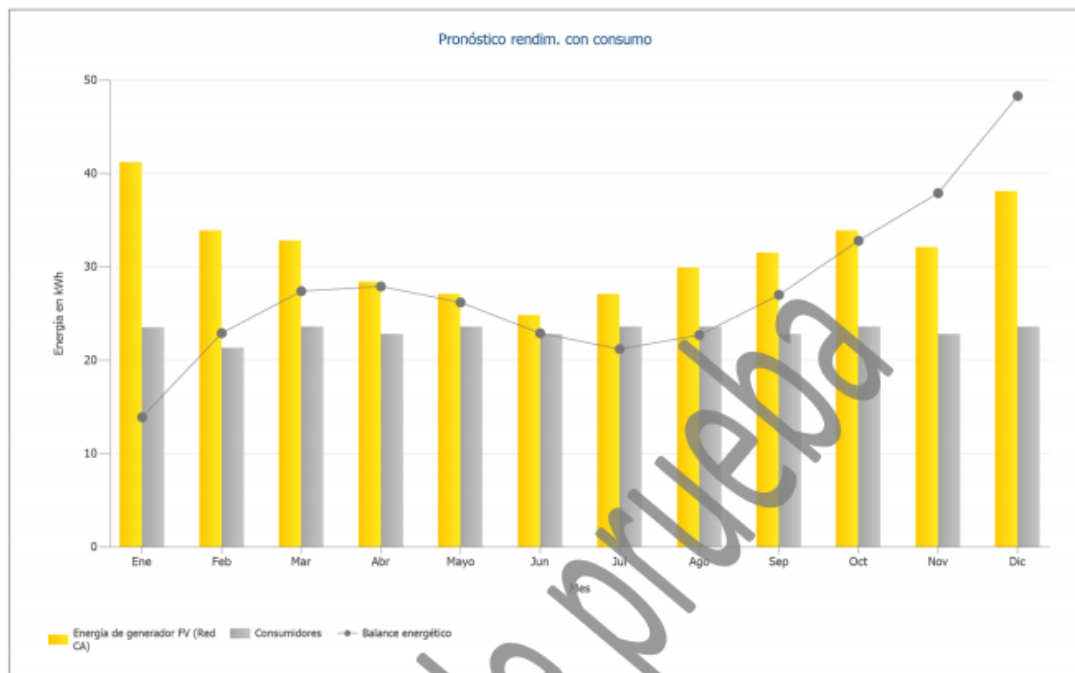
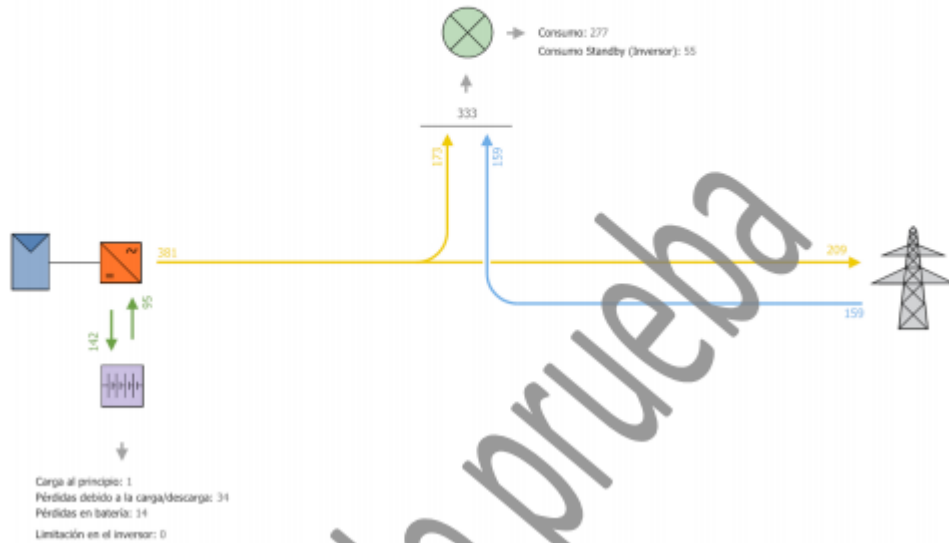


Figura: Pronóstico rendim. con consumo

Resultados por superficie de módulos

## Sistema fotovoltaico conectado a red

Autor: Karen Venegas - Daniela Márles

Cliente: Semillero de investigación en agrónoma, medio ambiente y energías limpias (SIAMEL)

# Balance energético de instalación fotovoltaica

### Balance energético de instalación fotovoltaica

<b>Radiación global horizontal</b>	<b>1.606,36 kWh/m<sup>2</sup></b>	
Desviación del espectro estandar	-16,06 kWh/m <sup>2</sup>	-1,00 %
Reflexión del suelo (albedo)	5,42 kWh/m <sup>2</sup>	0,34 %
Orientación y inclinación de la superficie de módulos	-18,55 kWh/m <sup>2</sup>	-1,16 %
Sombreado	0,00 kWh/m <sup>2</sup>	0,00 %
Reflexión en la superficie del módulo	-15,87 kWh/m <sup>2</sup>	-1,01 %
<b>Irradiación global sobre módulo</b>	<b>1.561,30 kWh/m<sup>2</sup></b>	
	1.561,30 kWh/m <sup>2</sup>	
	x 1,04 m <sup>2</sup>	
	= 3.029,47 kWh	
<b>Irradiación global fotovoltaica</b>	<b>3.029,47 kWh</b>	
Ensuciamiento	0,00 kWh	0,00 %
Conversión STC (eficiencia nominal de módulo 17,53 %)	-2.498,36 kWh	-82,47 %
<b>Energía fotovoltaica nominal</b>	<b>531,11 kWh</b>	
Rendimiento con luz débil	-13,66 kWh	-2,57 %
Desviación de la temperatura nominal del módulo	-16,32 kWh	-3,15 %
Diodos	-2,51 kWh	-0,50 %
Inadecuación (datos del fabricante)	0,00 kWh	0,00 %
Conversion STC (eficiencia nominal de modulo 17,53 %)	-2.498,36 kWh	-82,47 %
<b>Energía fotovoltaica nominal</b>	<b>531,11 kWh</b>	
Rendimiento con luz débil	-13,66 kWh	-2,57 %
Desviación de la temperatura nominal del módulo	-16,32 kWh	-3,15 %
Diodos	-2,51 kWh	-0,50 %
Inadecuación (datos del fabricante)	0,00 kWh	0,00 %
Inadecuación (Conexión/sombreado)	0,00 kWh	0,00 %
<b>Energía fotovoltaica (CC) sin limitación de corriente por inversor</b>	<b>498,63 kWh</b>	
Potencia de arranque DC no alcanzada	-9,42 kWh	-1,89 %
Regulación por rango de tensión MPP	0,00 kWh	0,00 %
Regulación por corriente CC máx.	0,00 kWh	0,00 %
Regulación por potencia CC máx.	0,00 kWh	0,00 %
Regulación por potencia CA máx. / cos phi	0,00 kWh	0,00 %
Adaptación MPP	-20,94 kWh	-4,28 %
<b>Energía FV (DC)</b>	<b>468,26 kWh</b>	
<b>Energía en la entrada del inversor</b>	<b>468,26 kWh</b>	
Carga del acumulador de CC	-141,53 kWh	-
Descarga del acumulador de CC	94,83 kWh	-
Desviación de la tensión de entrada de la tensión nominal	-0,77 kWh	-0,18 %
Conversión DC/AC	-40,27 kWh	-9,57 %
Consumo Standby (Inversor)	-55,19 kWh	-14,50 %
Pérdida total de cables	0,00 kWh	0,00 %
<b>Energía fotovoltaica (CA) menos consumo en modo de espera</b>	<b>325,34 kWh</b>	
<b>Energía de generador FV (Red CA)</b>	<b>380,82 kWh</b>	

## Sistema fotovoltaico conectado a red

Autor: Karen Venegas - Daniela Márles

Cliente: Semillero de investigación en agrónoma, medio ambiente y energías limpias (SIAMEL)

# Análisis de rentabilidad

## Resumen

### Datos del sistema

Energía de generador FV (Red CA)	381 kWh/Año
Potencia generador FV	0,3 kWp
Puesta en marcha de la instalación	4/10/2020
Periodo de consideración	20 Años
Interés del capital	1 %

### Parámetros económicos

Rentabilidad del activo	6,54 %
Cashflow acumulado (caja)	354,02 \$
Duración amortización	11,9 Años
Costes de producción de energía	0,07 \$/kWh

### Resumen de pagos

costes específicos de inversión	1.500,00 \$/kWp
Coste de la inversión	510,00 \$
Pagos únicos	0,00 \$

## Hojas

### Hoja de datos módulo FV

#### Módulo FV: JKM340M-72 Plus (v1)

Fabricante	Jinko Solar
Suministr.	Sí

#### Datos eléctricos

Tipo de célula	Si monocristalino
Sólo apto para transf. inversor	No
Número de células	72
Número de diodos de bypass	1
Módulo de media celda	No

#### Datos mecánicos

Anchura	992 mm
Alto	1956 mm
Profundidad	40 mm
Ancho del marco	35 mm
Peso	26,5 kg

#### Caract. U/I- STC

Tensión en MPP	38,7 V
Corriente en MPP	8,79 A
Potencia nominal	340 W
Eficiencia	17,53 %

Tens. circ. abierto	47,1 V
Corriente de cortocircuito	9,24 A
Factor de forma	78,16 %
Aumento tensión de circuito abierto antes de estabil.	0 %
<b>Características U/I con carga parcial (calculado)</b>	
Fuente de los valores	Estándar (Modelo PV*SOL)
Irradiación	200 W/m <sup>2</sup>
Tensión en el MPP con carga parcial	36,58 V
Corriente en el MPP con carga parcial	1,76 A
Tens. circ. abierto con carga parcial	42,4 V
Corriente de cortocircuito con carga parcial	1,85 A
<b>Varios</b>	
Coefficiente de tensión	-116,8 mV/K
Coef. corriente	5,1 mA/K
Coefficiente de potencia	-0,36 %/K
Factor corr. angular	99 %
Tensión máxima del sistema	1000 V

## Hoja de datos inversor

Inversor: POWEST 1KVA (v4)

Fabricante	Example
Suministr.	Sí
<b>Datos eléctricos</b>	
Potencia nominal DC	0,5 kW
Potencia nom. CA	0,8 kW
Potencia DC máx.	0,5 kW
Potencia AC máx.	1 kVA
Consumo Standby	15 W
Consumo nocturno	15 W
Mín. Potencia introducida	30 W
Corriente máx. de entrada	60 A
Tensión máxima de entrada	102 V
Tensión nominal DC	12 V
Número de fases	1
Número de entradas DC	1
Con transf.	No
Modificación del grado de rend. en caso de desviación de la tensión de entrada de la tensión nominal	1 %/100V
<b>Seguidor MPP</b>	
Rango de potencia < 20% de la potencia nominal	93,5 %
Rango de potencia > 20% de la potencia nominal	96 %
Número de seguidores MPP	1
Corriente máx. de entrada	20 A
Potencia de entrada máx.	0,5 kW
Tensión MPP min.	15 V
Tensión MPP máx.	80 V

## Hoja de datos del sistema de baterías

### Instalación de batería: TB12-55 (12V55AH) (v1)

Fabricante	Example
Potencia nominal	0,5 kW
Potencia máx. de carga	0,9 kW
Potencia máx. de descarga	0,8 kW
Baterías	1 x 12 V - 109 Ah - Pb valve regulated (v2)
Fabricante batería	Example
Capacidad	109 Ah
Tensión CC de sistema de baterías	12,0 V



Creado con PV\*SOL premium 2020 (R9) Versión de prueba  
Valentin Software GmbH

Página 18 de 21

### Sistema fotovoltaico conectado a red

Autor: Karen Venegas - Daniela Márles

Cliente: Semillero de investigación en agrónoma, medio ambiente y energías limpias (SIAMEL)

## Hoja batería

### Batería: 12 V - 109 Ah - Pb valve regulated (v2)

Fabricante	Example
Suministr.	Sí
<b>Datos mecánicos</b>	
Longitud	280 mm
Anchura	210 mm
Alto	390 mm
Peso	52 kg
<b>Datos eléctricos</b>	
Auto-descarga	3 %/Mes
Número de células en serie	6
Tensión nominal	12 V
Resistencia interna	11 mΩ
Durabilidad en ciclos de carga-descarga (DoD = 40 %)	3700
<b>Tipo</b>	
Tipo de batería	Plomo-ácido - Sellada (gel)

## Anexo 7: Informe obtenido de Calculation Solar

Semillero de investigación SIAMEL  
Daniela Marles, Karen Venegas  
Fusagasuga, Cundinamarca, Colombia

23-10-2020

### Cálculo instalación solar fotovoltaica aislada

Se realiza un informe de una instalación solar fotovoltaica aislada de la red a partir de los datos de entrada introducidos considerando los consumos estimados según las necesidades y el uso de los mismos y la radiación solar en función a la ubicación, orientación e inclinación de la instalación.

### DATOS DE UBICACION Y ORIENTACIÓN

La instalación esta situada : Cra. 24b #198, Fusagasugá, La Serena, Fusagasugá, Cundinamarca, Colombia

En las coordenadas :4.339459, -74.374715

El campo fotovoltaico estará dispuesto con las siguientes características:

- Inclinación :15 °
- Desorientación respecto al Sur :0 °

Usara un sistema de corriente alterna con un voltaje de 110 V

El sistema dispone de generador auxiliar

### CONSUMOS.

Se calcula el consumo a partir del uso de los electrodomésticos y la iluminación por día. A continuación se muestra las tablas de elementos existentes y sus consumos:

Consumo electrodomesticos (día)			
Aparato	Horas	Energía	Total
CARGADOR PC1	1	150 W	150 Wh
SENSORES	8	10 W	80 Wh
BOMBA	4	50 W	200 Wh
CARGADOR PC2	1	150 W	150 Wh
TOTAL			580 Wh/d

Consumo por Iluminación (día)				
Tipo	Nº	Horas	Energía	Total
BOMBILLO	1	10	18 W	180 Wh
TOTAL				180 Wh/d

TOTAL ENERGIA TEORICA DIARIA 760 WH/DIA

Para el calculo del rendimiento (Performance Ratio) se han utilizado los siguientes parametros:

<b>Coefficiente perdidas en batería</b>	<b>5 %</b>
<b>Coefficiente autodescarga batería</b>	<b>0.5 %</b>
<b>Profundidad de descarga batería</b>	<b>60 %</b>
<b>Coefficiente perdidas conversión DC/AC</b>	<b>10 %</b>
<b>Coefficiente perdidas cableado</b>	<b>5 %</b>
<b>Autonomía del sistema</b>	<b>2 d</b>
<b>Rendimiento General</b>	<b>78.67 %</b>

Lo que nos proporciona los siguientes resultados de energía.

**TOTAL ENERGIA REAL DIARIA (WH/DIA): 966.06**

Se trata de una (vivienda de Uso habitual con los siguientes consumos distribuidos por meses a lo largo del año.

	Ene	Feb	Mar	Abl	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
% mes	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Consumos (W)	966	966	966	966	966	966	966	966	966	966	966	966

## HORAS SOL PICO

Para el calculo de las hora son pico, se ha utilizado la base de datos NREL-NASA, contemplando la inclinación y orientación elegidas, así como los datos de localización del lugar.

La declinación solar se ha calculado con la siguiente formula:

$$[1] \delta = 23,45 \cdot \sin \left( 360 \cdot \frac{284 + \delta_n}{365} \right)$$

$\delta$ : declinación (grados)  
 $\delta_n$ : día del año (1...365, tomado 1 para el día de enero)

Se ha elegido un día de cada mes, que viene a coincidir con un día a mediados de mes.

Para el calculo de la elevación solar se han tomado los valores:

- $(90^\circ - \varphi - \delta)$  en el solsticio de invierno
  - $(90^\circ - \varphi + \delta)$  en el solsticio de verano
- siendo  $\varphi$  la latitud del lugar y  $\delta$  la declinación.

Para determinar la inclinación optima se han utilizado las siguientes premisas:

- $\beta = \varphi - \delta$  en el solsticio de verano
  - $\beta = \varphi + \delta$  en el solsticio de invierno
- pasando por el valor  $\beta = \varphi$  en los equinoccios  
 siendo  $\varphi$  la latitud del lugar y  $\delta$  la declinación.

Para la estimación del parametro rad\_glo\_op, se ha usado la siguiente fórmula:

$$G_a(\beta_{opt}) = \frac{G_a(0)}{1 - 4,46 \cdot 10^{-4} \cdot \beta_{opt} - 1,19 \cdot 10^{-4} \cdot \beta_{opt}^2}$$

$G_a(\beta_{opt})$ : valor medio anual de la irradiación global sobre superficie con inclinación óptima ( $\text{kW} \cdot \text{h} / \text{m}^2$ )  
 $G_a(0^\circ)$ : media anual de la irradiación global horizontal ( $\text{kW} \cdot \text{h} / \text{m}^2$ )  
 $\beta_{opt}$ : inclinación óptima de la superficie ( $^\circ$ )

Para la obtención del factor de irradiancia (FI) se han utilizado las siguientes expresiones:

$$FI = 1 - [1,2 \times 10^{-4} (\beta - \beta_{opt})^2 + 3,5 \times 10^{-5} \alpha^2] \quad \text{para } 15^\circ < \beta < 90^\circ$$

$$FI = 1 - [1,2 \times 10^{-4} (\beta - \beta_{opt})^2] \quad \text{para } \beta \leq 15^\circ$$

$FI$ : Factor de radiación (sin unidades)  
 $\beta$ : Inclinación real de la superficie ( $^\circ$ )  
 $\beta_{opt}$ : inclinación óptima de la superficie ( $^\circ$ )  
 $\alpha$ : acimut de la superficie ( $^\circ$ )

Finalmente las horas sol pico (HSP) es el resultado de multiplicar la radiación global óptima ( $G_a(\beta_{opt})$ ) por el factor de irradiación (FI).



	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Días mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Declinación	-21.27°	-13.62°	-2.02°	9.78°	19.26°	23.39°	21.18°	13.12°	1.81°	-10.33°	-19.6°	-23.4°
Nº día/año	15	45	76	106	137	168	198	229	259	290	321	351
Elevación solar	64.39°	72.04°	83.64°	95.44°	104.92°	109.05°	106.84°	98.78°	87.48°	75.33°	66.06°	62.26°
Inclinación optima	25.61°	17.96°	6.36°	5.44°	14.92°	19.05°	16.84°	8.78°	2.52°	14.67°	23.94°	27.74°
rad_glo_hor	4.72	4.56	4.4	4.06	4.16	4.16	4.09	4.15	4.5	4.33	4.27	4.43
rad_glo_op	5.18	4.78	4.43	4.08	4.3	4.39	4.27	4.21	4.51	4.47	4.64	4.94
FI	0.99	1	0.99	0.99	1	1	1	1	0.98	1	0.99	0.98
HSP/día	5.13	4.78	4.39	4.04	4.3	4.39	4.27	4.21	4.42	4.47	4.59	4.85
HSP/mes	159.03	133.84	136.09	121.2	133.3	131.7	132.37	130.51	132.6	138.57	137.7	150.35
Temp dia max	22.8°	23.15°	23.07°	22.44°	22.15°	21.44°	21.59°	22.89°	23.69°	23.03°	22.44°	22.35°
Consu/HSP día	188.32	202.1	220.06	239.12	224.67	220.06	226.24	229.47	218.57	216.12	210.47	199.19

### CALCULOS DE MODULOS

Para el calculo del campo fotovoltaico se ha tenido en cuenta la inclinación y orientación elegidas, las HSP, el ratio de aprovechamiento del regulador de carga y las temperaturas medias mensuales diurnas del lugar elegido. Dando los siguientes valores:

- \* El mes más desfavorable según consumos: Abril
- \* Inclinación optima anual: 6.69°
- \* Inclinacion optima anual por consumos: 15.32°
- \* Inclinación elegida: 15°
- \* Azimut módulos : 0°
- \* Temperatura media mensual máxima diaria (3 meses): 22.55°
- \* Horas Sol Pico en meses más desfavorables: 4.04 HSP
- \* Energía Real Diaria desde módulos: 966.06 Wh/d
- \* Ratio de aprovechamiento regulador: 1
- \* Potencia pico módulos calculada: 247 Wp

La elección del módulo, tiene en cuenta los distintos parametros electricos, que determinan el rendimiento, las unidades necesarias y su acoplamiento con el regulador y bateria. A continuación se observan los detalles del modulo y los calculos elegidos.

JINKO SOLAR JKM340M-72 PLUS MONOCRISTALINO			
Voltaje a circuito abierto (voc):	47.1 V	Voltaje a potencia máxima (vmp):	38.7 V
Corriente de cortocircuito (isc):	9.24 A	Corriente a potencia máxima (imp):	8.79 A
Potencia máxima:	340 W	Coficiente de temperatura de Pmax:	-0.39 %/°C
Potencia real a Temperatura media max :	340.9555 Wp	Nº de módulos serie:	1
Potencia pico módulos total :	340 Wp	Nº de series paralelo:	1
Optimización instalación/necesidades mes mas desfavorable :	1.38	Total modulos :	1
El grado de optimización elección equipo/necesidades reales es de			138 %

## CALCULOS REGULADORES

Para la elección del regulador se tienen en cuenta los valores de tensión del sistema, los parametros de los módulos fotovoltaicos, lo que nos aporta un determinado grado de optimización. Ver a continuación:

- \* Tensión sistema: 12 V
- \* Tensión modulos Circuito abierto: 47.1 V
- \* Tensión modulos maxima potencia : 38.7 V
- \* Corriente de cortocircuito modulo: 9.24 A
- \* Corriente a potencia máxima modulo: 8.79 A
- \* N° de módulos serie instalar: 1
- \* N° de módulos paralelo instalar: 1
- \* Total modulos instalar: 1
- \* Intensidad modulo a tensión sistema (abierto): 9.24 A
- \* Intensidad modulo a tensión sistema (cerrado) : 8.79 A
- \* Intensidad total sistema (abierto) : 9 A

La elección del regulador ha sido la siguiente:

POWEST 1KVA MPPT			
Tensión:	12 V	Voltaje máximo:	102 V
Potencia nominal:	500 Wp	Consumo propio:	200 mA
Capacidad de carga:	60 A	Ratio aprovechamiento :	0.97
El grado de optimización elección equipo/necesidades reales es de		254 % N° Reguladores :	1

## CALCULOS BATERIAS

Para el calculo de la bateria, se ha tenido en cuenta, la energía necesaria, la tensión del sistema, así como la profundidad de descarga y la autonomía de dicho sistema en días.

- \* Tensión nominal de baterías: 12 V
- \* Profundidad de descarga de baterías: 60 %
- \* Autonomía del sistema: 2 días
- \* Energía Real Diaria: 966 Wh/día
- \* Capacidad útil baterías calculada: 161 Ah
- \* Capacidad real baterías calculada: 268 Ah

De lo que se desprende, que, adaptándonos al fabricante, utilizaremos una batería con 1 vasos en serie de 1 series en paralelo de 0 Ah en C40 , por serie, dando un total de 0 Ah en C40 y 12 V. Con esta acumulación se tendría la capacidad de almacenamiento de 2 días, con los consumos teóricos.

TB PLUS TB12-55 FLAT PLATE				
Capacidades de carga en función a sus horas de descarga:				
C 10: 55 Ah	C 20: 55 Ah	C 40: 0 Ah	C 100: 0 Ah	C 120: 0 Ah
Tensión:		12 V	Nº de elementos serie :	1
Capacidad nominal acumulador :		0 Ah	Nº de series paralelo :	1
Tensión nominal acumulador :		12 V	Total elementos :	1
El grado de optimización elección equipo/necesidades reales es de				0 %

### INVERSOR-CARGADOR

Para el dimensionado del inversor-cargador se han utilizado los siguientes datos:

- \* Tensión sistema DC: 12 V
- \* Tensión salida AC: 110 V
- \* Potencia máxima: 378 W
- \* Coeficiente Simultaneidad: 1
- \* Potencia mínima necesaria: 378 W
- \* Factor de seguridad: 0.9
- \* Potencia de calculo : 420 W

La elección del inversor-cargador ha sido la siguiente:

POWEST MPPT			
Tensión:	12 V	Potencia nominal:	800 W
Potencia continua:	800 W	Potencia instantanea:	1600 W
Consumo en vacio :	0 W	Eficiencia :	90 %
Ratio aprovechamiento :	53 %	Nº inversores :	1
El grado de optimización elección equipo/necesidades reales es de			190 %

### CICLO DE VIDA ÚTIL DEL SISTEMA

Elementos	Fabricante	Condiciones optimas
Modulo tipo -JINKO SOLAR JKM340M-72 PLUS MONOCRISTALINO	25 años	50 años
Regulador tipo - POWEST 1KVA MPPT	25 años	30 años
Bateria tipo - TB PLUS TB12-55 FLAT PLATE	6 años	13 años
Inversor tipo -POWEST MPPT	10 años	15 años
Instalación eléctrica	18 años	22 años

Para el calculo de la duración del sistema fotovoltaico, se ha tenido en cuenta, la garantía del fabricante y la mayor vida útil posible.

De lo que se desprende, que, el sistema durara 12 años.

## RESUMEN

Resumen de los elementos resultantes del calculo

Unidades	Elementos
1	Modulo tipo -JINKO SOLAR JKM340M-72 PLUS MONOCRISTALINO
1	Regulador tipo - POWEST 1KVA MPPT
1	Bateria tipo - TB PLUS TB12-55 FLAT PLATE
1	Inversor tipo -POWEST MPPT

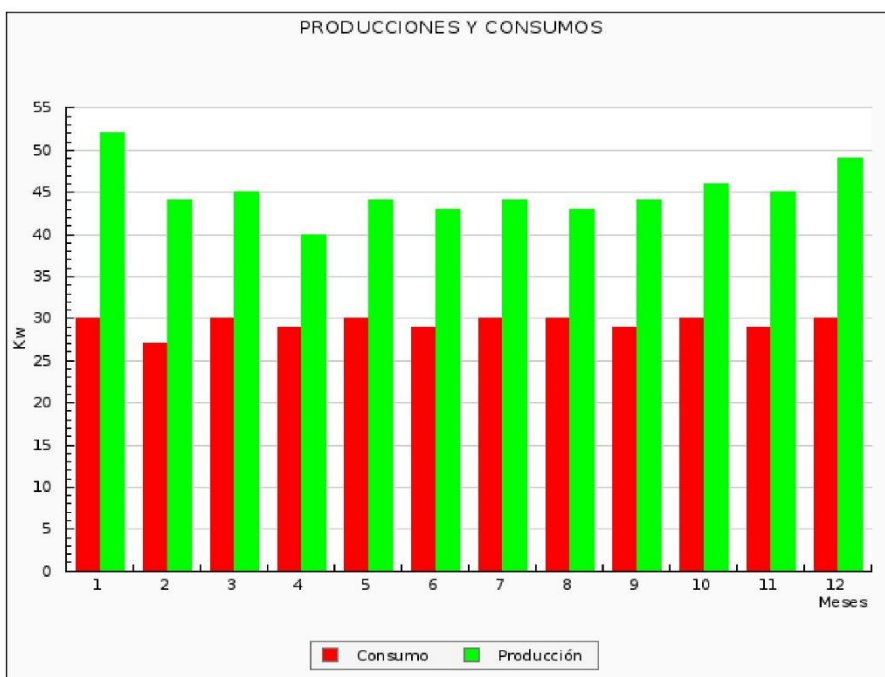
Con los elementos de consumos seleccionados y los componentes de las instalación calculados, obtenemos la siguiente comparativa de consumos y producción estimados a lo largo del año

	Ene	Feb	Mar	Abl	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Consumo	30	27	30	29	30	29	30	30	29	30	29	30
Producción	52	44	45	40	44	43	44	43	44	46	45	49

**Consumo total al año: 353 Kw**

**Producción total al año: 539 Kw**

**Total kg/año CO2 evitados: 292**



**Anexo 8: Radiación en 10 ciudades escogidas**

**Radiación en diez ciudades de Colombia**

Ciudad/Mes	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
Fusagasugá	4,72	4,56	4,4	4,06	4,16	4,16	4,09	4,15	4,5	4,33	4,27	4,43
Bogotá	5,18	5,15	5,11	4,78	4,84	5,02	5,17	5,22	5,31	4,91	4,82	4,91
Ibagué	4,86	4,83	4,91	4,65	4,72	4,83	5	5,07	5,03	4,7	4,6	4,6
Barranquilla	6,17	6,63	6,99	6,84	6,23	6,29	6,62	6,56	6,04	5,99	5,44	5,99
Manizales	4,83	4,87	4,93	4,75	4,86	5,07	5,47	5,53	5,28	4,8	4,62	4,54
Medellín	4,45	4,57	4,63	4,34	4,46	4,63	4,97	4,94	4,64	4,37	4,25	4,16
Cali	4,06	4,28	4,37	4,21	4,1	4,05	4,34	4,31	4,26	3,99	3,89	3,82
Cartagena	5,63	5,7	5,89	5,51	5,08	5,24	5,42	5,36	4,97	4,68	4,72	5,04
Soacha	5,18	5,15	5,11	4,78	4,84	5,02	5,17	5,22	5,31	4,91	4,82	4,91
Armenia	4,35	4,51	4,49	4,31	4,44	4,52	4,93	4,95	4,7	4,47	4,3	4,12

*Fuente: Base de datos NASA*

**Anexo 9: HSP (Hora solar pico) en las 10 ciudades escogidas**

**HSP/DIA en diez ciudades de Colombia**

Ciudad/Mes	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
Fusagasugá	5,13	4,78	4,39	4,04	4,3	4,39	4,27	4,21	4,42	4,47	4,59	4,85
Bogotá	5,42	5,3	5,15	4,81	4,95	5,18	5,33	5,28	5,32	5,03	5,03	5,16
Ibagué	5,07	4,97	4,95	4,68	4,83	4,99	5,16	5,14	5,04	4,81	4,8	4,83
Barranquilla	6,8	7,09	7,18	6,78	6,3	6,44	6,73	6,5	6,13	5,91	5,91	6,16
Manizales	5,12	5,02	4,98	4,77	4,96	5,22	5,63	5,59	5,29	4,92	4,84	4,79
Medellín	4,71	4,74	4,69	4,35	4,58	4,79	5,09	4,98	4,66	4,51	4,49	4,43
Cali	4,25	4,42	4,4	4,24	4,21	4,21	4,46	4,38	4,26	4,07	4,03	4,02
Cartagena	5,72	5,76	5,91	5,51	5,1	5,27	5,47	5,37	4,98	4,73	4,78	5,1
Soacha	5,41	5,3	5,15	4,81	4,95	5,18	5,33	5,29	5,32	5,03	5,03	5,16
Armenia	4,55	4,64	4,53	4,33	4,54	4,67	5,09	5,01	4,71	4,58	4,49	4,33

*Fuente: Base de datos NASA*

## Anexo 10: Datasheet panel 50 W





**Monocrystalline Solar Module**

**PMS50W**

<b>36 CELL</b> Mono Crystalline Module	<b>13.82%</b> Maximum Efficiency
<b>50W</b> Power Output Range	<b>0/+5%</b> Positive Power Tolerance








### Function Features



#### Withstanding Harsh Environment

Reliable quality leads to a better sustainability even in harsh environment like desert, farm and coastline.



#### High Efficiency

High module conversion efficiency (up to 13.82%), through innovative manufacturing technology.



#### Severe Weather Resilience

Certified to withstand: wind load (2400 Pascal) and snow load (5400 Pascal).



#### Low-light Performance

Advanced glass and solar cell surface texturing allow for excellent performance in low-light environments.



#### Higher Quality Assurance

100% EL test before and after lamination, and finished products EL test, providing higher quality assurance.



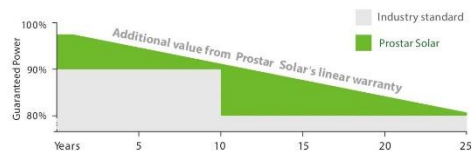
#### Maximized Energy Harvest

Impedance matching technology eliminates mismatch losses, more power from each module bin.

### LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

10-Year Product Warranty

25-Year Linear Power Warranty

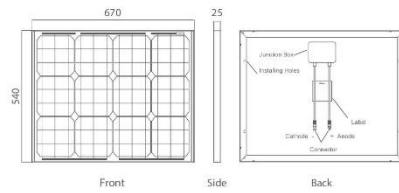


[www.Prostarpower.com](http://www.Prostarpower.com)

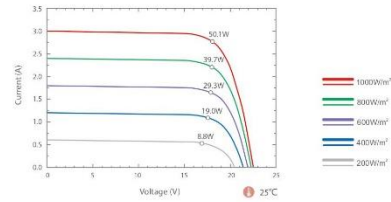
# PMS50W

# Prostar Solar Module

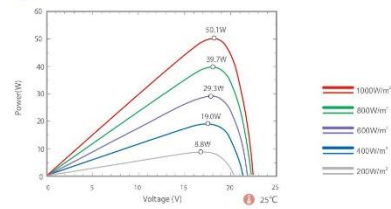
## Engineering Drawings



## Current-Voltage Curves



## Power-Voltage Curves



## Technical Specifications

Model	PMS50W	
<b>Electrical Characteristics</b>		
	<b>STC</b>	<b>NOCT</b>
Maximum Power (Pmax)	50Wp	37Wp
Maximum Power Voltage (Vmpp)	18.0V	16.6V
Maximum Power Current (Impp)	2.78A	2.20A
Open Circuit Voltage (Voc)	22.5V	21.2V
Short Circuit Current (Isc)	3.00A	2.45A
Power Tolerance(Positive)	5%	
Module Efficiency STC	13.82%	
Operating Temperature Range	-40°C to +85°C	
Maximum System Voltage	715V	
Series Fuse Rating	12A	
Temperature Coefficient of Pmax	-0.40 %/°C	
Temperature Coefficient of Voc	-0.30%/ °C	
Temperature Coefficient of Isc	0.05 % / °C	
Nominal Operating Cell Temperature(NOCT)	45±2°C	
<b>Mechanical Characteristics</b>		
Cell Type	Monocrystalline 156x52 mm	
Cell Number	36 (4x9)	
Dimensions (mm)	670x540x25	
Weight(Kgs)	4.30	
Front Glass	3.2 mm, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass	
Frame Type	Anodized Aluminium Alloy	
Junction Box Protection Class	IP 67 Rated	
Connector Type	/	
Output Cables	/	

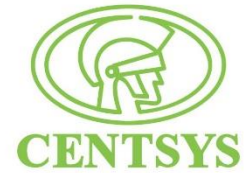
STC: ☀ Irradiance 1000W/m<sup>2</sup> 🌡 Cell Temperature 25°C 🌿 AM=1.5

NOCT: ☀ Irradiance 800W/m<sup>2</sup> 🌡 Ambient Temperature 20°C 🌿 AM=1.5 🌪 Wind Speed 1m/s

\* Remarks:Products specifications are subject to change without notice.

[www.Prostarpower.com](http://www.Prostarpower.com)

## Anexo 11: Datasheet panel 100W



### 100W Solar panel specifications

Our range of solar panels are constructed from ultra-efficient polycrystalline and have been designed to provide a reliable and cost-effective alternative energy solution for applications where mains power is either not available, or not desirable.

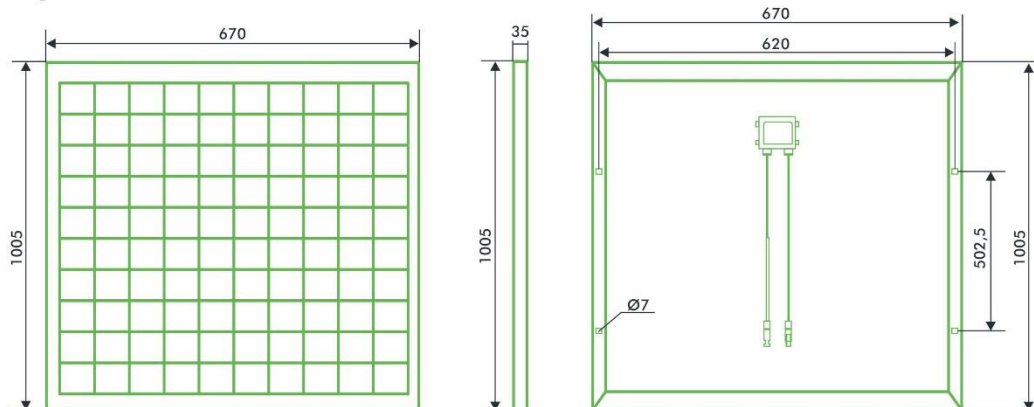
#### Main features:

- Clever engineering makes for minimal power losses during prolonged periods in shade
- Fully weather-resistant - durable white tempered glass, EVA resin and weather-resistant film enclosed in anodised aluminium frame

#### Technical specifications

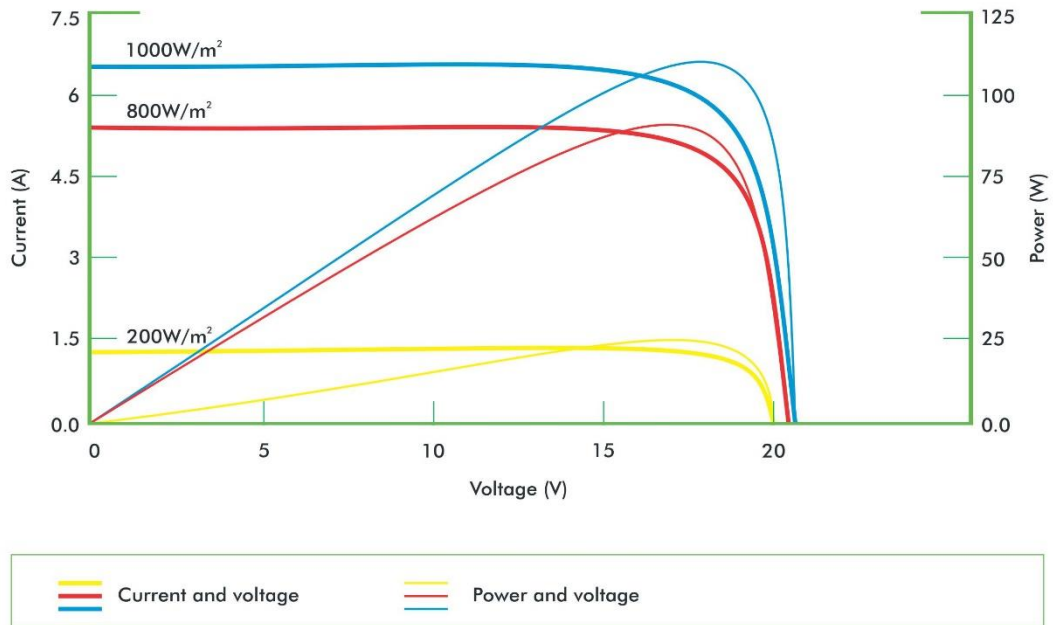
Type Of Module	100W
Maximum Power	100W
Tolerance	± 3%
Open Circuit Voltage	22V
Short Circuit Current	6,06A
Maximum Power Voltage	18V
Maximum Power Current	5,56A
Module Efficiency	14,9%
Solar Cell Efficiency	17,2%
Series Fuse Rating	15A
Terminal Box	IP65
Maximum system voltage	1000V DC
Operating Temperature	-40°C - 85°C
Dimensions	1005mm x 670mm x 30mm
Weight	8kg

#### Physical dimensions





### Current-voltage and power-voltage characteristics - various irradiance levels



### Electrical characteristics

Electric performance typical performance characteristics	
Current Temperature Coefficient %/°C	+0.06
Voltage Temperature Coefficient %/°C	-0.34
Power Temperature Coefficient %/°C	-0.47
Performance Warranty: 90%output, 12 year 80%output, 25 years	

## Anexo 12: Datasheet panel 200W



### 200W Solar panel specifications

Our range of solar panels are constructed from ultra-efficient polycrystalline and have been designed to provide a reliable and cost-effective alternative energy solution for applications where mains power is either not available, or not desirable.

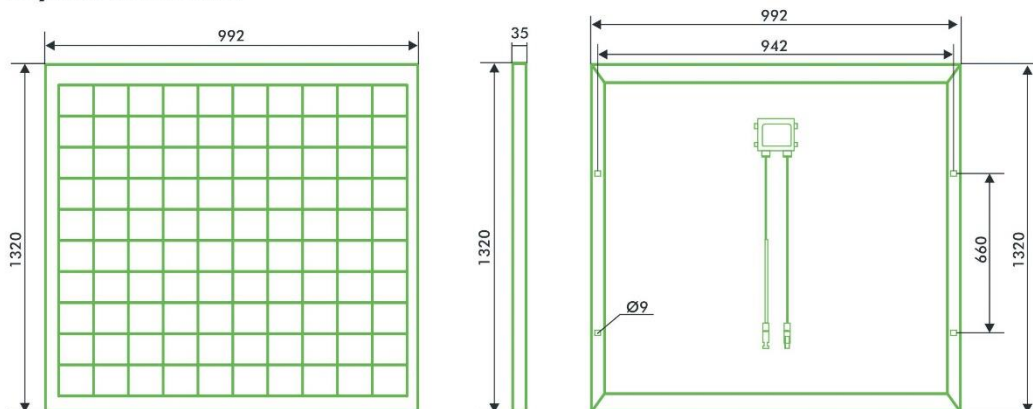
#### Main features:

- Clever engineering makes for minimal power losses during prolonged periods in shade
- Fully weather-resistant - durable white tempered glass, EVA resin and weather-resistant film enclosed in anodised aluminium frame

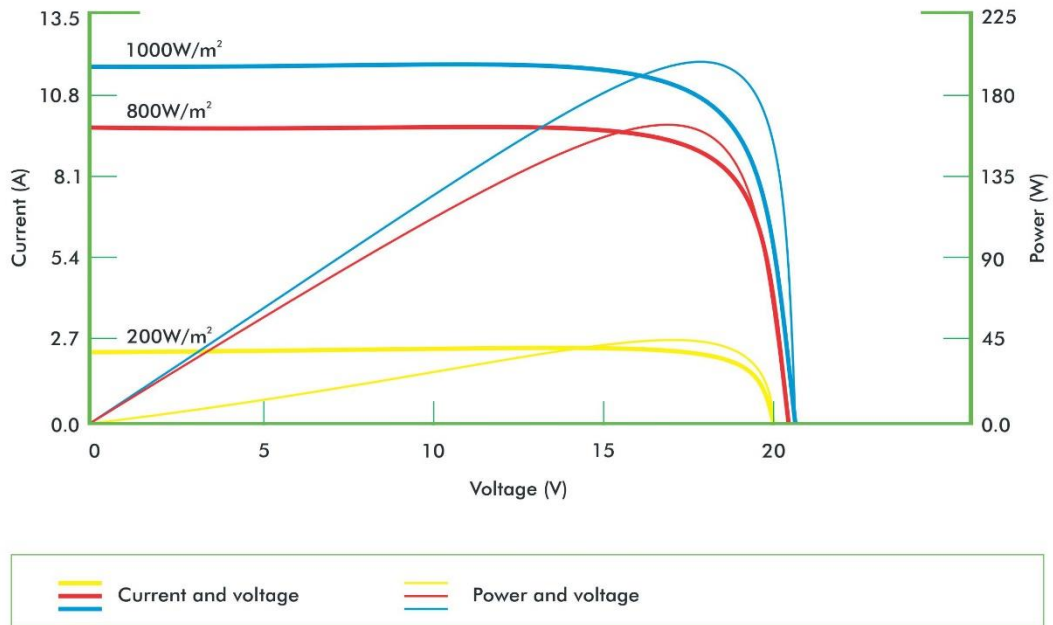
#### Technical specifications

Type Of Module	200W
Maximum Power	200W
Tolerance	± 3%
Open Circuit Voltage	30V
Short Circuit Current	8,56A
Maximum Power Voltage	24,6V
Maximum Power Current	8,13A
Module Efficiency	15,3%
Solar Cell Efficiency	17,2%
Series Fuse Rating	15A
Terminal Box	IP65
Maximum system voltage	1000V DC
Operating Temperature	-40°C - 85°C
Dimensions	1320mm x 992mm x 35mm
Weight	14,5kg

#### Physical dimensions



### Current-voltage and power-voltage characteristics - various irradiance levels



### Electrical characteristics

#### Electric performance typical performance characteristics

Current Temperature Coefficient %/°C	+0.06
Voltage Temperature Coefficient %/°C	-0.34
Power Temperature Coefficient %/°C	-0.47

Performance Warranty: 90%output, 12 year  
80%output, 25 years

## Anexo 13: Datasheet panel 300W



SEP 300W/305W/310W/315W/320W

### 300 W – 320 W Poly-crystalline Solar Module



- Plus power tolerance to +3% to ensure the high reliability of power output
- PV glass design improves oblique irradiance performance and enhances module yield in low-light and medium-angle-light condition
- Junction box and by-pass diodes guarantee the modules free of overheating and “hot spot effect”
- 100% EL test before and after lamination, providing higher quality assurance
- Easy installation and minimal maintenance with compatibility to industry standard inverters and mounting systems
- Modules certified by TÜV to withstand high level of wind and snow loads (2400 Pa / 5400 Pa), hailstone impact (25 mm at 23 m/s), atmospheric impact (Salt-mist corrosion Test, Ammonia Resistance Test), potential induced degradation (PID) test and Carbon footprint assessment
- Special PV Module Insurances by world leading insurance company guarantees the benefit to PV investors and PV module users

#### Certificates

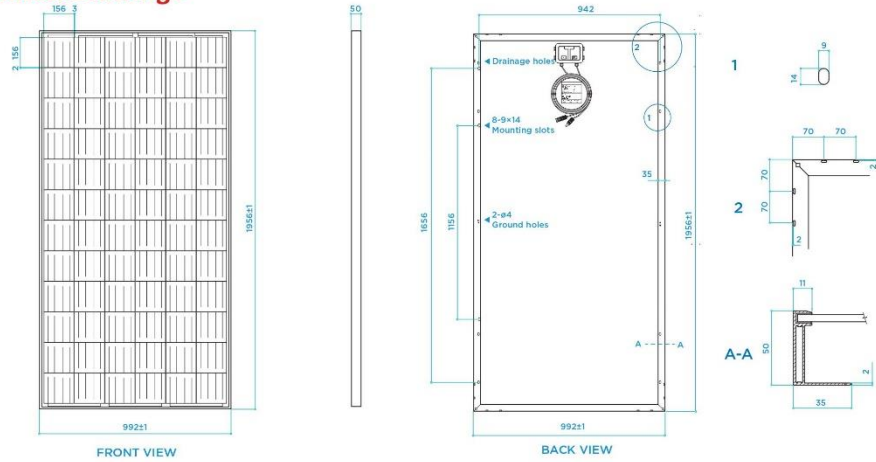


#### Warranty

10 Years: Manufacturing Warranty  
 12 Years Warranty: 90% Power Output  
 25 Years Warranty: 80% Power Output

Solar cell type	Poly-crystalline 156 × 156 mm
Dimensions	1956 × 992 × 50 mm
Weight	23.20 kg
Glass	Anti-reflective coated, high transmission, low iron, tempered
Glass thickness	3.2 mm
Encapsulation	EVA (ethylene vinyl acetate)
Back side	White
Frame	Anodized aluminum alloy
No of draining holes in frame	16
Type of connector	MC4 compatible
Junction box (Protection degree)	IP 67
Cable type (Cross-sectional area / length)	4 mm <sup>2</sup> / 900 ± 5 mm

## Technical Drawings

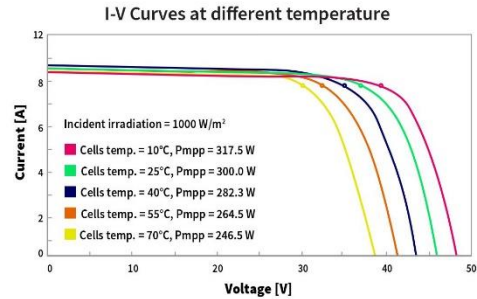
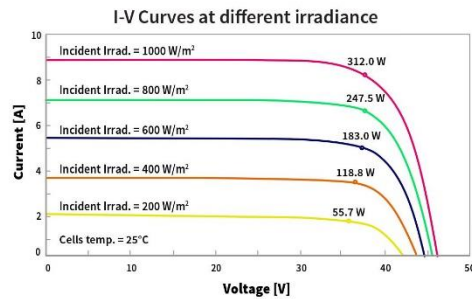


## Electrical Characteristics

SOLAR CELLS	POLY-CRYSTALLINE 156 × 156 MM 72 PCS. (6×12) – 4 BUS BARS				
Maximum Power (Pmax)	300 Wp	305 Wp	310 Wp	315 Wp	320 Wp
Voltage at Pmax (Vmp)	37.23 V	37.24 V	37.32 V	37.46 V	37.62 V
Current at Pmax (Imp)	8.06 A	8.19 A	8.31 A	8.41 A	8.51 A
Open-Circuit Voltage (Voc)	44.71 V	44.72 V	44.76 V	44.82 V	44.84 V
Short-Circuit Current (Isc)	8.947 A	9.094 A	9.234 A	9.371 A	9.515 A
Maximum System Voltage (V DC)	1000 V (iec), 600 V (UL)				
Cell Efficiency	17.46 %	17.75 %	18.05 %	18.34 %	18.63 %
Module Efficiency	15.46 %	15.72 %	15.98 %	16.23 %	16.49 %
Number of By-pass Diodes	6				
Maximum Series Fuse	15 A				
Temperature Coefficient of Pmax	- 0.45 % / °C				
Temperature Coefficient of Voc	- 0.34 % / °C				
Temperature Coefficient of Isc	- 0.05 % / °C				
Nominal Operating Cell Temperature	47 ± 2 °C				

## Test Parameters

Dielectric Insulation Voltage	6,000 V DC max	Operating Temperature	-40 °C to 85 °C
-------------------------------	----------------	-----------------------	-----------------



Sunceco, Inc. | [www.sunceco.com](http://www.sunceco.com) | email: [info@sunceco.com](mailto:info@sunceco.com)



# MANUAL DE USUARIO DE APLICACIÓN MOVIL (SolarUDEC)

**Daniela Alejandra Marlés Caicedo**

Código: 162215127

Auxiliar de investigación

**Karen Alejandra Venegas Cárdenas**

Código: 162215234

Auxiliar de investigación

**Director**

Faider Humberto Barrero Sánchez

**Codirectores**

Cesar Augusto Casas

Edwin Palacios Yepes

**Universidad de Cundinamarca**

Ingeniería electrónica

Facultad de ingeniería



### RESUMEN.

La aplicación realizada permite el realizar el dimensionamiento de pequeños y medianos sistemas fotovoltaicos, que tengan cargas lineales. El nombre que se escogió para la aplicación es SolarUDEC y tiene el logo del semillero SIAMEL (Semillero de investigación en agronomía, medio ambiente y energías limpias).

La aplicación se desarrolló por medio de App Inventor 2, que es un entorno de desarrollo de software creado por el MIT (Instituto Tecnológico de Massachusetts) y que fue adoptada por Google.

### REQUERIMIENTOS.

Los requerimientos mínimos para que la aplicación móvil **SolarUDEC** funcione correctamente, son los siguientes:

1. Sistema operativo Android 4.1 o mayor
2. No necesita conectividad WIFI
3. Memoria RAM de 13.40 Mb.

### PROCEDIMIENTO PARA LA UTILIZACION DE LA APK.

**1 PASO.** Descargar la aplicación

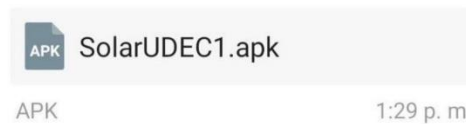


Fig 1. archivo de descarga

**2 PASO.** Ya descargada la aplicación en el teléfono, la instalación se realiza de manera autónoma. Para utilizar la aplicación solarUDEC, solo es necesario tocar el icono para abrirla y empezar a trabajar con ella.

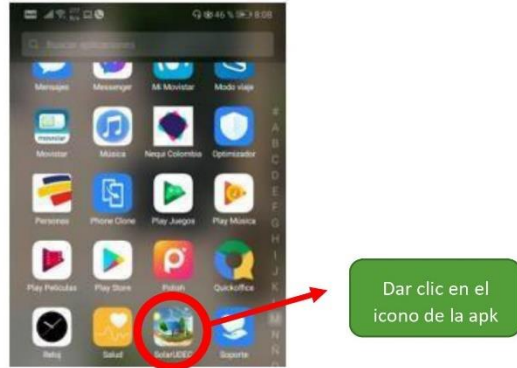


Fig 2. Pantalla del celular que muestra el icono de la apk



Fig 3. Ventana principal de la apk

2 PASO. Abrir el cuadro de cargas



Dispositivo	Canti- dad	Consumo(w)	Horas de uso diario
Ning..	0	0	0
Ning..	0	0	0
Ning..	0	0	0
Ning..	0	0	0
Ning..	0	0	0
Ning..	0	0	0
Ning..	0	0	0
Ning..	0	0	0
Ning..	0	0	0
Ning..	0	0	0
Ning..	0	0	0
Ning..	0	0	0
Ning..	0	0	0
Ning..	0	0	0
Ning..	0	0	0
Ning..	0	0	0
Ning..	0	0	0
Ning..	0	0	0
Ning..	0	0	0
Ning..	0	0	0
Ning..	0	0	0

Fig 4. Ventana de la apk donde se muestra el cuadro de cargas

**3 PASO.** a continuación el usuario visualizará el cuadro de cargas de su sistema, en donde podrá escoger de un listado de elementos los que desea usar (máximo 25 dispositivos), luego ingresará la cantidad de elementos de la misma referencia que desee colocar en su sistema, el consumo del dispositivo y las horas de uso.

Bombillo  
 Cargador Celular  
 Cargador portátil

Elegir un dispositivo electrónico

Dispositivo	Canti- dad	Consumo(w)	Horas de uso diario
Carg..	1	50	4

Numero de dispositivo    Cantidad de potencia    Horas de uso del dispositivo

Fig 5. Cuadro de cargas

**4 PASO.** seguidamente en la parte inferior de la ventana, dar clic en el botón calcular, el cual dará a conocer el total consumo diario del dispositivo predeterminado, continuando dar clic en el botón siguiente el cual nos dará a la ventana final.

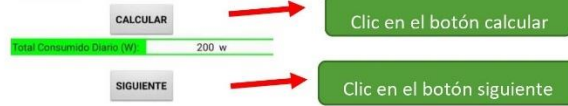


Fig 6. Botón para calcular y dar continuación al proceso.

**5 PASO.** Finalmente, en la última ventana, el usuario podrá observar el dimensionamiento del sistema. Teniendo las siguientes características.

La aplicación móvil no necesita acceso a internet, puesto que tiene su propia base de datos, para la que se usaron los mapas de radiación solar de la NASA, de donde se escogieron 10 ciudades de Colombia; el usuario podrá elegir su ubicación de ese listado.

se presenta la información de HSP (hora solar pico) y radiación (del mes más bajo) en cada una de las ciudades elegidas.

La aplicación le permite al usuario elegir de un listado el tamaño del panel que pretende usar.

A continuación muestran los parámetros básicos de los paneles solares.

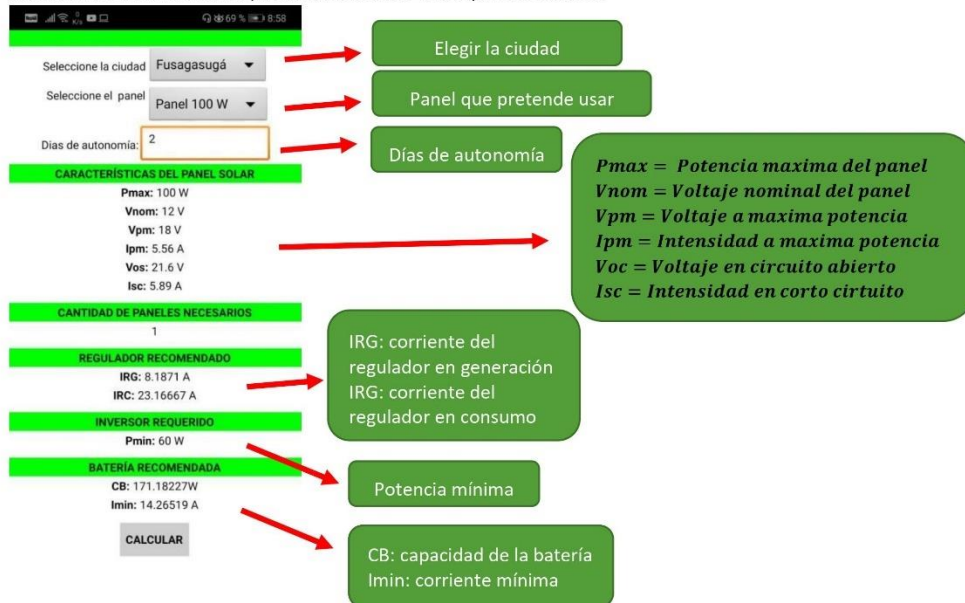


Fig 7. Dimensionamiento del sistema



#### **RECOMENDACIONES.**

El éxito del desarrollo del dimensionamiento de pequeñas y medianos sistemas fotovoltaicos está en la claridad de las cargas suministradas, esto quiere decir que debe ser sumamente cuidadoso al momento de elegir los dispositivos los cuales se vayan a utilizar y cuál es el consumo real de cada uno de ellos.

La APK proporciona valores aproximados de las características de los componentes a utilizar en el sistema fotovoltaico y que en el momento de implementar el sistema se debe tener en cuenta los valores comerciales de los componentes como paneles, baterías, regulador.

Para que el sistema opere correctamente, antes de registrar los valores que se requieren en la aplicación (SolarUDEEC) se debe estar seguro de los valores realizados, ya que deben ser lo más cercano posible a la realidad, para que asimismo no haya problemas de sobredimensionamiento que después se reflejan en altos costos.

## Anexo 15 Artículo realizado



# DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA – SHGEE, PARA IMPLEMENTACIÓN EN UN SISTEMA DE ACUAPONÍA EN EL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ, CUNDINAMARCA

*Karen Alejandra Venegas Cardenas, Daniela Marles Caicedo, Faider Humberto Barrero Sánchez*

Facultad de Ingeniería Electrónica, Universidad de Cundinamarca, Colombia

kvenegas @ucundinamarca.edu.co

dmarles@ucundinamarca.edu.co

fhbarrero@ucundinamarca.edu.co

**Abstract-** *In this paper, the design and simulation of a hybrid electric power generation system is presented, to supply the demand for an aquaponics system, which is proposed for the municipality of Fusagasugá, Cundinamarca, in order to promote the development of productive projects that use clean energy and generate self-sustainability.*

**Resumen-** *En este trabajo se presenta el diseño y simulación de un sistema híbrido de generación de energía eléctrica, para abastecer la demanda de un sistema de acuaponía, que se propone para el municipio de Fusagasugá, Cundinamarca, con el fin de fomentar el desarrollo de proyectos productivos que utilicen energías limpias y generen autosostenibilidad.*

**Palabras clave:** *Sistema híbrido de generación, sistema acuapónico, punto de máxima potencia.*

### I. Introducción

El uso de sistemas híbridos de generación de energía en actividades agrícolas se ha convertido en uno de los objetivos de desarrollo en Colombia, pues se considera que se pueden utilizar recursos hasta el momento desperdiciados en tareas que mejoren los procesos productivos y generen auto sostenibilidad en el campo colombiano. [1] Teniendo en cuenta que en las últimas décadas se ha evidenciado que el número de zonas geográficas que han experimentado escases de agua ha incrementado notablemente y algunos países como Colombia dependen principalmente de la energía hidroeléctrica. Se ha buscado dar solución por medio de la implementación de métodos alternativos de generación

para poder migrar del tipo de energía convencional a una energía limpia o para suministrar energía a sitios remotos o de difícil acceso, que generalmente dependen de combustibles fósiles como gasolina o diésel y en otras ocasiones no cuentan con suministro eléctrico. [2]

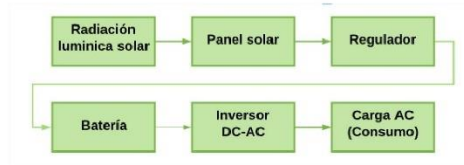
Este trabajo propone el diseño y simulación de un sistema híbrido para suplir la demanda energética de un sistema acuaponía (que integra la hidroponía y la acuicultura en un solo entorno). El proceso necesario para cumplir con la meta de diseño está establecido en cuatro aspectos generales: Obtener la información de bases de datos confiables que puedan contribuir en el diseño del sistema y recolectar la información legal necesaria para el diseño e implementación de este tipo de sistemas en Colombia; Realizar el estudio de cargas, establecer los parámetros de diseño, estimar el ciclo de vida útil del sistema y simular en software especializado el diseño propuesto, con el fin de encontrar los parámetros de máximo aprovechamiento de la energía solar. Desarrollar una aplicación móvil, que permita realizar el dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos lineales pequeños y medianos.

### II. Marco teórico

Un sistema fotovoltaico está conformado por componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos usados durante el proceso de aprovechamiento de energía solar que luego se transforma en energía eléctrica. En el siguiente diagrama de bloques de muestran los elementos que componen un sistema fotovoltaico para la generación de electricidad.



Figura 1. Componentes de un sistema fotovoltaico.



Fuente: Autores

El sistema que propuso para el diseño del sistema fue un sistema híbrido, entre energía solar fotovoltaica y la energía convencional que se caracteriza porque integra una fuente de generación adicional a los paneles solares. Por lo general para esta configuración es necesario usar un inversor de potencia híbrido que permita integrar la energía que producen los paneles fotovoltaicos y la energía que es almacenada en las baterías con la energía de otra fuente alterna. Dicha fuente puede ser: una turbina eólica, la red eléctrica o un generador diésel. Por lo general este tipo de sistemas se usa para reducir el número de dispositivos y por medio de esto disminuir los costos y facilitar transporte. [3] Este proyecto fue diseñado para que sea un sistema híbrido entre el sistema fotovoltaico y la red eléctrica. A continuación se muestra el esquema de un sistema híbrido:

### III. Antecedentes

En Fusagasugá, Cundinamarca, la temperatura se mantiene en un rango entre 13 °C y 25 °C, rara vez baja a menos de 10 °C o sube a más de 27 °C. [4] Durante los meses de junio y hasta mediados de septiembre se presentan los rangos de temperaturas más altos. La posición geográfica de Colombia es muy buena, puesto que el país tiene una gran variedad de climas y unos niveles muy altos de radiación solar, lo que representaría tener gran ventaja en materia de energía solar.

En la región del Sumapaz se han desarrollado algunas investigaciones enfocadas principalmente al uso de la energía solar fotovoltaica, pero no se encontraron trabajos relacionados con el uso de sistemas híbridos. Durante el 2017 se diseñó e implementó un sistema de energía fotovoltaica en Anapoima (Cundinamarca) para una vivienda ubicada en la vereda Golconda, dicho trabajo se realizó mediante cinco fases denominadas: Estudio radiación solar luminica, demanda energética de

la vivienda, inclinación del panel solar, etapas de potencia y validación del prototipo. [5]

En el 2018 se realizó una valoración a un sistema fotovoltaico autónomo con carga variable en DC; comparando su rendimiento energético, en el municipio de Fusagasugá, Cundinamarca; Durante el desarrollo se utilizaron los datos de radiación solar que proporciona la NASA y el IDEAM y el sistema se conformó por: un panel de 20W monocristalino y un panel de 20W policristalino, dos reguladores de 10 Amperios cada uno, dos baterías secas de 12 Amperios – 12 Voltios y cargas en DC variables conectadas a cada uno de los módulos; para la adquisición de datos se usó la tarjeta Arduino Mega 2560, Un módulo RTC (Real Time Clock) o "Reloj de tiempo real Ds3231, sensor de temperatura y humedad DHT11, módulo sensor de corriente Acs742, módulo sensor de voltaje, módulo SD card, un módulo I2C y una led 2x16. [6] Durante el mismo año se realizó un estudio de factibilidad técnica del uso de paneles solares en el Bloque académico de la universidad de Cundinamarca Seccional Girardot, en el cual se tuvo en cuenta la importancia del análisis financiero, para evidenciar que tipo de propuesta es la más atractiva para posteriormente realizar la inversión de la universidad de Cundinamarca. [7]

Colombia es uno de los países que cuenta con gran disponibilidad de recursos energéticos renovables no convencionales, principalmente en cuanto al sol y viento, la mayor fuente se encuentra en la Guajira y se estima que la energía que podría producirse con los vientos de esa zona sería aproximadamente 1,2 veces más alta que la capacidad del sistema interconectado nacional actual. [8]

Durante 2012 se diseñó un sistema solar fotovoltaico autónomo de 800 Wp que posteriormente fue instalado en el techo de la Universidad Tecnológica del Chocó, en Quibdó. Dicho sistema permitió suplir la necesidad energética de la Universidad en los momentos en los que la empresa de energía local no prestaba el servicio o tenía fallas. El sistema está conformado por un arreglo de diez paneles de silicio monocristalino un inversor de tipo DC-AC de 1500W, un regulador de 20A y un arreglo de cuatro baterías, cada una de 255Ah. [9]



#### IV. Metodología

La metodología de diseño se enfocó en el cumplimiento de los objetivos específicos, por tal razón se estructuró el proyecto mediante cuatro fases que se muestran mediante la figura 2.

Figura 2: Fases del proyecto



Fuente: Autores

Durante la primera fase se realizó la recolección de información relacionada con el uso de sistemas híbridos y/o fotovoltaicos. El análisis del estado del arte, análisis del estado de la técnica, leyes, normas y decretos que regulan el uso de las energías renovables en Colombia.

La segunda etapa se conformó por el diseño del sistema híbrido, para ello se realizó la estimación de la cantidad de energía eléctrica requerida por el sistema de acuaponía, en donde se tiene una motobomba de 50W que es la encargada de la recirculación del agua, dos cargadores de portátil, cada uno de 150W, un bombillo LED de 18W y los sensores que sumados consumirían alrededor de 10W. Para plasmar dicha información fue necesario realizar el cuadro de cargas como se muestra a continuación:

Tabla 1:

Elemento	Cantidad	Horas de uso	Potencia unitaria (W)	Potencia diaria consumida (W)
Motobomba	1	4	50	200
Cargador de PC 1	1	1	150	150
Cargador de PC 2	1	1	150	150
Bombillo LED	1	10	18	180
Sensores	1	8	10	80

Fuente: Autores

Para el desarrollo del sistema híbrido es necesario determinar los parámetros básicos requeridos para el panel fotovoltaico, regulador, inversor y la batería. Para establecer el rendimiento global del sistema se usó la ecuación:

$$PR = (1 - K_b - K_c - K_r - K_v) * \left(1 - \frac{K_a * N}{P_d}\right)$$

Los valores de las constantes se obtuvieron de: [10] Donde;

- $K_b$ : Coeficiente de pérdidas por rendimiento en el acumulador. (0,05)
- $K_a$ : Fracción de energía que se pierde por autodescarga. (0,005)
- $K_c$ : Pérdidas por el rendimiento del inversor. (0,05)
- $K_r$ : Pérdidas en el controlador de carga (0,1)
- $K_v$ : Otras pérdidas no consideradas anteriormente. (0,05)
- $N$ : Número de días de autonomía para asegurar un servicio sin carga. (2)
- $P_d$ : Profundidad máxima de descarga admisible. (0,6)

Por lo tanto el rendimiento global del sistema es:

$$PR = 0,75$$

Y el factor de seguridad este dado por:

$$FS = \frac{1}{0,75} = 1,33$$

Se usó el valor de la radiación más bajo para Fusagasugá, de 4,06 que se presenta durante el mes de abril, dicho dato se obtuvo de la plataforma meteorológica y de energía solar de la NASA. La potencia nominal general se calculó como se muestra a continuación:

$$PN = \frac{1,33 * 760W / dia}{4,06} = 248,96W$$

Para el desarrollo del proyecto se escogieron dos días de autonomía y una profundidad de descarga del 80%. La



capacidad de la batería se calculó como se muestra a continuación:

$$CB = \frac{248,96 * 2}{0,8} = 650,49W$$

Para calcular la corriente mínima de la batería se eligió un voltaje nominal ( $V_n$ ) de 12V, debido a que el consumo es relativamente pequeño.

$$I_{min} = \frac{CV}{V} = \frac{650,49W}{12V} = 54,20AH$$

La cantidad de paneles que requiere el sistema se calculo de la siguiente forma:

$$CP = \frac{760W * 1,33}{4,04 * 340W} = 0,76$$

La corriente en generación del regulador está dada por:

$$IRG = 1,33 * 1 * 9,24A = 12,84A$$

La corriente en consumos del regulador esta dada por:

$$IRC = \frac{FS * C}{VN} = 44,01$$

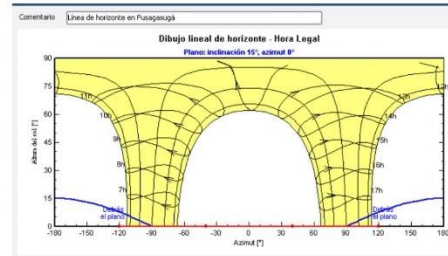
La corriente mínima para el inversor es:

$$I_{min} = SC * 1,2 = 453,6A$$

Posteriormente se realizó la simulación del sistema híbrido mediante tres softwares especializados (PVsyst, PVSOL y Calculation Solar), los cuales se trabajaron en la versión de prueba gratuita.

El software PVsyst tiene una base de datos muy amplia, que permite elegir diversos componentes usados en una instalación comercial y también da la opción de añadir sus propios componentes; Adicionalmente cuenta con una con una base meteorológica fiable (Base de datos de la NASA), lo que permite dimensionar la instalación en función de la ubicación y calcular la inclinación y orientación óptima para el sistema. Este programa es muy usado para el diseño de instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red eléctrica convencional. El horizonte para el sitio propuesto simula la altura del sol versus el azimut, que para este caso se escogió un azimut de 0°, puesto que es el punto en el que mejor rendimiento tendrá el sistema.

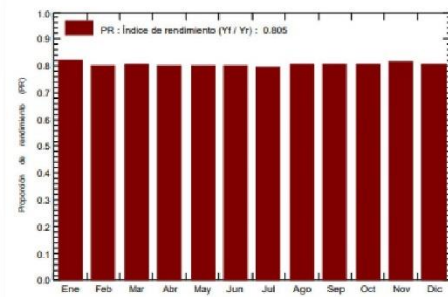
Figura 3: Horizonte del sistema



Fuente: Autores

Como resultado se obtuvo que los componentes del sistema propuesto son óptimos y se tiene una proporción de rendimiento del 80.51%, como se muestra en la figura 4.

Figura 4: Índice de rendimiento del sistema.

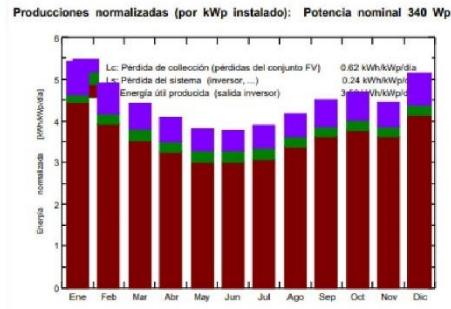


Fuente: Autores

En la figura 5 se representa la producción total y las pérdidas que presenta el sistema durante todo el año; En color azul se encuentran las pérdidas del conjunto fotovoltaico, en verde las pérdidas del sistema en el inversor y en color café se encuentra representada la energía disponible con la que contará el sistema.



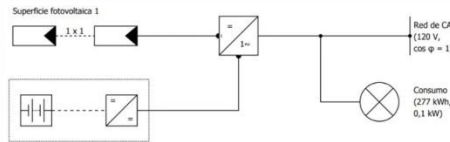
Figura 5: Producción energética del sistema



Fuente: Autores

PVSOL es un programa de simulación para sistemas fotovoltaicos, que también permite realizar un cálculo de la rentabilidad del sistema. Es un software limitado para la versión de prueba, que no permite descargar el informe detallado, sin embargo, permite visualizar los resultados de la simulación. A continuación, se muestra el esquema eléctrico que representa el sistema propuesto

Figura 6: Esquema eléctrico sistema propuesto

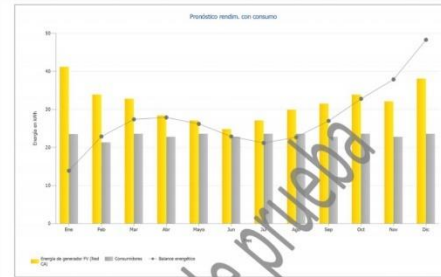


Fuente: Autores

Para esta simulación se seleccionó un esquema de un sistema conectado a la red eléctrica, después se seleccionó la ubicación y se obtuvieron automáticamente los parámetros de radiación de la base de datos del software, posteriormente se ingresó el valor de las cargas en KW/año y luego se ingresaron las características de los dispositivos propuestos, se procedió a simular en donde se evidencio que el rendimiento de la instalación es del 66,6%



Figura 7: Rendimiento de consumo



Fuente: Autores

En la figura 7 se muestra el pronóstico de rendimiento de consumo durante todo un año, en donde se representa el balance energético mediante la línea (punteada) de color gris, el color amarillo muestra la cantidad de energía producida por el sistema y la barra de color gris representa el consumo energético del sistema; Evidenciando que para los meses de abril, mayo y junio la producción total estará muy cerca al consumo del sistema, esto se debe a que las radiaciones más bajas se presentan durante esos meses.

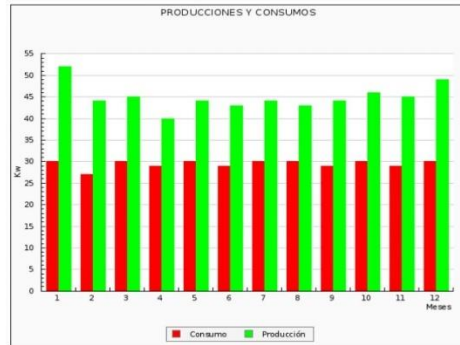
Calculation Solar es una página web que permite revisar el comportamiento del sistema y a su vez modificar los elementos que se pretenden usar, es una aplicación muy útil e interactiva con el usuario, además usa mapas de radiación fiables (Mapas de radiación de la NASA), en este caso las cargas se colocaron de forma independiente como se muestra en la figura

El rendimiento general del sistema que se obtuvo durante esta simulación fue de 78,67%, un valor muy cercano al teórico que se calculó anteriormente. Se usaron los valores del mapa de radiación del mes menos favorable (abril). La figura 22 que se muestra a continuación compara la energía producida por el sistema fotovoltaico, con la energía consumida por el sistema durante un periodo de 12 meses, pero no se tienen en cuenta las pérdidas de este.





**Figura 8:** Producción y consumo del sistema



**Fuente:** Autores

Por último, se realizó el diseño de los sistemas híbrido y acuapónico en tercera dimensión 3D en el software sketchUp 2020, usando como referencia del sistema acuapónico la figura 9, la cual muestra el sistema que está implementado en los predios de la Universidad de Cundinamarca (Cercun).

**Figura 9:** Sistema acuapónico existente



**Fuente:** Autores

En la figura 10 se muestra el diseño 3D de todo el sistema, en donde se representó gráficamente el sistema acuapónico visto anteriormente y el sistema híbrido propuesto. A continuación, se muestra sistema en tercera dimensión de forma frontal



**Figura 10:** Diseño 3D de forma frontal



**Fuente:** Autores

En la figura 11 se muestra el diseño 3D de forma lateral.

**Figura 11:** Diseño 3D de forma lateral.



**Fuente:** Autores

La aplicación se desarrolló por medio de App Inventor 2, que es un entorno de desarrollo de software creado por el MIT (Instituto Tecnológico de Massachusetts) y que fue adoptada por Google. Dicha aplicación permite el realizar el dimensionamiento de pequeños y medianos sistemas fotovoltaicos, que usen cargas lineales. El nombre que se escogió para la aplicación es "SolarUDEC" y tiene el logo del semillero SIAMEL (Semillero de investigación en agronomía, medio ambiente y energías limpias).



Figura 12: Interfaz de SolarUDEC

Dispositivo	Cant. por día	Consumo (Wh)	Monto de los días de verano
Moto.	1	50	4
Carg.	1	150	1
Carg.	1	150	1
Bom.	1	18	10
Seca.	1	10	8
Ning.	0	0	0
Ning.	0	0	0
Ning.	0	0	0

Selección de la ciudad: Fusagasugá  
 Selección del panel: Panel 340 W  
 Días de autonomía: 2

**CARACTERÍSTICAS DEL PANEL SOLAR**  
 Potencia: 340 W  
 Voltaje: 24 V  
 Voltaje: 38.7 V  
 Amperaje: 8.79 A  
 Voltaje: 47.1 V  
 Voltaje: 9.24 A

**CANTIDAD DE PANELES NECESARIOS**  
 1

**REGULADOR RECOMENDADO**  
 Modelo: 12.8436 A  
 Voltaje: 44.01467 A

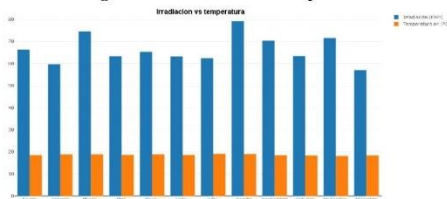
**BATERÍA RECOMENDADA**  
 Potencia: 453.6 W  
 Capacidad: 650.4926176 Ah  
 Voltaje: 54.20772 A

Fuente: Autores

### V. Resultados

En la figura 13 se encuentra la gráfica en la que se observa la temperatura contrastada con la radiación, en donde se evidencia que son parámetros independientes, puesto que la temperatura presenta fluctuaciones pequeñas en relación con las variaciones de la radiación.

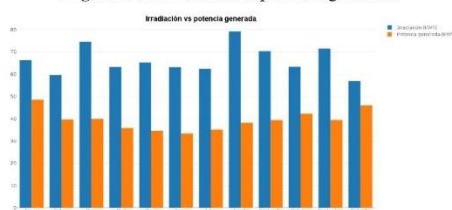
Figura 13: Irradiación vs temperatura



Fuente: Autores

En la figura 14 se compara el comportamiento de la radiación con la potencia que genera el sistema fotovoltaico, en donde se evidencia que son variables directamente proporcionales.

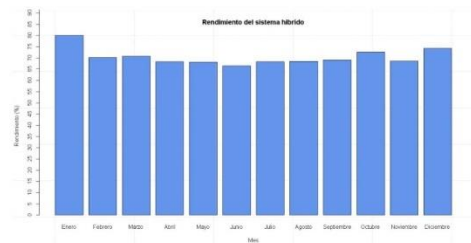
Figura 14: Irradiación vs potencia generada



Fuente: Autores

El rendimiento teórico del sistema fue del 75% para el mes de abril, y gráficamente se puede observar que presenta un valor muy cercano, adicionalmente el mes que presentará un mayor rendimiento será enero con un 80%.

Figura 15: Rendimiento del sistema híbrido



Fuente: Autores

### VI. Conclusiones

Para Fusagasugá, Cundinamarca existen varias aproximaciones de radiación solar, lo cual es una de las bases fundamentales para encaminar el diseño de un sistema fotovoltaico; La forma para garantizar un buen diseño del sistema es contar con bases de datos confiables, que tengan la georreferenciación más precisa, por tal razón durante el presente trabajo se usaron los parámetros de radiación proporcionados por la NASA, los cuales tienen un periodo de estudio de 10 años aproximadamente.

El punto en que el panel lograra la máxima transferencia de potencia tiene como es con un ángulo de inclinación de 15° y con el azimut 0, también se confirmó que el sitio propuesto para el desarrollo cumple con los requisitos necesarios para la implementación de este tipo de sistemas, puesto que tiene unos buenos niveles de radiación solar y una temperatura estable, que no generara pérdidas notorias.

El sistema diseñado se puede implementar como alternativa a las energías convencionales o en zonas de difícil acceso donde la energía es intermitente o nula y contribuye en el desarrollo y crecimiento de pequeños y medianos productores agrícolas, además de aportar al cuidado del medio ambiente.



- ✦ Se estima que el sistema diseñado tendrá un ciclo de vida útil de 12 años aproximadamente, de acuerdo con lo evidenciado mediante las simulaciones realizadas.
- ✦ La aplicación móvil cuenta con una interfaz muy amigable con el usuario y permite que cualquier persona desde un dispositivo Android pueda realizar el dimensionamiento de su sistema fotovoltaico, lo que es de gran utilidad y permite fomentar el desarrollo de proyectos que impliquen el uso de energías limpias.
- ✦ En general el sistema propuesto es un método muy prometedor, puesto que fomenta el uso de energías limpias y garantiza el fluido eléctrico durante las 24 horas para el sistema de acuaponía, el cual permite obtener productos de mejor calidad, puesto que son orgánicos, debido a que no se utilizan fertilizantes, plaguicidas o insecticidas, durante el crecimiento de las plantas por lo tanto se puede garantizar que no presentan ningún riesgo al ser consumidos por el humano. Además, el sistema acuapónico permite que se ahorre agua hasta en un 80%, gracias al método de recirculación que tiene.

## VII. Referencias

- [1] Cámara de comercio de Bogotá, «Energías renovables en el agro colombiano.» [En línea]. Available: <https://www.ccb.org.co/Sala-de-prensa/Noticias-sector-agricola-y-agroindustrial/Noticias-2019/Energias-renovables-en-el-agro-colombiano>. [Último acceso: 23 09 2020].
- [2] ONU-Agua, «La escasez de agua y los ODM.» [En línea]. Available: <https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/scarcity.shtml>. [Último acceso: 03 09 2020].
- [3] S. SUPPLY, «Diferentes tipos de sistemas solares fotovoltaicos.» [En línea]. Available: <http://www.sunsupplyco.com/tipos-de-sistemas-solares/>. [Último acceso: 23 09 2020].
- [4] Weather Spark, «El clima promedio en Fusagasuga.» [En línea]. Available: <https://es.weatherspark.com/y/23367/Clima-promedio-en-Fusagasuga-Colombia-durante-todo-el-a%C3%B1o>. [Último acceso: 23 09 2020].
- [5] D. F. E. R. y. D. S. R. Sánchez, Diseño e implementación de un prototipo de suministro de energía fotovoltaica a una vivienda ubicada en la vereda Golconda (Anapoima Cundinamarca), Fusagasuga: Universidad de Cundinamarca, 2017.
- [6] L. F. S. P. y. L. A. C. Pardo, Evaluación comparativa del rendimiento energético de un sistema fotovoltaico con carga variable en DC utilizando panel solar monocristalino versus policristalino, en condiciones climáticas del municipio de Fusagasuga, Fusagasuga: Universidad de Cundinamarca, 2018.
- [7] A. M. G. Romero, Estudio factibilidad técnica del uso de paneles solares en el bloque académico de la universidad de cundinamarca seccional girardot 2018, Fusagasuga: Universidad de Cundinamarca, 2018.
- [8] «¿Colombia tiene potencial en fuentes de energía renovables?», *El espectador*, p. 3, 2019.
- [9] U. t. d. C. y. U. p. d. V. Utadco, «Energía fotovoltaica para Chocó, una solución sostenible», *Revista Semana*, 2017.
- [10] BirtLT, «Rendimiento global», ISF06, 2015. [En línea]. Available: [http://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/IEA/ISF/ISF06/es\\_IEA\\_ISF06\\_Contenidos/website\\_12\\_rendimiento\\_global\\_y\\_energia\\_requerida.html](http://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/IEA/ISF/ISF06/es_IEA_ISF06_Contenidos/website_12_rendimiento_global_y_energia_requerida.html). [Último acceso: 23 09 2020].
- [11] APPA - Asociación de Empresas de Energías Renovables, «¿Qué es la energía fotovoltaica?», APPA fotovoltaica, [En línea]. Available: <https://www.appa.es/appa-fotovoltaica/que-es-la-energia-fotovoltaica/>. [Último acceso: 16 10 2020].
- [12] Red de especialistas en agricultura, «AGRICULTURERS», 09 10 2020. [En línea]. Available: <https://agriculturers.com/acuaponia-solar-plantas-y-peces-para-comunidades-aisladas/>.
- [13] ICONTEC, «Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación», Normas para el diseño y construcción de sistemas fotovoltaicos, [En línea]. Available: <http://www.si3ea.gov.co/si3ea/documentos/documentacion>



ion/energias\_alternativas/docs/sOLARfOTOVOLTAICA.pdf. [Último acceso: 20 08 2020].

- [14] «Regulador de carga.» Monsolar , 2013. [En línea]. Available: <http://www.monsolar.com/blog/que-es-y-que-hace-un-regulador-de-cargasolar/%20al%20final>.
- [15] C. Rus, «Un nuevo tipo de celda solar consigue romper el récord de eficiencia con una conversión del 47,1%, la mayor jamás obtenida.» *Laboratorio Nacional de Energías Renovables de Estados Unidos*, 2020.
- [16] Arno Smets, «The Physics and engineering of photovoltaic.» *England: UIT CAMBRIDGE*, vol. Solar Energy, 2015.
- [17] «Eficiencia energética: Colombia ha avanzado, pero falta mucho por hacer.» *Revista Semana*, 2020.
- [18] J. R. Viloria, «Instalaciones Solares Fotovoltaicas.» Parainfo, Madrid, España, 2010.
- [19] Y. F. Ribaya, «Sistema Híbrido (Solar-Eólico) con apoyo de gas natural para la generación de energía eléctrica en Baja California Sur (México).» Máster Universitario en Ingeniería Energética, Baja California, 2016.
- [20] L. G. A. Pardo, «La inclinación de un panel tiene que ser igual a la latitud del lugar según la experiencia de los fabricantes e instaladores de paneles solares recomiendan una inclinación menor a 15°.» *Germinal*, vol. 3, p. 40, 2016.
- [21] L. R. Marentes, «Estudio de sistemas híbridos de energía para iluminación y bombeo en la escuela y viviendas de la comunidad de Pitur del oriente ecuatoriano.» [En línea]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/163/1/CD-0184.pdf>. [Último acceso: 2020].

## **Anexo 16: Evidencias de las capacitaciones realizadas**

Las capacitaciones se realizaron de forma virtual, por causa de la pandemia, se grabaron las llamadas y los talleres realizados y se encuentran alojados en Google Drive, para acceder se puede hacer por medio del siguiente enlace:

<https://drive.google.com/drive/u/1/folders/17s7s2L25vLNxjo2YPoFHxXBwch-1jHE->

**Anexo 17: Publicación de resultados participación RedColSI**



**COMUNICADO No. 20. RESULTADOS FINALES XVIII ENCUENTRO REGIONAL DE SEMILLEROS DE INVESTIGACIÓN**

Bogotá, Octubre 31 de 2020

Señores  
DELEGADOS INSTITUCIONALES  
FUNDACIÓN RED COLOMBIANA DE SEMILLEROS DE INVESTIGACIÓN  
NODO BOGOTÁ - CUNDINAMARCA  
La ciudad

El Comité Ejecutivo Nodal se permite publicar los resultados finales del XVIII Encuentro Regional de Semilleros de Investigación realizado en la Universidad Nacional Abierta y a Distancia del 24 al 28 de agosto de 2020.

Los proyectos resaltados en verde clasifican al Encuentro Nacional de Semilleros 2020.

Se anexa el listado de proyectos avalados.

Cordialmente,

Comité Ejecutivo Nodal  
Nodo Bogotá-Cundinamarca



**RESULTADOS FINALES**  
**XVIII ENCUENTRO REGIONAL DE SEMILLEROS DE INVESTIGACIÓN - REDCOLSI**  
**AGOSTO 24 AL 28 DE 2020**

Néstor Díaz Cuello

No	Proyecto	Área	Subárea	Tipo	Subtipo	Puntaje	Universidad
675	Evaluación sérica y fecal de hormonas esteroideas en hembras de oso andino ( <i>Tremarctos ornatus</i> ) en cautiverio.	Ciencias Agrarias	Zootecnia	Proyecto de Investigación	Investigación en Curso	94.50	[ 890680062 - UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA ]
676	ESTRUCTURACIÓN DE LA INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA DE LOS POT DE LOS MUNICIPIOS DE LA CALERA, SOPÓ, GUASCA, GUATAVITA Y SESQUILE DEL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA	Ciencias Agrarias	Agronomía	Proyecto de Investigación	Investigación en Curso	92.50	[ 890680062 - UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA ]
677	Diagnóstico de Atractivos naturales y culturales con potencial turístico, Provincia del Sumapaz.	Ciencias Sociales	Administración	Proyecto de Investigación	Investigación en Curso	92.00	[ 890680062 - UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA ]
678	RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO INSUMO A LA METODOLOGÍA PARA GENERAR CARTOGRAFÍA EN EL DESMINADO HUMANITARIO REALIZADO EN LA REGIÓN DEL SUMAPAZ EN EL MARCO DEL POSCONFLICTO	Ciencias Agrarias	Agronomía	Proyecto de Investigación	Investigación en Curso	91.50	[ 890680062 - UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA ]
679	Caracterización de aspectos biosfísicos y socioeconómicos de la Agricultura Familiar en el municipio de San Bernardo en Cundinamarca	Ciencias Sociales	Administración	Proyecto de Investigación	Investigación en Curso	91.00	[ 890680062 - UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA ]
680	Talleres Itinerantes de Alfabetización Computacional.	Ciencias Exactas y de la Tierra	Matemáticas	Proyecto de Investigación	Investigación en Curso	91.00	[ 890680062 - UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA ]
681	Diseño e implementación de un sistema híbrido de generación de energía eléctrica aplicado a sistemas de acuaponía.	Ingenierías	Ingeniería Eléctrica: Electrónica, Telecomunicaciones, y sus derivadas	Proyecto de Investigación	Investigación en Curso	90.50	[ 890680062 - UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA ]

## Anexo 18: Carta de validación registro de software



Fusagasugá, 02 de diciembre de 2020

Señores  
**DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN**  
COLCIENCIAS  
Bogotá D.C.

**Asunto: Validación de registro de software como producto de proyecto de investigación, “Diseño y simulación de un sistema de generación de energía eléctrica para implementación en un sistema de acuaponía en el municipio de Fusagasugá Cundinamarca”.**

La Dirección de Investigación de la Universidad de Cundinamarca valida el registro del siguiente software como producto de proyecto de investigación patrocinado por medio de convocatoria interna:

Registro de software:

- (Firmware para el dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos lineales pequeños y medianos.)

SOFTWARE	
Título del producto o proceso:	Firmware (SolarUDEC) para el dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos lineales pequeños y medianos
Número de la radicación ante la Dirección Nacional de Derecho de Autor.	1-2020-130816
Año de obtención.	
Autor(es)	Karen Alejandra Venegas Cardenas Daniela Alejandra Marles Caicedo Cesar Augusto Casas Diaz Faider Humberto Barrero Sanchez
Grupo de Investigación	GIGATT
Semillero de investigación	SIAMEL

DESCRIPTORES	
Análisis	Se desarrolla un sistema para el dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos lineales pequeños y medianos,  La aplicación SolarUDEC se realizó durante el desarrollo del proyecto “Diseño y simulación de un sistema de generación de energía eléctrica para implementación en un sistema de acuaponía en el municipio de Fusagasugá Cundinamarca”,



	<p>con el fin de fomentar el uso de sistemas de generación de energía limpia.</p> <p>El software le permite al usuario escoger los dispositivos que pretende conectar a su sistema y posteriormente visualizar los parámetros mínimos requeridos por cada componente del sistema planteado.</p>
Diseño	<p>El sistema tiene su propia base de datos en donde se encuentra la radiación con el menor valor (mes mas bajo) y la hora solar pico (HSP) de diez ciudades diferentes, además se encuentran las características de cinco paneles distintos para que el usuario pueda seleccionar el de su preferencia.</p> <p>Las variables de entradas son aquellas que permiten realizar el dimensionamiento del sistema, en este caso son, las cargas, la ciudad elegida, el tamaño del panel y los días de autonomía para el sistema.</p> <p>Para estimar la cantidad de paneles requerido por el sistema, se considera la hora solar pico de la zona escogida, la potencia del panel escogido, el consumo del sistema y el factor de seguridad de este; La estimación del tamaño de la batería se hace por medio de la profundidad de descarga de esta, la potencia nominal del sistema y los días de autonomía que el usuario requiera.</p>
Implementación	<p>La interfaz muestra una presentación gráfica legible, en donde la primera ventana que encuentra es usuario es de carácter institucional, en la segunda ventana el usuario puede ingresar las cargas que desea para su sistema y las características de los mismos, como cantidad de dispositivos, consumo y horas de uso al día, para posteriormente calcular el consumo total del sistema; en la tercera ventana el usuario elige la ciudad para la que quiere realizar su dimensionamiento, el tamaño del panel y los días de autonomía que requiere y la aplicación le muestra los parámetros de panel, batería, inversor y regulador recomendados para el sistema.</p>
Validación	<p>En esta etapa se realizaron pruebas de desempeño por parte de todo el semillero de investigación SIAMEL, en donde se corrobora que los procedimientos matemáticos fuesen correctos.</p>





UNIVERSIDAD DE  
**CUNDINAMARCA**  
Generación Siglo 21

Descripción del nivel de innovación	Es una aplicación novedosa y práctica, además tiene una interfaz sencilla y amigable con el usuario, para que cualquier usuario de Android pueda dimensionar su sistema fotovoltaico por medio de esta. Adicionalmente se realizó un manual de usuario, para que cualquier persona tenga claridad en el funcionamiento de esta.
-------------------------------------	---

IDENTIFICACION DEL PROYECTO	
Nombre	Diseño y simulación de un sistema de generación de energía eléctrica para implementación en un sistema de acuaponía en el municipio de Fusagasugá Cundinamarca
Código	
Contrato	
Número del radicado del informe técnico de avance o final donde reporta el desarrollo del software	Acta de sustentación de trabajo de grado en la modalidad de auxiliar de investigación número 20, 1 de diciembre 2020

Titulo Proyecto: Diseño y simulación de un sistema de generación de energía eléctrica para implementación en un sistema de acuaponía en el municipio de Fusagasugá Cundinamarca  
Convocatoria: Convocatoria interna para el fortalecimiento semilleros de investigación 2018.

Anexos:  
Artículo científico de resultados

Atte.

**Jaime Augusto Porras Jiménez**  
Director de Investigación  
Universidad de Cundinamarca