



**Modelado de un sistema solar fotovoltaico para el colegio el bosque bilingüe UAN**

**Andrés Camilo Zarate Mahecha**

11231619433

**Universidad Antonio Nariño**

Programa Ingeniería Ambiental

Facultad de Ingeniería Ambiental

Bogotá, Colombia

2022

**Modelado de un sistema solar fotovoltaico para el colegio el bosque bilingüe UAN**

**Andrés Camilo Zarate Mahecha**

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

**Ingeniero Ambiental**

Director (a):

(PhD.c, Ingeniero.) Didier Camilo Sierra

Línea de Investigación:

Gestión ambiental

Grupo de Investigación:

Semillero de investigación

**Universidad Antonio Nariño**

Programa Ingeniería ambiental

Facultad de Ingeniería Ambiental

Bogotá, Colombia

2022

## NOTA DE ACEPTACIÓN

El trabajo de grado titulado

\_\_\_\_\_.

Cumple con los requisitos para optar

Al título de \_\_\_\_\_.

Firma del Tutor

Firma Jurado

Firma Jurado

Ciudad, Día Mes Año.

## Contenido

	Pág.
<b>1</b>	<b>Resumen .....5</b>
<b>2</b>	<b>Abstract .....6</b>
<b>3</b>	<b>Introducción .....7</b>
<b>4</b>	<b>Antecedentes .....8</b>
<b>5</b>	<b>Objetivos.....11</b>
5.1	Objetivo General ..... 11
5.2	Objetivos Específicos..... 11
<b>6</b>	<b>Justificación.....12</b>
<b>7</b>	<b>Marco Teórico.....12</b>
7.1	Energías Alternativas..... 13
7.2	Principal Desafío de las energías alternativas ..... 14
7.3	Energía solar ..... 15
7.3.1	Conceptos Básicos.....16
7.3.2	Panel solar .....18
7.3.3	Puntos PID .....18
<b>8</b>	<b>Planteamiento del problema .....19</b>
<b>9</b>	<b>Diseño Metodológico .....21</b>
9.1	Fase 1: Diagnóstico..... 21
9.1.1	Búsqueda de información primaria y secundaria .....21
9.1.2	Clasificar y tipificar la información .....21
9.1.3	Evaluación estadística descriptiva .....22
9.1.5	Condiciones locativas .....22
9.2	Fase 2: Modelación del sistema ..... 22
9.2.2	Establecer sistemas de generación .....23
9.2.3	Diseño del sistema .....23
9.3	Fase 3: socialización ..... 23
9.3.1	Crear un protocolo para la socialización en sistemas energéticos .....23
8.3.2	Socializar con la comunidad educativa.....24
8.3.3	Creación de mecanismos de empoderamiento .....24
<b>10</b>	<b>Análisis de Resultados .....24</b>
10.1	Diagnóstico ..... 24
10.2	Modelación del sistema ..... 30
10.2.1	Establecimiento de la ubicación geográfica del proyecto.....31
10.2.2	Fijación del Angulo de inclinación y azimut .....32
10.2.3	Diseño del sistema .....33
10.2.4	Aspectos a tener en cuenta .....37
10.3	socialización ..... 37
<b>11</b>	<b>Conclusiones.....40</b>

## Lista de figuras

Pag

<b>Figura 1</b> .....	<b>14</b>
<b>Figura 2</b> .....	<b>16</b>
<b>Figura 3</b> .....	<b>17</b>
<b>Figura 4</b> .....	<b>18</b>
<b>Figura 5</b> .....	<b>19</b>
<b>Figura 6</b> .....	<b>25</b>
<b>Figura 7</b> .....	<b>27</b>
<b>Figura 8</b> .....	<b>27</b>
<b>Figura 9</b> .....	<b>31</b>
<b>Figura 10</b> .....	<b>32</b>
<b>Figura 11</b> .....	<b>33</b>
<b>Figura 12</b> .....	<b>34</b>
<b>Figura 13</b> .....	<b>34</b>
<b>Figura 14</b> .....	<b>34</b>
<b>Figura 15</b> .....	<b>35</b>
<b>Figura 16</b> .....	<b>36</b>
<b>Figura 17</b> .....	<b>36</b>
<b>Figura 18</b> .....	<b>37</b>
<b>Figura 19</b> .....	<b>38</b>
<b>Figura 20</b> .....	<b>39</b>

## Lista de tablas

	Pág.
<b>Tabla 1.....</b>	<b>25</b>
<b>Tabla 2.....</b>	<b>26</b>
<b>Tabla 3.....</b>	<b>29</b>
<b>Tabla 4.....</b>	<b>29</b>
<b>Tabla 5.....</b>	<b>34</b>

## Lista de Símbolos y Abreviaturas

Símbolos y abreviaturas	Termino
PRAE	Proyectos ambientales escolares
EIA	Energy Information Administration
IRENA	International Renewable Energy Agency
kWh	Kilovatio hora
SBO	School Building Organization
kW h/kW p /día	Kilovatio hora por kilovatio pico día
W/m <sup>2</sup>	Vatios por metros cuadrados
SIG	Sistemas de información geográfica
PV	Photovoltaic
RMCAB	Red de monitoreo y calidad del aire de Bogotá
IDEAM	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
ZNI	Zonas no interconectadas
J/m <sup>2</sup> .	Julio por metro cuadrado
NASA	National Aeronautics and Space Administration
Wh/día	Vatio hora por día
Kwh/ m <sup>2</sup> .	Kilovatios hora por metro cuadrado
IEC	
VOC	Open circuit voltage
Nom	nominal
Mpp	Punto de máxima potencia
VMPP	Voltaje en el punto máximo de potencia
AC	Corriente alterna
V	Voltaje
W	Vatios
PR	Performance ratio
m <sup>2</sup>	Metro cuadrado
GEI	Gases de efecto invernadero
GW	Gigavatios

## **Dedicatoria**

Primeramente, a Dios por ser mi guía espiritual durante todo este camino, a mis padres, porque sin su esfuerzo, dedicación y sacrificios no sería posible llegar a donde lo he hecho, a mi hermano por estar siempre a mi lado apoyándome, realizando sacrificios por mí durante estos años de carrera, a mi hermana por ser siempre un foco positivo en mi vida, a mi Tío Jairo por ser ese foco de esperanza que estuvo a mi lado en los momentos más difíciles apoyándome y en general a toda mi familia.

A mis familiares que ya no están en especial a mis tíos y mi abuelito Belisario al cual quisiera decirle que sus enseñanzas siempre las tengo presentes.

## **Agradecimientos**

Al Ingeniero Didier Sierra por todo el apoyo brindado en el transcurso de la elaboración del proyecto, a los directivos de el colegio del bosque bilingüe por la colaboración durante cada etapa del mismo, a Don Rodrigo Botero pues trabajar en su organización, me ha permitido crecer en lo laboral y persona sumado a esto me ha brindado los espacios requeridos en cada etapa de mi carrera con el fin de culminarla de manera positiva y en general a mis compañeros de trabajo pues me han sido de gran apoyo.

## 1 Resumen

Este trabajo de investigación surge con el objetivo de estudiar la viabilidad de un sistema de energía no convencional para el “colegio el bosque bilingüe UAN”, esto con el fin de lograr un ahorro y uso eficiente de la misma, con lo cual se buscó involucrar a la comunidad educativa de la institución para trabajar de manera proactiva y conjunta desde diferentes enfoques académicos, el proyecto se dividió en tres etapas.

La primera etapa contó con la realización de un diagnóstico sobre la zona de influencia lo cual permitió efectuar la elección del sistema que se adaptara a las condiciones y requerimientos del proyecto, la segunda etapa constó de la evaluación, modelación y simulación del sistema esto mediante el software PVsyst, en la tercera etapa, se socializó mediante herramientas didácticas con la comunidad educativa, la importancia de este tipo de sistemas y como aportan a la sostenibilidad, cambio climático y a reducción de la huella ecológica.

Por último, al realizar la modelación y simulación con la cual se logró un ahorro anual del 16% del total de la demanda energética de la institución, este modelo es conectado a la red on-grid, lo que reduce significativamente los costos, sumado a esto se entrega el modelo base a la institución esto permite seguir y abastecer el total de la demanda de la institución educativa en un futuro la cual actualmente es de 36.494 kWh/año.

Palabras claves: sostenibilidad ambiental, energías renovables, cambio climático, energía solar fotovoltaica, paneles solares, modelación y simulación, on-grid.

## 2 Abstract

This research work comes up with the aim of studying the feasibility of a non-conventional energy system for “colegio el bosque bilingüe UAN”, this in order to achieve savings and efficient use of it, which looks to involve the educational community of the institution to work proactively and jointly from different academic approaches, the project was divided into three stages.

The first stage included a diagnosis of the area of influence, which allowed the selection of the system that would adapt to the conditions and requirements of the project; the second stage consisted of the evaluation, modeling and simulation of the system using PVsyst software; in the third stage, the importance of this type of systems and how they contribute to sustainability, climate change and the reduction of the ecological footprint was socialized with the educational community using didactic tools.

Finally, by performing the modeling and simulation with which an annual savings of 16% of the total energy demand of the institution is achieved, this model is connected to the on-grid network, which significantly reduces costs, in addition to this, the base model is delivered to the institution, which allows to continue and supply the total demand of the educational institution in the future, which currently is 36,494 kWh/year.

**Key words:** environmental sustainability, renewable energies, climate change, photovoltaic solar energy, solar panels, modeling and simulation, on-grid.

### 3 Introducción

La electricidad ha sido el motor principal de la economía, es esencial en nuestra cotidianidad estando relacionada directamente con la calidad de vida, el presente trabajo surge con el fin de evaluar sistemas de energía amigables con el medio ambiente y que sean viables tanto técnica como económicamente a mediano y largo plazo además que se puedan usar como una herramienta pedagógica que permita desarrollar diferentes enfoques y espacios académicos de aprendizaje y debate entre la comunidad educativa en el “colegio del bosque bilingüe UAN”, satisfaciendo la demanda de energía y reduciendo la huella de carbono en la institución dado que los métodos y procesos de generación convencionales son altamente contaminante tienen un impacto ambiental y social de gran magnitud y en muchos casos llegan a ser ineficientes.

La energía solar presenta el potencial más alto entre las diferentes fuentes de generación a partir de renovables dado que es un recurso inagotable, que puede brindar tanto seguridad energética como independencia, aunque hay que tener en cuenta diferentes factores como: latitud, variación diurna, clima y variaciones geográficas, pues estas condiciones indican la intensidad solar la cual es necesaria para obtener la mayor eficiencia de estos sistemas, diferentes estudios han demostrado que las condiciones más favorables para la producción de energía fotovoltaica después de África se encuentra en Australia, estados unidos, áreas adyacentes de México, y regiones en América del sur (Kabir, Kumar.Pawan, Kumar, & Kim, 2017).

Para lograr los objetivos propuestos se dividió el proyecto en tres fases una primera fase que consistió en un diagnóstico en el área de influencia del proyecto el cual abarcó la búsqueda de información primaria y secundaria, clasificación y tipificación de información,

una evaluación estadística descriptiva, mapeo y por último se evaluaron las condiciones locativas del predio.

La segunda fase se centró en la modelación del sistema, para esto se evaluaron diferentes softwares de diagnóstico y diseño, se estableció el sistema de generación, posterior a esto se diseñó y modeló el sistema mediante el software PVsyst, la última fase consistió en la socialización del proyecto con la comunidad educativa se formularon protocolos de socialización, y se crearon mecanismos de empoderamiento y réplica.

#### **4 Antecedentes**

Por medio de una revisión documental se realizó un análisis de los diferentes sistemas de energía no convencionales más usados o que presenten mayor ventaja tanto económica como a favor del medio ambiente y que presente beneficios a corto mediano y largo plazo sumado a esto se expondrán los beneficios de cada uno y los casos de éxito de estos en diferentes proyectos alrededor del mundo.

Actualmente las energías renovables son muy atractivas puesto que aportan tanto a el crecimiento económico como a la sostenibilidad ambiental por esto están tomando un papel protagónico en la generación de energía, ejemplo de esto es Alemania este país se ha puesto como meta transformar su economía y pasar de un consumo lineal a uno circular y uno de sus objetivos es realizar una transición hacia las energías alternativas para lo cual se ha hecho un esfuerzo tanto económico, como político lo que le ha permitido un mejoramiento de

costos y avances científicos en pro de lograr una unión entre las energías renovables y la innovación tecnológica con esto se busca que el país logre seguir creciendo económicamente sin comprometer el medio ambiente lo cual ha llevado a que el 46% de la electricidad sea producida por fuentes renovables (Khan, Su, Rehman, & Ullah, 2022).

Para el caso de América latina , la transición hacia los no convencionales crece de manera exponencial a nivel regional, para el 2018 el consumo de energía renovable alcanzó un 28%, mientras que a nivel mundial estuvo rondando el 18%, este desempeño se puede explicar por diferentes causas como el crecimiento económico en la región, iniciativas regionales como la de la organización latinoamericana de energía la cual plantea a un objetivo muy ambicioso pues propone aumentar la capacidad de generación con estos métodos en un 70% para el 2030, otro aspecto que favorece a la región es su posición geográfica y la gran cantidad de recursos con las que cuenta (Zhang, Jin, & Xu, 2021).

En la región uno de los países que más le ha apostado a la generación de energía mediante el uso de no convencionales es Brasil, esto se dio gracias a políticas públicas que favorecían la generación e investigación en este campo, además gracias a su programa de subastas logro un equilibrio entre los no convencionales y convencionales con el fin de prevenir desabastecimiento energético lo que ha convertido a dicho país en un modelo no solo para los países de la región sino a nivel mundial pues su programa es uno de los más antiguos y exitosos del mundo (Tolmasquim, de Barros Correia, Addas Porto, & Kruger,

2021), todo esto llevo a Brasil a ser el tercer país que más produce electricidad a partir fuentes renovables no convencionales solo detrás de estados unidos y china.

Es importante que este tipo de proyectos se puedan llevar a escalas más locales como por ejemplo las instituciones educativas pues al apoyen este tipo de iniciativas de transiciones hacia energías renovables se benefician tanto en lo económico ya que logran una independencia energética sino también en la reducción de la huella de carbono, y se involucra toda la comunidad educativa de la misma en temas de sostenibilidad un ejemplo de esta iniciativa se encuentra en Grecia donde el país se ha propuesto incentivar la energía solar con un énfasis especial en la organización de edificios escolares o por sus siglas en inglés (SBO), a la fecha en que se realizó el estudio más de 86 escuelas en 26 diferentes prefecturas ya cubrían el total de su demanda eléctrica, tomando como muestra la escuela secundaria del pirineo se logró concluir que la misma no solo abastecía su demanda en épocas de mayor pico de actividad sino que tenía un sobrante pues produjo 29.131,56 kWh y consumió 22.357 kWh además de los beneficios en reducción de la huella de carbono al bajar las emisiones de CO<sub>2</sub> (National Technical University of Athens, 2011).

En Kuwait un país arábigo que, por su posición geográfica, su condición climática y su abundante petróleo su industria de generación es casi en su totalidad por hidrocarburos dado el alto costo ambiental que esto ocasiona. El gobierno de ese país está haciendo diferentes pilotos para desarrollar fuentes de generación más amigables con el medioambiente y un ejemplo de ello es la instalación de sistemas fotovoltaicos en las escuelas

Sawda y Azda, al finalizar el estudio se observó un rendimiento promedio del 0.7, un rendimiento energético mensual que rondaba los 104 kWh /kWp, los rendimientos finales diarios anuales fueron 4,5 kWh/kW p /día lo que al comparar con otros estudios en azoteas en otras regiones del mundo arroja un resultado muy positivo dado que se presenten variaciones como las tormentas de arena que se han logrado superar con sistemas de limpieza automáticas (Al-Otaibi, Al-Qattan, Fairouz, & Al-Mulla, 2015).

## **5 Objetivos**

### **5.1 Objetivo General**

Modelar un sistema de energía renovable para el colegio el bosque UAN.

### **5.2 Objetivos Específicos**

- 1.** Diagnosticar el potencial energético sobre el área de influencia del colegio el bosque UAN con el fin de cumplir los requerimientos técnicos necesarios para desarrollar el proyecto.
- 2.** Diseñar el Sistema de energía alternativa para determinar la viabilidad bajo criterios de sostenibilidad.
- 3.** Crear un sistema metodológico que le permita a la comunidad educativa de la institución ser parte proactiva del proyecto.

## **6 Justificación**

La presente investigación se enfoca en promover mediante la modelación de sistemas de energía no convencionales el uso de las mismas, esto debido a la crisis energética y ambiental por la que está atravesando la humanidad debido al uso indiscriminado de fuentes de energía no renovables o con un impacto altamente negativo en el medio ambiente se está llevando al planeta a un punto de no retorno.

Tomando lo anterior en cuenta, para la institución educativa adoptar este tipo de sistemas brinda un avance significativo con el fin de reducir la huella de carbono en la misma, sumado a los beneficios económicos tanto estatales como producidos por el ahorro y uso eficiente de la energía a largo y corto plazo que brinda la implementación de estos proyectos ambientales escolares o por sus siglas (PRAE), además de la transformación social que se brindara al involucrar a la comunidad educativa, puesto que genera conciencia ambiental en diferentes espacios de gran relevancia como el desarrollo y la sostenibilidad así mismo permite a dicha comunidad la oportunidad de abordar estas problemáticas desde un enfoque pedagógico, por otra parte, se destacaría a la institución como una entidad amigable con el medio ambiente que tiene iniciativa respecto al cambio climático así como un énfasis hacia la protección del mismo entregando herramientas a la comunidad educativa para contribuir con esta causa.

## **7 Marco Teórico**

En la actualidad el mundo se encuentra atravesando una crisis cada vez más creciente a causa del modelo actual de consumo lineal esto se ve reflejado en todas las líneas de la economía como lo explica el economista Geoffrey G. Jones) el medio ambiente es visto en general como un bien gratuito e inagotable además los procesos industriales altamente

contaminantes se ven cómo ajenos a las industrias pero sobre todo a los gobiernos que han permitido este tipo de modelos si bien en los últimos años se ha visto un cambio en la mentalidad colectiva de la importancia de la sustentabilidad ambiental empezando por las grandes corporación que han puesto esfuerzos en la llamado sello verde pero se está cayendo en una banalización y mercantilización de los mismos (Jones, 2022) y se puede hablar en especial de todo lo referente a los métodos tradicionales de energía en tanto a la generación, transmisión como el consumo, estos son en gran medida contaminantes y poco eficientes pues todos ellos tienen efectos sobre el medio ambiente.

Solo en los estados unidos que es uno de los mayores consumidores de energía del mundo según datos de la EIA para el año 2020 el 60% de la generación de energía eléctrica fue producida a base de combustibles fósiles (carbón, gas natural e hidrocarburos) entre otros (Energy Information Administration, 2021), estos producen diferentes gases tóxicos y de efecto invernadero como es el caso de:

**Dióxido de carbono  $CO_2$ :** es un gas de efecto invernadero.

**Monóxido de carbono  $CO$ :** provoca lluvia acida

**Dióxidos de azufre  $SO_2$ :** Produce enfermedades respiratorias y cardíacas en especial para ancianos y niños.

**Óxidos de nitrógeno  $NO_x$ :** produce ozono troposférico

**Material particulado  $PM$ :** produce brumas en ciudades disminuye la calidad del aire aumento de enfermedades respiratorias las micropartículas producen enfisema y cáncer.

**Metales pesados:** producción de enfermedades graves.

## 7.1 Energías Alternativas

Se le considera energías alternativas a todas aquellas que proceden de fuentes que son virtualmente inagotables, o aquellas que tienen gran capacidad para regenerarse de

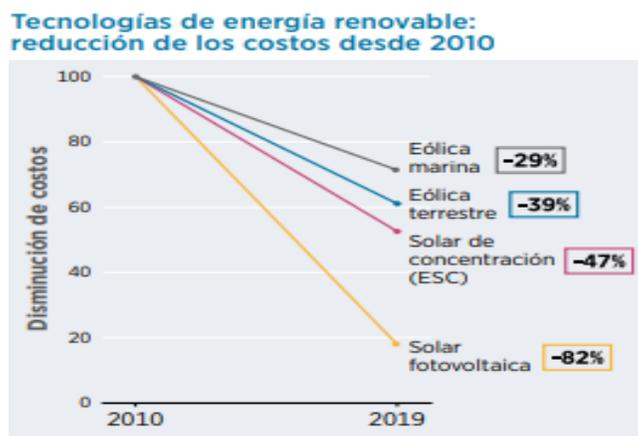
manera natural, algunos ejemplos de estas son la energía solar fotovoltaica, eólica, solar térmica, biomasa, hidroeléctricas entre otras (Spiegeler, Cifuentes 2016).

## 7.2 Principal Desafío de las energías alternativas

Un impedimento que ha afectado fuertemente una transición más rápida hacia fuentes de energía no tradicionales son los altos costos económicos de las mismas aunque cabe resaltar que en las últimas décadas gracias a los grandes avances tecnológicos, el mejoramiento de las economías de escalas y cadenas de suministro competitivas sumado a todo lo anterior el conocimiento aportado a partir de proyectos desarrollados con grandes resultados según IRENA para el 2019 fueron evaluados más 17000 proyectos enfocados en este tipo de transiciones, para la energía fotovoltaica se evidenció un descenso que rondaba el 80% en los costos comparándolos con el 2010, seguido por la energía solar de concentración con un descenso del 47%, la eólica terrestre 39%, eólica marina 29% (IRENA, 2020).

### Figura 1

*Reducción de costos en tecnologías para la generación de energía renovable*



Nota. Adaptado de costos de generación de energía renovable en 2019 [imagen], (IRENA, 2020).

La tendencia de las energías renovables se encuentra con un crecimiento exponencial gracias a los avances antes descritos y a los beneficios tanto económicos como de sostenibilidad ambiental y social e independencia energética a corto mediano y largo plazo, cuando hablamos del mediano plazo se distinguen dos pues presentan un despliegue rápido y fácil estas son la solar fotovoltaica y la eólica terrestre, según datos de IRENA, los costos tan sólo de la energía solar cayeron un 13% en el periodo interanual de 2019 con un valor de 0,068 USD dólares estadounidenses por kilovatio-hora (kWh).

Para el caso específico de América latina, aunque el aumento ha sido un poco lento ya se han dado grandes avances en estos temas según IRENA, las energías renovables representan el 26% de la energía primaria en la región que al llevarlo a un contexto global representa una de las mayores cuotas en el mundo, este informe también señala que se tiene una proyección que para el 2050 la energía fotovoltaica se incremente en el mercado regional en un 40% lo que equivale a 280 GW de capacidad instalada (WORLD ENERGY TRADE, 2021).

### **7.3 Energía solar**

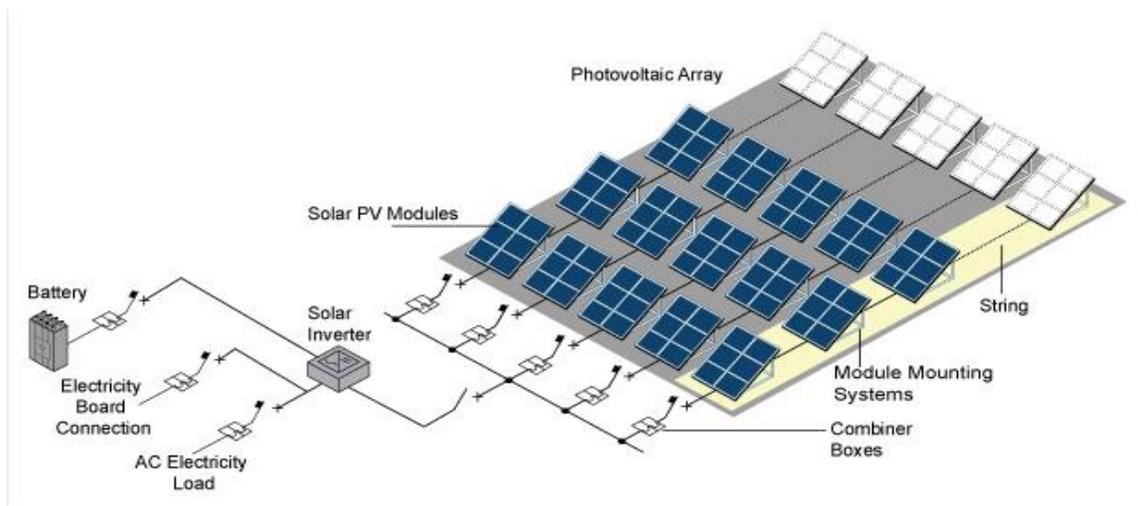
La energía solar se divide en dos, las tecnologías activas y pasivas cuando hablamos de pasivas nos referimos a la recolección si transformar en energía térmica o luminosa, para el caso de las activas se utilizan diferentes equipos para convertirla en calor y energía eléctrica a su vez esta se puede definir en dos categorías.

- 1. Tecnología fotovoltaica:** esta funciona mediante el uso de semiconductores que transforman la energía solar en electricidad, entre los avances más prometedores se encuentra las células solares híbridas de perovskita con las cuales se ha logrado aumentar la eficiencia en un 18%.

2. **Tecnología solar térmica:** se usa para aplicaciones más locales como calefacción, secado entre otros y también se encuentra la energía solar concentrada que mediante espejos de gran aumento se concentra energía para generar electricidad mediante turbinas de vapor.

**Figura 2**

*Esquema de funcionamiento de un sistema de energía fotovoltaico*



*Nota. Adapted de During the 2017–2025 forecast period, the global Solar Power capacity is expected to increase from 387GW to 969GW as per GlobalData’s recent report ‘Solar Photovoltaic (PV) Market, Update 2017’ [imagen], (salixrenewable, 2018)*

### 7.3.1 Conceptos Básicos

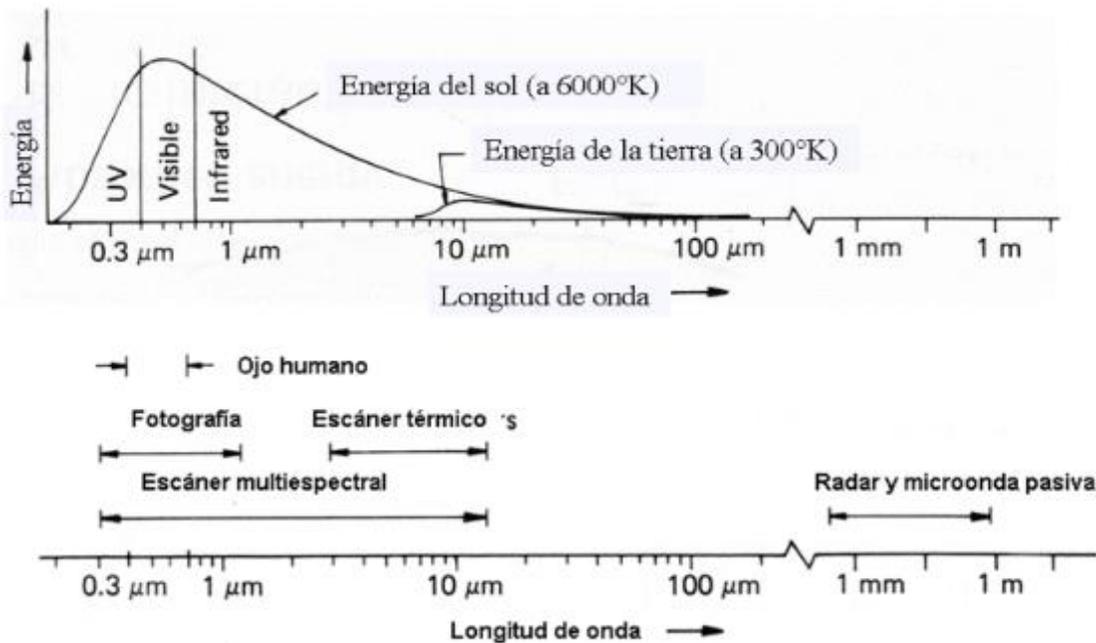
#### Radiación solar

Es la radiación emitida por el sol, la cual esta se propaga por medio de ondas electromagnéticas, este tipo de energía no solo produce electricidad o calor, es la que determina los diferentes fenómenos que contribuyen a los diferentes fenómenos climáticos que se presentan en el planeta tierra.

El sol emite energía en forma de ondas cortas, que al momento de pasar por la atmosfera sufren alteraciones debido a la difusión, reflexión de las nubes y absorción debido a las diferentes moléculas que se encuentran en suspensión (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, s.f.)

**Figura 3**

*Energía radiada por el Sol y la tierra*



*Nota. Adaptado de: radiación solar [imagen], (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, s.f.)*

1. **Irradiancia:** se define como la densidad de potencia por unidad de superficie y se mide en  $w/m^2$ .
2. **Irradiación:** Se define como energía incidente por unidad de superficie se mide por  $J/m^2$ .
3. **Radiación directa:** esta se produce mediante un ángulo solido sin tener en cuenta la dispersión atmosférica.
4. **Radiación difusa:** se presenta cuando la radiación presenta alteraciones debido a los diferentes componentes de la atmosfera.

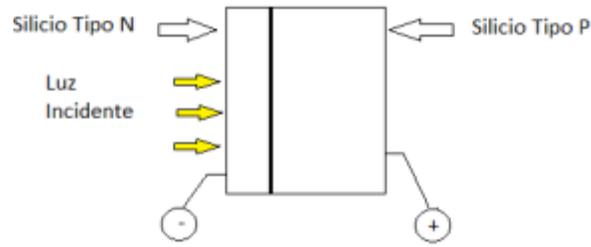
5. **Radiación reflejada:** esta se produce principalmente cuándo la radiación solar es reflejada por algún material también se le conoce como (albedo).
6. **Radiación total:** esta es la radiación que se produce por la suma entre la radiación directa y difusa no se tiene en cuenta la reflejada.

### 7.3.2 Panel solar

Los paneles solares están conformados por células de materiales semiconductores, los cuales cuentan con electrones los cuales se unen a otros átomos de alrededor con esto se forma un grupo de 8 electrones que posteriormente crean una red cristalina (Figura 4).

#### Figura 4

*Célula fotovoltaica*



*Nota. Adaptado de:* Estudio de sistemas de energías renovables con conexión a la red[imagen], (RIVERA & OLMEDO, 2014)

### 7.3.3 Puntos PID

Por sus siglas en inglés (potential Induced Degradation), se produce principalmente debido a una reducción en el rendimiento, afectando los parámetros de salida eléctrica de los paneles solares en el transcurso del tiempo, esto como causa de una combinación de atributos atmosféricos y niveles de suciedad, los nuevos paneles solares han mejorado de manera notable su tecnología y métodos de detección con el fin de disminuir este fenómeno al máximo (Deb & Bhargava, 2022).

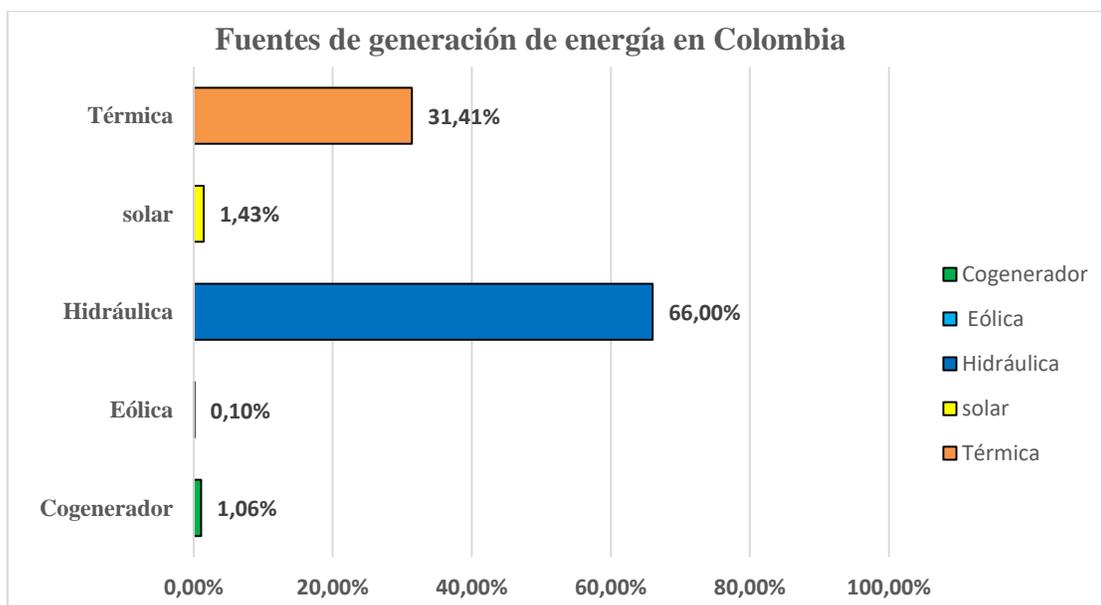
## 8 Planteamiento del problema

Las energías alternativas han estado en el foco de la discusión en nuestra sociedad, pues a la fecha las fuentes tradicionales de la misma son en gran parte ineficientes y altamente contaminantes lo que ha provocado gran afectación a el medio ambiente y ha llevado a el planeta a un estado preocupante el conocido como “cambio climático”, actualmente gracias a los diferentes avances, cambios en los patrones de consumo y aumento en la población global, por los cuales estamos atravesando, sumado a la creciente demanda de productos y servicios provocado por una sociedad cada vez más dependiente de la tecnología, ha producido un aumento en el consumo de energía eléctrica que según datos de la ONU esta misma es gran responsable de la contaminación y emisión de gases de efecto invernadero dado que el 60% de la generación eléctrica procede de combustibles fósiles con lo cual actualmente el sector encargado del suministro es responsable en un 35% de la emisión total de GEI a nivel mundial (ONU, s.f.)

Para el caso específico de Colombia según datos de XM que es el operador del sistema interconectado nacional o por sus siglas (SIN), las fuentes de qué depende el suministro de energía se componen de la siguiente manera, el 66% proviene de generación hidráulica, el 31.41% de energía térmica, el 1.49% energía solar, el 0.10% de energía eólica, y el 1.06% por cogeneradores.

### **Figura 5**

*Fuentes de generación de energía en Colombia*



*Nota. Adaptado de: Capacidad efectiva por tipo de generación (XM, 2022)*

Con lo cual se podría hablar que más del 60% de la energía que se produce en el país, procede de fuentes renovables y de ellas la principal es la hidráulica en la cual se construyen grandes presas esto debido a la gran cantidad de fuentes hídricas de las cuales dispone el país y a su geografía aunque el costo ambiental y social que producen estas obras es incalculable, sumado a lo anterior se depende en gran medida a el clima pues en épocas de extrema sequía los embalses suelen reducir su tamaño lo que pone en riesgo la seguridad energética del país un ejemplo claro de esto es el apagón que se originó en el año de 1991 causado por el fenómeno de niño, y que el país no contaba con un plan de contingencia adecuado para este tipo de calamidades, actualmente según datos del DANE la cobertura eléctrica es de 96.3% a nivel nacional, pero este mismo informe del censo nacional arroja una cifra preocupante, es el caso del vichada en dicho departamento la cobertura fue de 43.5% (DANE, 2019) estas son llamadas zonas no interconectadas o por sus siglas (ZNI) este fenómeno se da por diferentes factores como: condiciones geográficas extremas, baja masa poblacional y dispersión de las mismas en dichas zonas, violencia, condiciones económicas adversas entre otras, otro factor preocupante es que en dichas zonas dada las dificultades ya mencionadas se opta por la generación a base de hidrocarburos con plantas eléctricas lo que es en gran medida perjudicial para el medio ambiente.

La visita técnica que se realizó en la institución educativa permitió identificar que en diferentes zonas tales como: el área administrativa y la primaria, principalmente por sombras ocasionadas por arboles cercanos y el tipo de estructura no se puede aprovechar la luz natural con lo cual los focos eléctricos deben estar encendidos durante toda la jornada educativa, esto conlleva a que en caso de presentarse mayor demanda educativa se puede generar un aumento en los costos asociados al consumo eléctrico.

## **9 Diseño Metodológico**

La presente investigación se pretende desarrollar mediante la búsqueda de información y caracterización de la zona en la cual se desarrollará el proyecto haciendo uso de herramientas virtuales o SIG con lo cual se busca una optimización del sistema de energía alternativo que sea más viable para el colegio el bosque UAN con el fin de lograr esto se dividirá en tres fases el proyecto las cuales se presentan a continuación.

### **9.1 Fase 1: Diagnóstico**

#### **9.1.1 Búsqueda de información primaria y secundaria**

Se recurrirá a diferentes fuentes de información como revistas científicas, artículos, investigaciones, libros etc. Además, estaciones meteorológicas del IDEAM, la SIAC, imágenes satelitales, portales institucionales tanto nacionales como locales entre otros, además de verificar la información que brinde la institución.

#### **9.1.2 Clasificar y tipificar la información**

Se realizará una clasificación de la información al usar la diferente bibliografía disponible como la que se obtenga haciendo uso de diferentes herramientas y softwares que permitan la evaluación de información geográfica, además de condiciones climáticas, con el fin de hallar diferentes tipos de tendencias.

### **9.1.3 Evaluación estadística descriptiva**

Con los datos obtenidos en la etapa anterior se realizará un análisis que permita mediante métodos estadísticos hallar tendencias generales en el transcurso de tiempo determinado lo que permitirá evaluar las condiciones, fenómenos climáticos y ambientales en el colegio el bosque UAN esto facilitara elegir el sistema de energía alternativo que mejor se adapte a la institución a sus instalaciones y que brinde la transición energética de manera favorable en lo económico y que brinde una herramienta pedagógica que permita acercar a la comunidad educativa hacia estos temas tan relevantes como el cambio climático.

### **9.1.4 Mapear la zona (SIG) con el fin de evaluar la radiación en la zona de influencia**

Este mapeo se realizará con una herramienta SIG para este caso de estudio se usó ArcGIS, lo que permitirá evaluar la radiación solar sobre la institución educativa de manera anual durante un lapso de tiempo de 10 años esto posibilitará encontrar una tendencia general, lo cual a su vez permitirá conocer en gran medida el potencial energético solar sobre el área de influencia.

### **9.1.5 Condiciones locativas**

Se debe evaluar las condiciones locativas de la institución actualmente se tiene un consumo anual que se encuentra en el rango de 3419 kwh/año, un consumo total anual de 36494 kwh/año lo cual representa un gasto anual de consumo de energía de \$ 25.974.380,42 esto permitirá realizar el proyecto con la mayor eficiencia técnica posible sin generar futuros problemas asociados al proyectó.

## **9.2 Fase 2: Modelación del sistema**

### **9.2.1 Analizar el programa que mejor se adapte a los requerimientos del proyecto**

Con el fin de optimizar el sistema, se debe evaluar el software que brinde mayor capacidad técnica y además que sea más intuitivo e interactivo con el fin de lograr una viabilidad tanto técnica como financiera del proyecto.

### **9.2.2 Establecer sistemas de generación**

Se debe establecer a qué sistema se apunta, el sistema de energía ideal es el de prosumidor en el cual se abastece toda la demanda interna y se puede vender el excedente, en Colombia existe una legislación a favor de este tema lo que permite regular el mismo además de tener algunos beneficios económicos.

### **9.2.3 Diseño del sistema**

En este punto se diseñó el sistema bajo los lineamientos y requerimientos antes evaluados además permito tener la visión del dinero requerido en equipos para el desarrollo del mismo.

## **9.3 Fase 3: socialización**

### **9.3.1 Crear un protocolo para la socialización en sistemas energéticos**

Buscar una metodología idónea que permita informar de manera práctica y muy didáctica a la comunidad educativa del colegio el bosque UAN acerca de las problemáticas climáticas y ambientales y cómo las energías alternativas tienen un papel muy importante en la sostenibilidad ambiental.

### **9.3.2 Socializar con la comunidad educativa**

Se presento el modelo final del sistema ala rectora de la institución como cabeza de la comunidad educativa, se presentaron diapositivas en las cuales se explicaban diferentes temas relacionados a cambio climático, energías renovables además de la socialización de material didáctico es el caso de un folleto en el cual se encontraba un resumen de esto, así como consejos que contribuyen a el ahorro de energía en la institución.

### **9.3.3 Creación de mecanismos de empoderamiento y réplicas para zonas en Bogotá**

Con esto se busca que este sistema se pueda implementar en más instituciones de la capital mediante la publicación de el articulo científico en diferentes revistas científicas esto sujeto a la aprobación de la investigación por parte de la universidad, se creo un diagrama con el fin de permitir un mayor entendimiento acerca de la interfaz del software esto permite que de ser requerido se pueda continuar con la simulación de ser requerido.

## **10 Análisis de Resultados**

### **10.1 Diagnóstico**

Se realizó un análisis con el fin de elegir cual base de datos de sistemas de información climática permitiera acceder a los datos más precisos de radiación solar horaria diaria durante un periodo de 10 años lo cual arrojó como resultado, las estaciones de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá o por sus siglas(RMCAB), dada la ubicación del colegio el bosque bilingüe UAN se tomó como referencia la estación de Guaymaral dada su cercanía con el proyecto está ubicada en la localidad de suba a 3.45 km de la institución educativa , es un tipo de estación denomina “estación de fondo” poseen, pluviómetro, pluviógrafo y psicrómetro, se recolecto información durante el tiempo establecido o óptimo para realizar el análisis de tendencias.

Posteriormente se catalogó la información obtenida de la fuente antes descritas con lo cual se promedió los datos de radiación dados en  $w/m^2$  (Tabla 1), (Figura 6). estos son diarios horarios mes a mes durante 10 años todo esto con el fin de definir la viabilidad de realizar instalaciones fotovoltaicas en la zona de influencia del proyecto que cumplan con los requerimientos técnicos que permitan al sistema operar de manera adecuada tabla1.

**Tabla 1.**

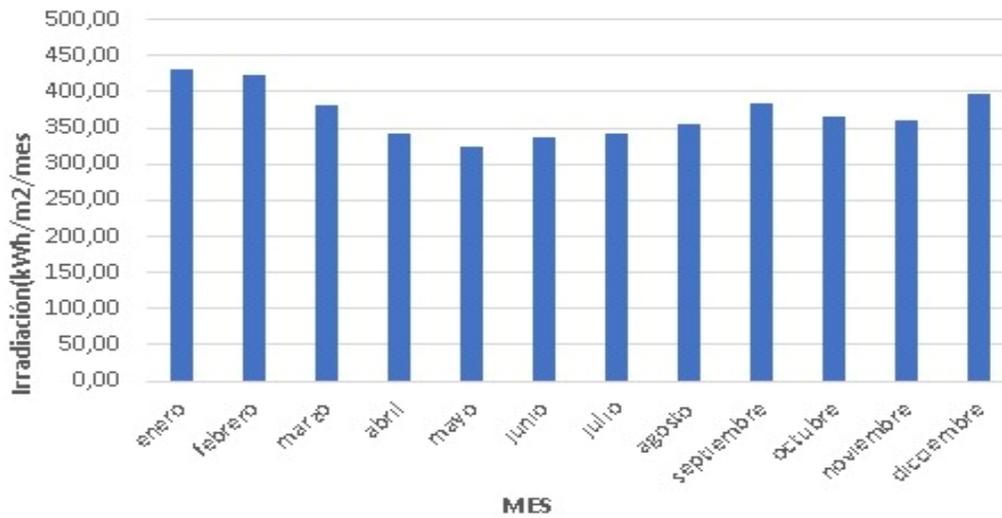
*Promedio radiación solar mes a mes años 2012-2021*

MES/AÑO	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	PROM $w/m^2$
<b>Jan</b>	386,47	466,46	428,61	403,24	478,85	419,10	424,08	388,43	458,38	452,51	430,61
<b>Feb</b>	448,34	354,06	386,11	392,69	445,47	505,42	463,13	377,68	459,28	400,56	423,27
<b>Mar</b>	341,38	341,09	396,70	353,01	460,43	460,43	380,87	311,82	446,76	312,75	380,53
<b>Apri</b>	337,33	347,15	323,87	322,17	341,32	381,29	286,30	346,63	371,41	361,90	341,94
<b>May</b>	342,13	333,69	325,85	315,09	332,66	340,35	299,28	306,27	309,07	348,04	325,24
<b>Jun</b>	383,16	368,35	317,16	297,45	377,78	322,20	304,16	326,05	339,64	328,87	336,48
<b>Jul</b>	347,95	358,99	333,55	326,96	388,82	347,66	310,51		333,63	325,85	341,55
<b>Aug</b>	329,78	373,42	338,21	317,57	384,36	385,93	362,34	354,79	359,55	340,05	354,60
<b>Sep</b>	392,29	384,51	365,57	389,22	394,09	398,59	382,67	362,05	403,71	375,61	384,83
<b>Oct</b>	408,84	370,14	320,02	327,78	380,72	343,52	366,14	361,33	388,31	389,07	365,59
<b>Nov</b>	386,47	364,05	330,54	309,39	367,98	365,50	348,82	363,72	362,75	404,65	360,39
<b>Dec</b>	413,73	330,64	363,34	361,21	397,89	427,25	455,25	364,56	437,85	408,15	395,99
<b>ANUAL</b>	4517,87	4392,56	4229,52	4115,78	4750,38	4697,24	4383,56	3863,33	4670,34	4448,01	<b>4406,86 <math>w/m^2</math>.</b>

*Fuente: Elaboración propia.*

**Figura 6**

*Promedio de irradiación durante el periodo 2012-2021*



*Fuente: elaboración propia*

La tipificación se realizó mediante el uso de Excel (Tabla2), que es una herramienta que permite a los usuarios realizar análisis estadísticos de manera eficaz.

**Tabla 2.**

*Estadística descriptiva*

Estadística Descriptiva	
<b>Media</b>	370,1666667
<b>Error típico</b>	9,786225116
<b>Mediana</b>	363
<b>Moda</b>	342
<b>Desviación estándar</b>	33,90047823
<b>Varianza de la muestra</b>	1149,242424
<b>Curtosis</b>	-0,59232957
<b>Coefficiente de asimetría</b>	0,596549844
<b>Rango</b>	106
<b>Mínimo</b>	325
<b>Máximo</b>	431
<b>Suma</b>	4442
<b>Cuenta</b>	12

Fuente: elaboración propia

Con lo cual se logra determinar que la zona de el colegio el bosque bilingüe UAN es idónea para la realización del proyecto pues presenta una radiación promedio durante el periodo de tiempo analizado de 370 w/m<sup>2</sup>, su máxima radiación es de 430 w/m<sup>2</sup> y un mínimo de 325 w/m<sup>2</sup>, el acumulado de radiación en el tiempo analizado es de 4442 w/m<sup>2</sup>(Figura 7).

### Figura 7

*Ubicación colegio del bosque bilingüe con respecto a la estación Guaymaral*

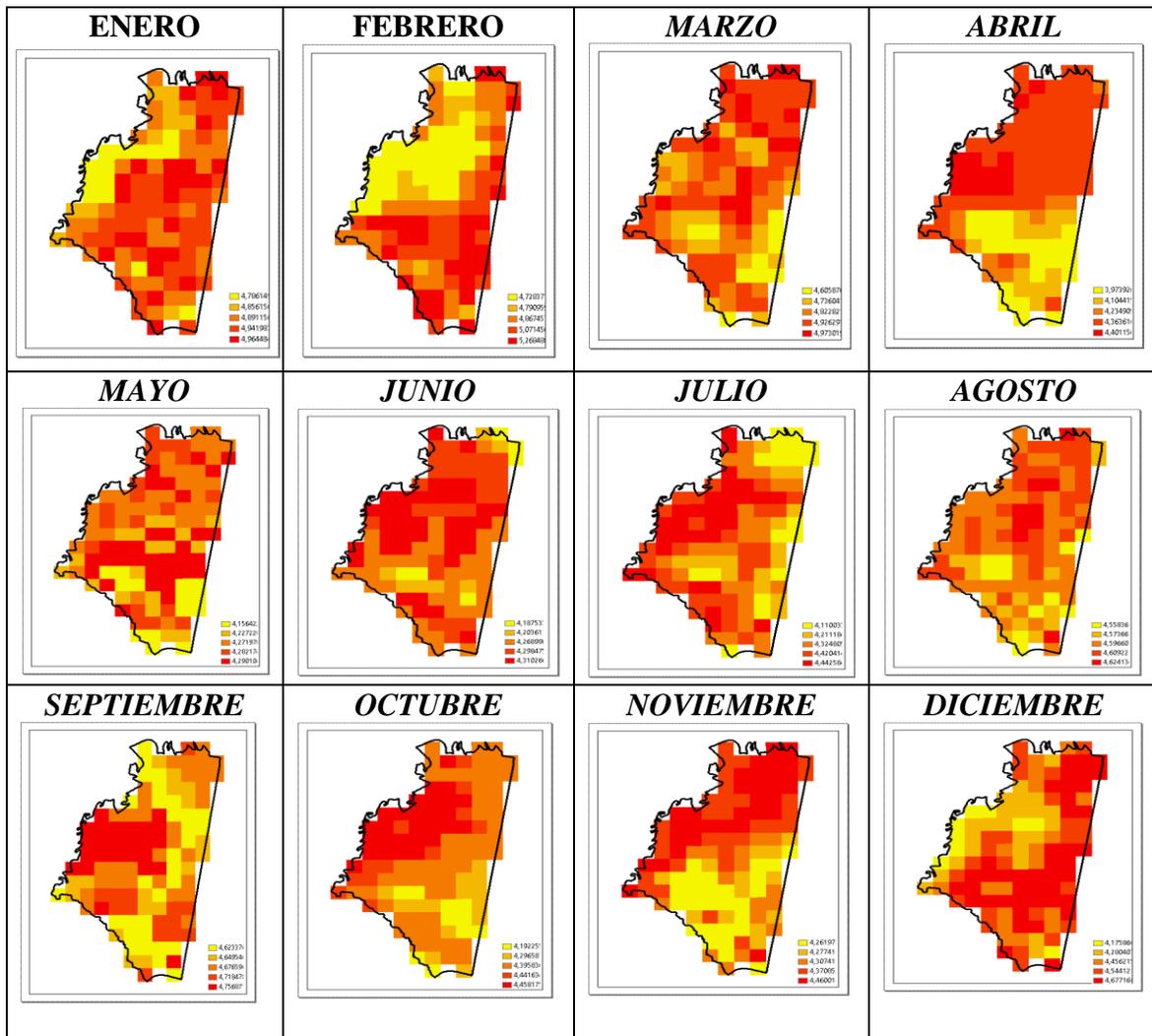


*Fuente: Elaboración propia.*

Para la realización del mapeo solar se usó ARCGIS, la cual es una herramienta muy potente que permite realizar análisis en diferentes campos de los sistemas de información geográfica, se usaron capas y datos geoespaciales para realizar dicho análisis, se obtuvieron datos tanto de la agencia de administración nacional de aeronáutica y espacio o por sus siglas en inglés (NASA), así como de la alcaldía de Bogotá mediante la página datos abiertos Bogotá en el apartado ambiente y desarrollo sostenible (Figura 8).

### Figura 8

*Mapeo solar meses año*



*Fuente: Elaboración propia*

Aunque como se ha explicado en apartados anteriores con el paso del tiempo el precio de la instalación de este tipo de sistemas ha reducido su costo, hay que tener en cuenta que realizarlo para abastecer el total de la institución podría generar diferentes traumatismos, por tal motivo se planteó en inicio que el sistema se realice mediante un plan piloto en el área administrativa además que este sea ON-GRED conectado a la red y que se implemente de manera progresiva a través del tiempo para cubrir el total de la demanda, esto con el fin que sea viable tanto técnica, como financieramente.

Se realizó una visita técnica a la institución que permitió verificar tanto la infraestructura como el total de la demanda de la institución (Tabla 3), una visita posterior permitió realizar el balance de carga del área administrativa (Tabla 4).

**Tabla 3.**

*Consumo anual de energía Colegio del bosque bilingüe UAN*

Mes	Consumo kwh	Costo kwh/mes	Costo energía	contribución	costo consumo mes
ago-21	2825	\$ 540,90	\$ 1.528.042,50	20%	\$ 1.833.651,00
sep-21	2481	\$ 544,15	\$ 1.350.036,15	20%	\$ 1.620.043,38
oct-21	2741	\$ 547,41	\$ 1.500.450,81	20%	\$ 1.800.540,97
nov-21	2435	\$ 558,36	\$ 1.359.606,60	20%	\$ 1.631.527,92
dic-21	2226	\$ 569,53	\$ 1.267.773,78	20%	\$ 1.521.328,54
ene-22	1570	\$ 580,92	\$ 912.044,40	20%	\$ 1.094.453,28
feb-22	2542	\$ 589,63	\$ 1.498.839,46	20%	\$ 1.798.607,35
mar-22	4407	\$ 598,48	\$ 2.637.501,36	20%	\$ 3.165.001,63
abr-22	3453	\$ 609,25	\$ 2.103.740,25	20%	\$ 2.524.488,30
may-22	3123	\$ 620,22	\$ 1.936.947,06	20%	\$ 2.324.336,47
jun-22	3702	\$ 631,38	\$ 2.337.368,76	20%	\$ 2.804.842,51
jul-22	4989	\$ 644,01	\$ 3.212.965,89	20%	\$ 3.855.559,07

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 4.**

*Balance de carga área administrativa colegio el bosque bilingüe UAN*

Equipo	Cantidad	Potencia w	Horas de uso	Energía wh/día
<b>Tv Samsung</b>	1	200	1,5	300
<b>Computador hp</b>	3	300	5	4500
<b>Impresoras hp</b>	4	100	1	400
<b>Calentador agua</b>	1	1000	0,3	300
<b>Estufa eléctrica HACEB</b>	1	2200	0,5	1100
<b>Router</b>	1	12	24	288
<b>Luminarias led</b>	20	20	5,5	2200
<b>Calefactor compacto</b>	2	1500	1	3000
<b>Teléfonos Panasonic</b>	6	48	12	3456
<b>computadores portátiles hp</b>	6	47,5	3	855
<b>cafetera Hamilton beach</b>	1	1090	0,3	327
<b>Total</b>	46	6517,5		<b>16726</b>
			<b>Total,</b>	<b>16,726</b>
			<b>kwh/día</b>	

*Fuente: Elaboración propia*

El área administrativa cuenta con un consumo diario de 16.726 kwh/día, con base en este consumo, la ubicación geográfica, análisis de datos de radiación, se realiza el modelado del sistema.

## **10.2 Modelación del sistema**

Para realizar el diseño del sistema fotovoltaico se usó el programa PVsyst diseñado por el científico suizo Andre Mermaid & co, es una herramienta que permite realizar tanto el dimensionamiento y realiza el análisis de diferentes variantes como :las sombras, posición geográfica, potencial energético sobre la zona de influencia del proyecto, además de diferentes aspectos que puedan interferir con el óptimo funcionamiento del sistema, sumado a esto durante el diseño genera advertencias que permiten cambiar algunos parámetros de

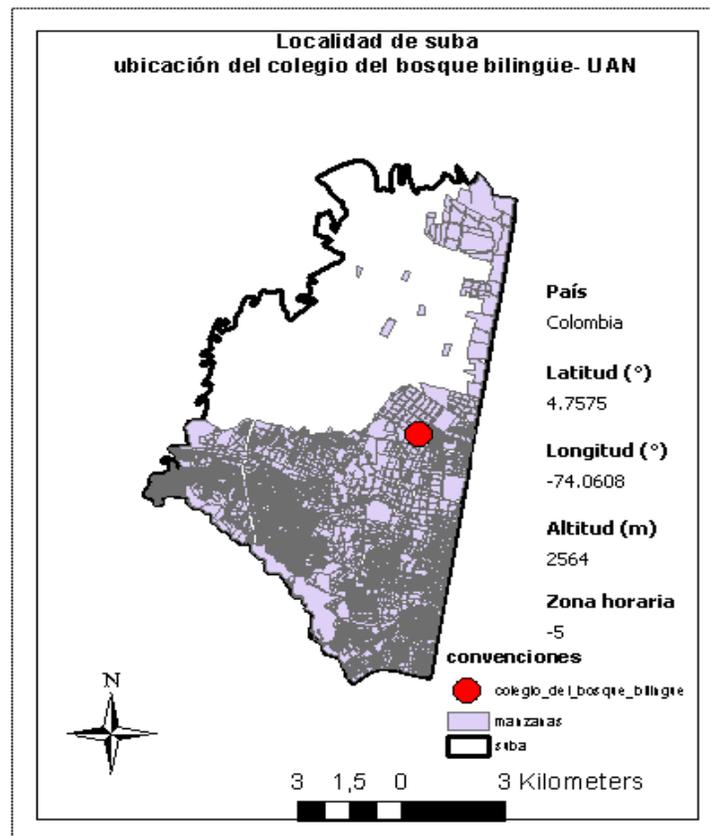
diseño con el fin de obtener el máximo rendimiento, estas características han llevado a que sea uno de los softwares más usados por los ingenieros alrededor del mundo pues se considera a sus valores reales/reales (Shrivastava, Sharma, Saxena, Shanmugasundaram, & Rinawa, 2021) . A continuación, se presenta un modelo y un paso a paso de cómo se generó el mismo.

### 10.2.1 Establecimiento de la ubicación geográfica del proyecto

Para iniciar el dimensionamiento y modelado se debe elegir la ubicación geográfica exacta del proyecto (Figura 9), esto permite mediante bases de datos con las cuales cuenta el software iniciar el dimensionamiento y evaluar las condiciones.

**Figura 9**

*Localización proyecto sistema PV*



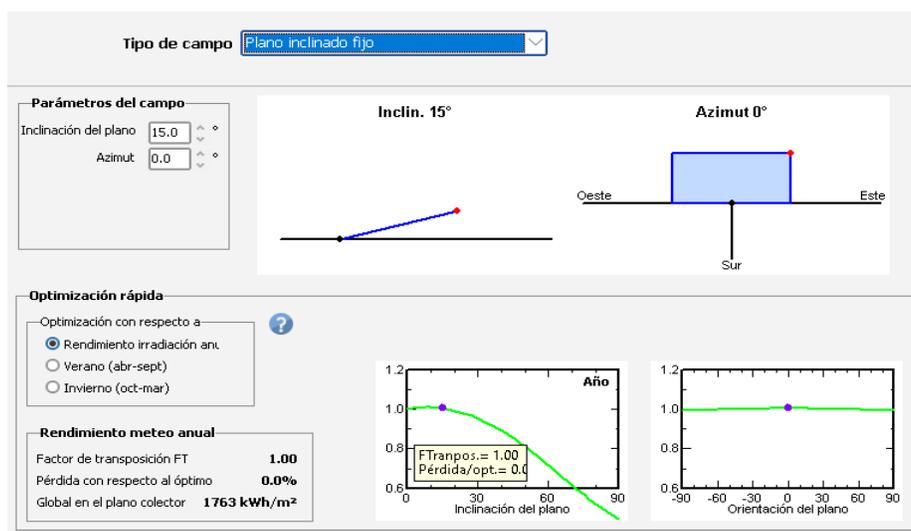
*Fuente: Elaboración propia*

## 10.2.2 Fijación del Angulo de inclinación y azimut

La inclinación del panel solar depende en gran medida de la ubicación geográfica del proyecto con lo cual esta debe estar de tal manera que permita, la mayor eficiencia posible. Para este caso de estudio dicha inclinación es de  $15^\circ$  en un plano fijo durante todo el año, esto debido a que en el país no se cuenta con estaciones, con un azimut el cual está formado por la línea norte sur y la proyección del rayo solar sobre un plano, esta es de  $0^\circ$  dado que permite conseguir la máxima radiación posible (Figura 10), con esto se tiene una perdida optima de 0% y la energía del colector en el plano es de  $1763 \text{ kWh/m}^2$ .

**Figura 10**

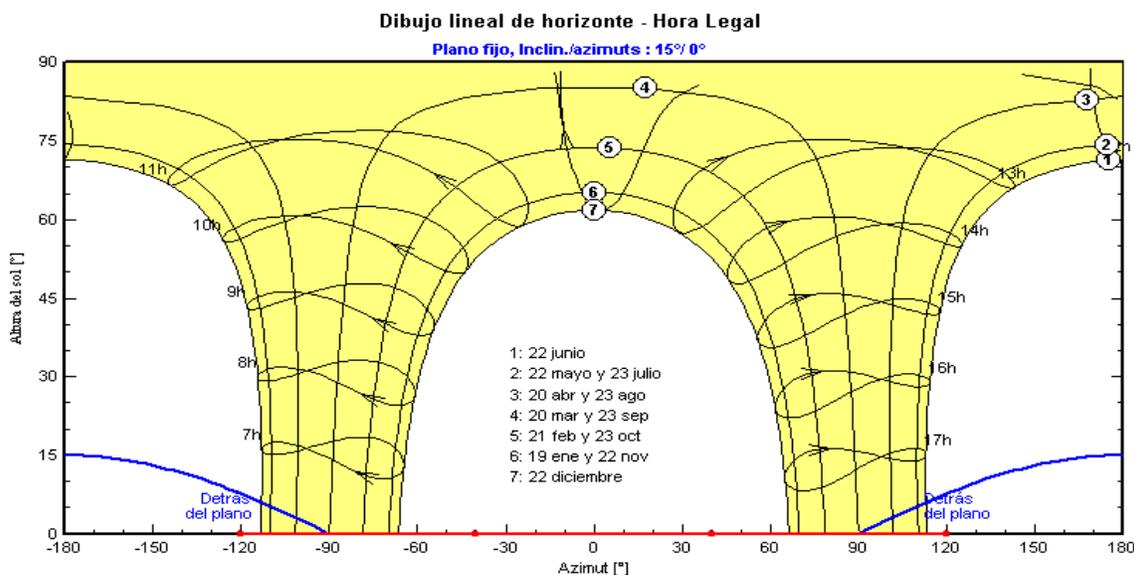
*Inclinación optima del módulo pv*



*Fuente: Elaboración propia (Shrivastava, Sharma, Saxena, Shanmugasundaram, & Rinawa, 2021)*

**Figura 11**

*Diagrama del movimiento u horizonte solar sobre el área del proyecto*



*Fuente: Elaboración propia (Shrivastava, Sharma, Saxena, Shanmugasundaram, & Rinawa, 2021).*

El horizonte (Figura 11), indica las sobras que pueden ser provocadas por diferentes aspectos como montañas, elementos lejanos, sombras producidas por la ciudad, nos indica el recorrido y cuanto el mismo está disponible, la línea roja indica el sombreado alrededor del panel, la línea azul indica el sombreado automático producido por los paneles. Para el caso de estudio el horizonte se encuentra despejado dada la ubicación de los paneles pv.

### 10.2.3 Diseño del sistema

Para este punto se analizan los parámetros de diseño como, la potencia que se desea abastecer para el caso del “colegio el bosque bilingüe UAN”, dicha potencia es de 16.726 kWh/día, para realizar la modelación se hizo un promedio de esta potencia lo cual arrojo que el parámetro de diseño ideal para realizar la modelo debía ser 0.2 kwp, para la modelación se usaron módulos Jinkosolar monocristalinos, modelo JKM400M-72H-V, para el inversor de potencia se eligió uno de la marca AEG Industrial Solar GmbH modelo AS-IR01-3000 (3kw). El total del área requerida para la instalación del sistema es de 16m<sup>2</sup>(Tabla 5), (Figura12).

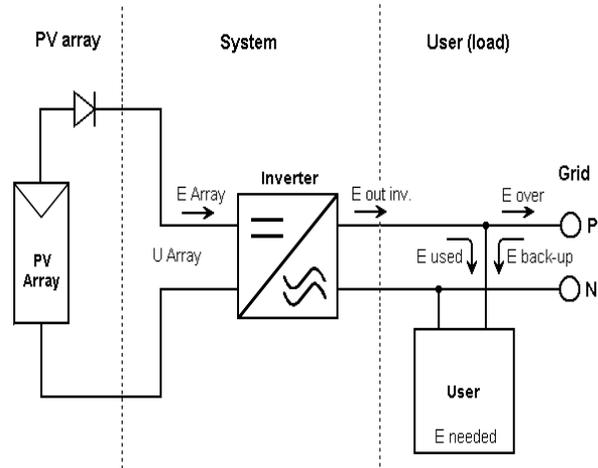
**Tabla 5.**

*Parámetros del sistema*

parámetros	Cantidad
Módulos pv	8
Área del modulo	2.012m2
IEC	1500V
VMPP	41.70V
VOC	49.80V
Potencia nom	400wp
inversores	1
Mpp mínimo	120v
Mpp máximo	450v
voltaje de red	230 v
potencia AC nominal	3.00 kw
eficiencia máxima	97.30%

**Figura 12**

*Esquema simplificado*

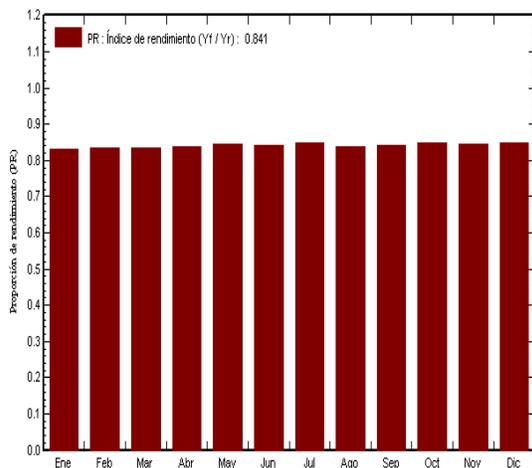


*Fuente: elaboracion propia (Shrivastava, Sharma, Saxena, Shanmugasundaram, & Rinawa, 2021)*

*Fuente: elaboración propia*

**Figura 13**

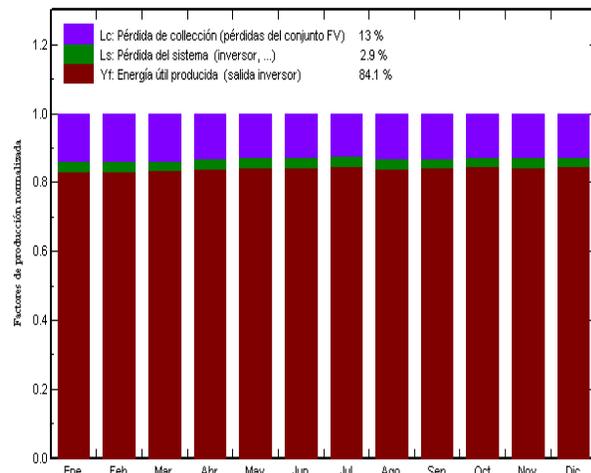
*Coficiente de rendimiento*



*Fuente: elaboración propia*

**Figura 14**

*produccion normalizada y factores de perdida*



*Fuente: elaboración propia*

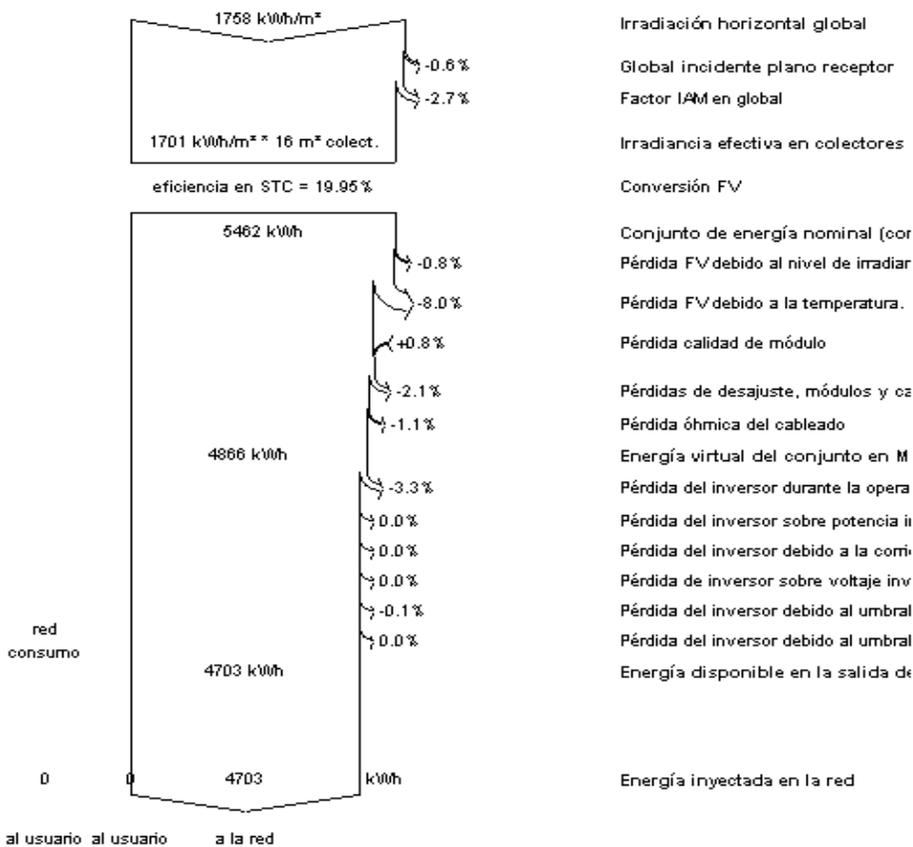
(Shrivastava, Sharma, Saxena, Shanmugasundaram, & Rinawa, 2021)

En la Figura 13 se estableció el coeficiente de rendimiento PR( performance ratio), el cual indica la relación entre la producción solar del sistema con respecto a la irradiación solar recibida sobre el área del proyecto para el caso de estudio dicho coeficiente fue de 0.841 = 84.1% lo que se encuentra en el rango optimo permisible para sistemas pv, la figura 13 presenta la perdida en conjunto del sistema pv la cual fue de 13%, la perdida ocasionada por el inversor la cual fue de 2.9%, y el rendimiento o energía producida que ronda el 84.1%, la figura 14 presenta las perdidas generales.

### Figura 15

Diagrama de perdidas en conjunto del sistema

#### Diagrama de pérdida para "COLEGIO DEL BOSQUE BILINGÜE UAN" - año



Fuente: Elaboración propia (Shrivastava, Sharma, Saxena, Shanmugasundaram, & Rinawa, 2021).

La producción total del sistema durante todo el año es de: 4073 kw/año

Rendimiento:84.1%

Producción específica:1470kwh/kwp/año.

Perdidas del conjunto PV: 13% anual

Perdidas producidas por el inversor: 2.9% anual

Como se explicó en apartados anteriores las pérdidas producidas por el sistema se encuentran en el rango óptimo pues en este tipo de sistemas dichas pérdidas deben estar en el rango de 80% a 100% .

### **Figura 16**

*Render instalación de paneles (bloque de secundaria)*



*Fuente: elaboración propia*

### **Figura 17**

*Vista lateral bloque de secundaria*



*Fuente: Elaboración propia*

Consumo de energía total del año:36494 kwh /año.

Energía abastecida por el sistema pv:4703 kwh/año.

Con el sistema se abastecerá el 16.89% de la institución.

Costos anuales de energía: \$ 25.974.380,42.

Ahorro monetario al año: \$3.345.500

#### **10.2.4 Aspectos a tener en cuenta**

El gobierno nacional ha propuesto diferentes estrategias que permitan una transición de manera adecuada con lo cual un avance muy importante hacia la adopción de energías no convencionales se dio con la aprobación de la ley 1715 de 2014, la cual permite la regulación e integración de este tipo de energías a él SIN (Ministerio de energía , 2014), sumado a lo anterior se puede también hablar del beneficio económico que genera estas transiciones, en el marco del gobierno nacional existen diferentes prebendas en pro de la adopción y elaboración de estos sistemas como: descuentos del 25% de la inversión realizada en el proyecto, exclusión de IVA en la compra de los equipos y maquinaria necesarios para el proyecto y deducción del impuesto de renta de la inversión realizada hasta un 50%.

#### **10.3 socialización**

luego de culminar tanto los estudios técnicos como el modelado del sistema se procedió a realizar la socialización con la comunidad educativa en cabeza de la rectora(Figura 18), con la cual se buscó explicar el modelo de tal manera que la comprensión de el mismo fuera fácil de entender además otros temas de gran importancia como sostenibilidad ambiental, cambio climático, sistemas de energías alternativas entre otros, se presentaron folletos(Figura 19) con el fin de usarlos como un instrumento didáctico, video de sensibilización, diapositivas en las cuales se explica el sistema que se genero y temas relacionados a cambio climático e impactos concernientes a la generación de energía mediante métodos tradicionales.

#### **Figura 18**

## Socialización



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 19**

## Folleto

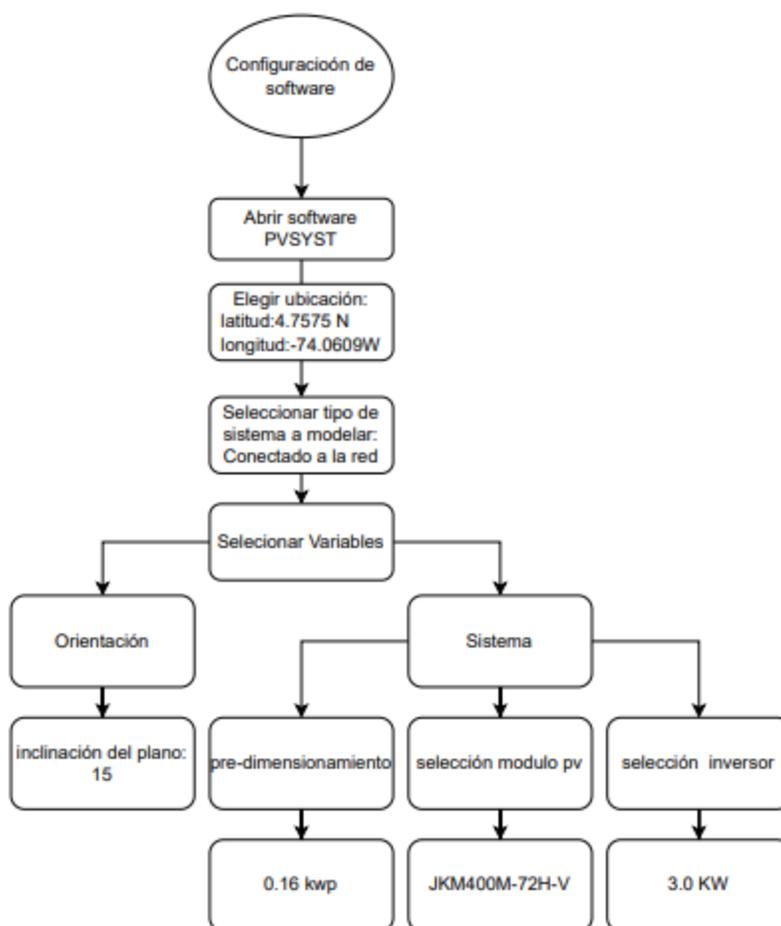
<p><b>RESULTADOS SISTEMA PROPUESTO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rendimiento: 84.1%</li> <li>• Pérdidas del conjunto PV: 13% anual</li> <li>• Pérdidas producidas por el inversor: 2.9% anual</li> <li>• Energía abastecida por el sistema pv: 4703 kWh/año.</li> <li>• Con el sistema se abastecerá el 16.89% de la institución.</li> <li>• Costos anuales de energía: \$ 25.974.380,42.</li> <li>• Ahorro monetario al año: \$ 3.345.500</li> <li>• Total área del proyecto 16m<sup>2</sup>.</li> </ul> 	<p><b>¿COMO PUEDES APORTAR?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aprovecha la luz natural</li> <li>• Descarga equipos electrónicos cuando no los uses</li> <li>• Imprime y saca fotocopias, solo cuando sea necesario</li> <li>• Usar bombillas de bajo consumo</li> <li>• Apaga las luces cuando no las uses</li> <li>• Duchas cortas en caso de usar duchas eléctricas.</li> <li>• Usar colores claros en los interiores.</li> </ul> 	<p><b>MODELADO DE UN SISTEMA DE ENERGÍA ALTERNATIVO PARA EL USO EFICIENTE Y AHORRO EN EL COLEGIO EL BOSQUE BILINGÜE UAN</b></p> 	<p><b>CAMBIO CLIMÁTICO</b></p> <p>• Cambio en los patrones climáticos y la temperatura de la tierra, causada principalmente por la intervención humana: quema de combustibles fósiles, agricultura no tecnificada, cambios en los usos del suelo.</p> <p><b>Gases de efecto invernadero</b></p> <p>Estos gases atrapan el calor en la atmósfera lo que provoca que el mismo no pueda ser liberado al espacio algunos de estos son:</p> <p>CO<sub>2</sub>= Dióxido de carbono CH<sub>4</sub>= Metano N<sub>2</sub>O= Óxido nítrico Gases fluorados Vapor de agua</p>	<p><b>PRINCIPALES EFECTOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducción en la capacidad de producir alimentos.</li> <li>• Cambios en los patrones climáticos.</li> <li>• Aumento en los niveles del mar.</li> <li>• Pérdida en la capa de ozono.</li> <li>• Desplazamiento.</li> <li>• Pérdida de ecosistemas tanto fauna como flora.</li> <li>• Aumento en fenómenos como huracanes.</li> </ul> <p><b>GENERACIÓN DE ENERGÍA</b></p> <p>• <b>LOS MÉTODOS TRADICIONALES DE GENERACIÓN DE ENERGÍA PROCEDENTES DE COMBUSTIBLES FÓSILES REPRESENTAN EL 66% DEL TOTAL, REPRESENTA EL 34% DEL TOTAL DE LOS GEI A NIVEL MUNDIAL.</b></p>	<p><b>ENERGÍAS ALTERNATIVAS</b></p> <p>• Energías alternativas son todas aquellas que proceden de fuentes que son virtualmente inagotables, o aquellas que tienen gran capacidad para regenerarse de manera natural, algunos ejemplos de estas son la energía solar fotovoltaica, eólica, solar térmica, biomasa, hidroeléctricas entre otras.</p> <p><b>ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA</b></p> <p>• esta funciona mediante el uso de semiconductores que transforman la energía solar en electricidad, los paneles solares generan energía incluso en días nublados</p> 
--	--	---	---	--	--

Fuente: elaboración propia

Para facilitar el empoderamiento del sistema, las memorias de cálculo y el modelo en el programa se le entrega a el colegio con el fin de seguir implementando de manera progresiva, sumado esto se entrega un diagrama paso a paso de la elaboración del modelo esto con el fin de explicar de manera más didáctica la interfaz del programa PVsyst con el fin de facilitar lo antes expuesto.

## Figura 20

Diagrama de configuración del software PVsyst.



Fuente: Elaboración propia

Aparte de esto se espera que esta investigación sea publicada pues se espera que el artículo científico que surgió tras la investigación sirva a otras instituciones educativas con

el fin de apropiarse y adquirir el conocimiento acerca de herramientas de diseño y evaluación como la que se usó pues esto permite facilitar en gran manera el diseño y evaluación de este tipo de sistemas con el fin de reducir la huella de carbono, con lo cual se identificaron diferentes revistas científicas para tal fin esto posterior a ser aceptado el documento por parte de la universidad.

- 1.Revista Grecia: Universidad Antonio Nariño
2. Ingeniera y desarrollo: Fundación universidad del norte
3. Revista ambiental agua aire y suelo: Universidad de Pamplona
- 4.Revista de investigación agraria y ambiental: Universidad nacional abierta y a distancia

## **11 Conclusiones**

El diagnostico de las diferentes variables analizadas sobre la zona de influencia permitió realizar la elección del sistema que mejor se adaptara a las condiciones establecidas en este caso fue la energía solar fotovoltaica.

En la institución el bloque de secundaria es el lugar ideal para la instalación dado que allí se evidencian menos sombras u otros elementos que puedan llevar a el sistema a generar perdidas.

Las perdidas que presenta el sistema se encuentran en el rango permisible con lo cual se evidencia una viabilidad técnica alta esto dado que entre más cercano sea el coeficiente performance ratio a el 100% el sistema funcionara de forma más efectiva, con lo cual al tener en cuenta las diferentes perdidas que se pueden presentar, el ideal se encuentra entre 80% a 100% para el caso de estudio estas pérdidas fueron de 84.1% lo que se encuentra en el rango optimo.

Se socializó con la comunidad educativa de la institución en cabeza de la rectora el modelo de sistema y diferentes temas relacionados con la sostenibilidad ambiental.

### **Recomendaciones**

En la fase de implementación es de vital importancia realizar un análisis económico, actualizado y detallado dado que los costos asociados varían según componentes externos (divisas) y del personal calificado para realizar la instalación.

Se recomienda realizar un diagnóstico del componente eléctrico de la institución con el fin de evitar daños asociados a la implementación del sistema.

Se debe realizar una evaluación estructural sobre el área propuesta para la instalación del sistema con el fin de evitar problemas asociados.

En la fase de implementación es de vital importancia un acompañamiento a la institución educativa, esto con el fin de realizar una integración entre los diferentes involucrados y evitar posibles traumatismos.

## Referencias Bibliográficas

- Al-Otaibi, A., Al-Qattan, A., Fairouz, F., & Al-Mulla, A. (1 de MAYO de 2015). *Performance evaluation of photovoltaic systems on Kuwaiti schools' rooftop*. Obtenido de sciencedirect: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2015.02.039>
- DANE. (4 de 7 de 2019). *Entrega de resultados Censo nacional de población y vivienda*. Obtenido de Departamento Administrativo Nacional de Estadística: <https://www.dane.gov.co/files/censo2018/informacion-tecnica/cnpv-2018-comunicado-3ra-entrega.pdf>
- Deb, D., & Bhargava, K. (2022). *Degradation, Mitigation, and Forecasting Approaches in Thin Film Photovoltaics*. Obtenido de sciencedirect: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823483-9.00018-8>
- Energy Information Administration. (6 de diciembre de 2021). *Electricity and the environment*. Obtenido de Energy Information Administration: <https://www.eia.gov/energyexplained/electricity/electricity-and-the-environment.php>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (s.f.). *RADIACIÓN SOLAR*. Obtenido de Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales: <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/radiacion-solar-ultravioleta>
- IRENA. (2020). *COSTOS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE EN 2019*. Obtenido de International Renewable Energy Agency: [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Jun/IRENA\\_Costs\\_2019\\_ES.PDF?1a=en&hash=A74F5A6BA01D86C175702B4F27C7086AF5D23F99](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Jun/IRENA_Costs_2019_ES.PDF?1a=en&hash=A74F5A6BA01D86C175702B4F27C7086AF5D23F99)
- Jones, G. G. (24 de mayo de 2022). *Capitalism and the Environment*. Obtenido de Harvard Business school: <https://www.hbs.edu/faculty/Pages/item.aspx?num=62345>
- Kabir, E., Kumar.Pawan, Kumar, S. A., & Kim, K.-H. (6 de octubre de 2017). *Solar energy: Potential and future prospects*. Obtenido de sciencedirect: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1364032117313485?token=690E5026FAD9E6F47B4264F57755F9E0A615D6C093E55F409303B0DFB5EC6FE9B1625AF59ABDD4B316C29A827FB57807&originRegion=us-east-1&originCreation=20220703002435>

- Khan, K., Su, C. W., Rehman, A., & Ullah, R. (17 de junio de 2022). *Is technological innovation a driver of renewable energy?* Obtenido de sciencedirect: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0160791X22001853?token=7446DB0789363AAF16C2EF0B28C703ED3DE4B2B0216E37C4BF0BAE07F75CF1B8171A4F515AC22D69789CF33955038122&originRegion=us-east-1&originCreation=20220702001657>
- Ministerio de energia . (13 de 05 de 2014). *Energias renobables no convencionales*. Obtenido de ministerio de energia : <https://www.minenergia.gov.co/documents/10180/23517/22602-11506.pdf>
- National Technical University of Athens. (ENERO de 2011). *Photovoltaic systems in school units of Greece and their consequences*. Obtenido de sciencedirect: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032110003151>
- ONU. (s.f.). *Energías renovables*. Recuperado el 21 de 05 de 2022, de Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente: <https://www.unep.org/explore-topics/energy/what-we-do/renewable-energy#:~:text=Currently%2C%20around%2080%25%20of%20global,emissions%20responsible%20for%20climate%20change>.
- RIVERA, C. V., & OLMEDO, L. P. (2014). *"ESTUDIO DE SISTEMAS DE ENERGÍAS RENOVABLES CON CONEXIÓN A LA RED*. Obtenido de UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10451/1/UPS-GT001542.pdf>
- salixrenewable. (2018). *During the 2017–2025 forecast period, the global Solar Power capacity is expected to increase from 387GW to 969GW as per GlobalData's recent report 'Solar Photovoltaic (PV) Market, Update 2017'*. Obtenido de salixrenewable: <https://salixrenewable.com/solar-power/>
- Shrivastava, A., Sharma, R., Saxena, M., Shanmugasundaram, V., & Rinawa, M. (24 de 7 de 2021). *Solar energy capacity assessment and performance evaluation of a standalone PV system using PVSYST*. Obtenido de sciencedirect: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.07.258>
- Tolmasquim, M. T., de Barros Correia, T., Addas Porto, N., & Kruger, W. (10 de septiembre de 2021). *Electricity market design and renewable energy auctions: The case of Brazil*. Obtenido de sciencedirect: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0301421521004286?token=592731DB7587BB56987A2C08304697DF88AE14B6296A7D49AC4377A27B831DFFFE4D4BEDD8F13FFCD60F7BCD306B88FA&originRegion=us-east-1&originCreation=20220702194101>

WORLD ENERGY TRADE. (29 de NOVIEMBRE de 2021). *IRENA impulsa las energías renovables en América Latina y el Caribe*. Obtenido de WORLD ENERGY TRADE: <https://www.worldenergytrade.com/energias-alternativas/general/irena-impulsa-las-energias-renovables-en-america-latina-y-el-caribe>

XM. (1 de 10 de 2022). *Capacidad efectiva por tipo de generación*. Obtenido de xm: <http://paratec.xm.com.co/paratec/SitePages/generacion.aspx?q=capacidad>

Zhang, Y., Jin, W., & Xu, M. (9 de febrero de 2021). *Total factor efficiency and convergence analysis of renewable energy in Latin American countries*. Obtenido de sciencedirect: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S096014812100183X?token=6952306B2E5283FA912CB118E2F0A6F9F1B5ED5E33752CAB1063819B467045D818513B503C78E20FA5338D7549DD9DDF&originRegion=us-east-1&originCreation=20220702020859>

# Modelado de un sistema de energía solar fotovoltaico para el colegio el bosque bilingüe UAN

Est. Ing. Ambiental. Zárate. Andres<sup>1</sup>,3212433429

<sup>1</sup> universidad Antonio Nariño, Bogotá, Colombia,

[azarate00@uan.edu.co](mailto:azarate00@uan.edu.co)<sup>1</sup>

## Resumen

Este trabajo de investigación surge con el objetivo de estudiar la viabilidad de un sistema de energía no convencional para el “colegio el bosque bilingüe UAN”, esto con el fin de lograr un ahorro y uso eficiente de la misma, con lo cual se buscó involucrar a la comunidad educativa de la institución para trabajar de manera proactiva y conjunta desde diferentes enfoques académicos, el proyecto se dividió en tres etapas.

La primera etapa contó con la realización de un diagnóstico sobre la zona de influencia lo cual permitió efectuar la elección del sistema que se adaptara a las condiciones y requerimientos del proyecto, la segunda etapa constó de la evaluación, modelación y simulación del sistema esto mediante el software PVsyst, en la tercera etapa, se socializo mediante herramientas didácticas con la comunidad educativa, la importancia de este tipo de sistemas y como aportan a la sostenibilidad, cambio climático y a reducción de la huella ecológica.

Por último, al realizar la modelación y simulación con la cual se logra un ahorro anual del 16% del total de la demanda energética de la institución, este modelo es conectado a la red on-grid, lo que reduce significativamente los costos, sumado a esto se entrega el modelo base a la institución esto permite seguir y abastecer el total de la demanda de la institución educativa en un futuro.

Palabras claves: sostenibilidad ambiental, energías renovables, cambio climático, energía solar fotovoltaica, paneles solares, modelación y simulación, on-grid.

## ABSTRACT

This research work comes up with the aim of studying the feasibility of a non-conventional energy system for “Colegio el bosque bilingüe UAN”, this in order to achieve savings and efficient use of it, which looks to involve the educational community of the institution to work proactively and jointly from different academic approaches, the project was divided into three stages.

The first stage included a diagnosis of the area of influence, which allowed the selection of the system that would adapt to

the conditions and requirements of the project; the second stage consisted of the evaluation, modeling and simulation of the system using PVsyst software; in the third stage, the importance of this type of systems and how they contribute to sustainability, climate change and the reduction of the ecological footprint was socialized with the educational community using didactic tools.

Finally, by performing the modeling and simulation with which an annual savings of 16% of the total energy demand of the institution is achieved, this model is connected to the on-grid network, which significantly reduces costs, in addition to this, the base model is delivered to the institution, which allows to continue and supply the total demand of the educational institution in the future.

Key words: environmental sustainability, renewable energies, climate change, photovoltaic solar energy, solar panels, modeling and simulation, on-grid.

### **Introducción**

La electricidad ha sido el motor principal de la economía, es esencial en nuestra cotidianidad estando relacionada directamente con la calidad de vida, el presente trabajo surge con el fin de evaluar sistemas de energía amigables con el medio ambiente y que sean viables tanto técnica como económicamente a mediano y largo plazo además que se puedan usar como una herramienta pedagógica que permita desarrollar diferentes enfoques y

espacios académicos de aprendizaje y debate entre la comunidad educativa en el “colegio del bosque bilingüe UAN”, satisfaciendo la demanda de energía y reduciendo la huella de carbonó en la institución dado que los métodos y procesos de generación convencionales son altamente contaminante tienen un impacto ambiental y social de gran magnitud y en muchos casos llegan a ser ineficientes.

Las energías alternativas han estado en el foco de la discusión en nuestra sociedad, pues a la fecha las fuentes tradicionales de la misma son en gran parte ineficientes y altamente contaminantes lo que ha provocado gran afectación a el medio ambiente y ha llevado a el planeta a un estado preocupante el conocido como “cambio climático”, actualmente gracias a los diferentes avances, cambios en los patrones de consumo y aumento en la población global, por los cuales estamos atravesando, sumado a la creciente demanda de productos y servicios provocado por una sociedad cada vez más dependiente de la tecnología, ha producido un aumento en el consumo de energía eléctrica que según datos de la ONU esta misma es gran responsable de la contaminación y emisión de gases de efecto invernadero dado que el 60% de la generación eléctrica procede de combustibles fósiles con lo cual actualmente el sector encargado del suministro es responsable en un 35% de la emisión total de GEI a nivel mundial (ONU, s.f.).

La energía solar presenta el potencial más alto entre las diferentes fuentes de generación a partir de renovables dado que es un recurso inagotable, que puede brindar tanto seguridad energética como independencia, aunque hay que tener en cuenta diferentes factores como: latitud, variación diurna, clima y variaciones geográficas, pues estas condiciones indican la intensidad solar la cual es necesaria para obtener la mayor eficiencia de estos sistemas, diferentes estudios han demostrado que las condiciones más favorables para la producción de energía fotovoltaica después de África se encuentra en Australia, estados unidos, áreas adyacentes de México, y regiones en América del sur (Kabir, Kumar.Pawan, Kumar, & Kim, 2017).

Diferentes estudios se han realizado alrededor del mundo un ejemplo de esto es En Kuwait un país arábigo que, por su posición geográfica, su condición climática y su abundante petróleo su industria de generación es casi en su totalidad por hidrocarburos dado el alto costo ambiental que esto ocasiona. El gobierno de ese país está haciendo diferentes pilotos para desarrollar fuentes de generación más amigables con el medioambiente y un ejemplo de ello es la instalación de sistemas fotovoltaicos en las escuelas Sawda y Azda, al finalizar el estudio se observó un rendimiento promedio del 0.7, un rendimiento energético mensual que rondaba los 104 kWh /kWp, los rendimientos finales diarios anuales fueron 4,5 kW h/kW p

/día lo que al comparar con otros estudios en azoteas en otras regiones del mundo arroja un resultado muy positivo dado que se presenten variaciones como las tormentas de arena que se han logrado superar con sistemas de limpieza automáticas (Al-Otaibi, Al-Qattan, Fairouz, & Al-Mulla, 2015).

Para lograr los objetivos propuestos se dividió el proyecto en tres fases una primera fase que consistió en un diagnóstico en el área de influencia del proyecto el cual abarcó la búsqueda de información primaria y secundaria, clasificación y tipificación de información, una evaluación estadística descriptiva, mapeo y por último se evaluaron las condiciones locativas del predio.

La segunda fase se centró en la modelación del sistema, para esto se evaluaron diferentes softwares de diagnóstico y diseño, se estableció el sistema de generación, posterior a esto se diseñó y modelo el sistema mediante el software PVsyst, la última fase consistió en la socialización del proyecto con la comunidad educativas se formularon protocolos de socialización, y se crearon mecanismos de empoderamiento y réplica.

### **Metodología**

La presente investigación se pretende desarrollar mediante la búsqueda de información y caracterización de la zona en la cual se desarrollará el proyecto haciendo uso de herramientas virtuales o SIG con lo cual se busca una optimización del sistema de energía alternativo que sea

más viable para el colegio el bosque UAN con el fin de lograr esto se dividirá en tres fases el proyecto las cuales se presentan a continuación.

### Fase 1 diagnóstico:

Se realizó una búsqueda de información primaria y secundaria, se clasifico y tipifico la información, se realizó la evaluación de los datos recopilados, se hizo el mapeo en ArcGIS, por último, se evaluaron las condiciones locativas.

### Fase 2 modelación del sistema:

Analizar el programa que mejor se adapte a los requerimientos del proyecto, establecer sistema de generación, diseñar el sistema.

### Fase 3 socialización:

Crear mecanismos de socialización, socializar con la comunidad educativa, generar mecanismos de empoderamiento.

## Resultados y discusión

### Fase 1 Diagnostico

Se realizo una búsqueda de información primaria y secundaria que consto de la evaluación de 10 años consecutivos de datos horarios diarios de radiación, procedentes de la estación de la red de monitoreo y la calidad del aire en la ciudad de Bogotá.

Tabla 1  
*Promedio radiación solar mes a mes años 2012-2021*

MES/AÑO	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	PROM $W/m^2$
Jan	386,47	466,46	428,61	403,24	478,85	419,10	424,08	388,43	458,38	452,51	430,61
Feb	448,34	354,06	386,11	392,69	445,47	505,42	463,13	377,68	459,28	400,56	423,27
Mar	341,38	341,09	396,70	353,01	460,43	460,43	380,87	311,82	446,76	312,75	380,53
Apr	337,33	347,15	323,87	322,17	341,32	381,29	286,30	346,63	371,41	361,90	341,94
May	342,13	333,69	325,85	315,09	332,66	340,35	299,28	306,27	309,07	348,04	325,24
Jun	383,16	368,35	317,16	297,45	377,78	322,20	304,16	326,05	339,64	328,87	336,48
Jul	347,95	358,99	333,55	326,96	388,82	347,66	310,51		333,63	325,85	341,55
Aug	329,78	373,42	338,21	317,57	384,36	385,93	362,34	354,79	359,55	340,05	354,60
Sep	392,29	384,51	365,57	389,22	394,09	398,59	382,67	362,05	403,71	375,61	384,83
Oct	408,84	370,14	320,02	327,78	380,72	343,52	366,14	361,33	388,31	389,07	365,59
Nov	386,47	364,05	330,54	309,39	367,98	365,50	348,82	363,72	362,75	404,65	360,39
Dec	413,73	330,64	363,34	361,21	397,89	427,25	455,25	364,56	437,85	408,15	395,99
ANUAL	4517,87	4392,56	4229,52	4115,78	4750,38	4697,24	4383,56	3863,33	4670,34	4448,01	4406,86 $W/m^2$ .

Fuente: Elaboración propia.

la evaluación estadística se pudo determinar que la zona de el colegio el bosque bilingüe UAN es idónea para la realización del proyecto pues presenta una radiación promedio durante el periodo de tiempo analizado de 370 w/m<sup>2</sup>, su máxima radiación es de 430 w/m<sup>2</sup> y un mínimo de 325 w/m<sup>2</sup>, el acumulado de radiación en el tiempo analizado es de 4442 w/m<sup>2</sup>.

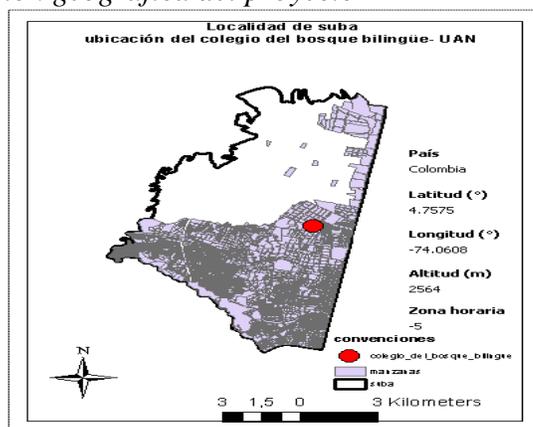
Tabla 2.

*Balace de carga área administrativa colegio el bosque bilingüe UAN*

Equipo	Cantidad	Potencia w	Horas de uso	Energía wh/día
Tv Samsung	1	200	1,5	300
Computador hp	3	300	5	4500
Impresoras hp	4	100	1	400
Calentador agua	1	1000	0,3	300
Estufa eléctrica HACEB	1	2200	0,5	1100
Router	1	12	24	288
Bombillos	20	20	5,5	2200
Calefactor compacto	2	1500	1	3000
Teléfonos Panasonic	6	48	12	3456
computadores portátiles hp	6	47,5	3	855
cafetera Hamilton beach	1	1090	0,3	327
<b>Total</b>	<b>46</b>	<b>6517,5</b>		<b>16726</b>
<b>Total, kwh/día</b>				<b>16,726</b>

Fuente: Elaboración propia

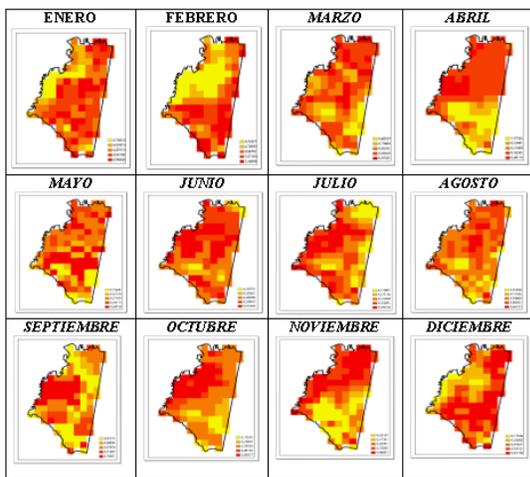
Figura1  
Ubicación geográfica del proyecto



Fuente: elaboración propia

El área administrativa cuenta con un consumo diario de 16.726 kwh/día, con base en este consumo, la ubicación geográfica, análisis de datos de radiación, se realiza el modelado del sistema.

Figura 2  
Mapeo solar promedio meses del año

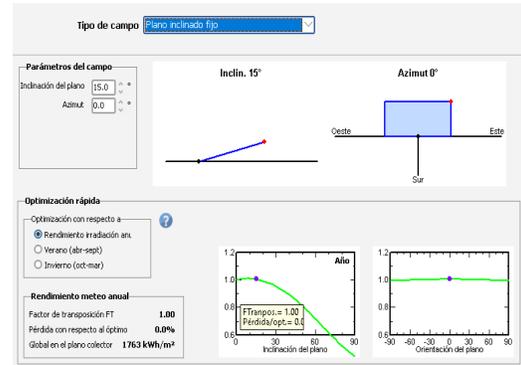


Fuente: elaboración propia

Aunque como se ha explicado en apartados anteriores con el paso del tiempo el precio de la instalación de este tipo de sistemas ha reducido su costo, hay que tener en cuenta que realizarlo para abastecer el total de la institución sería muy costoso, por tal motivo se planteó en inicio que el sistema se realice en el área administrativa además que este sea ON-GRED conectado a la red y que se implemente de manera progresiva a través del tiempo para cubrir el total de la

Figura 3

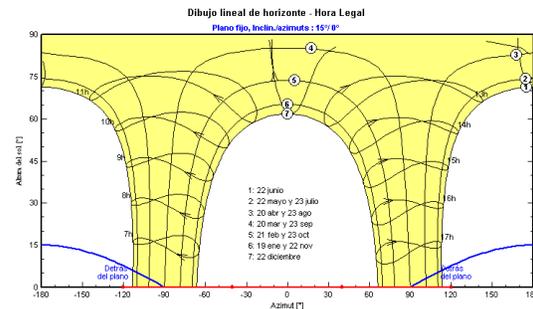
Ajuste angulo de inclinacion



Fuente: Elaboración propia (Shrivastava, Sharma, Saxena, Shanmugasundaram, & Rinawa, 2021)

Figura 4

Horizonte solar



Fuente: Elaboración propia (Shrivastava, Sharma, Saxena, Shanmugasundaram, & Rinawa, 2021)

El horizonte indica las sobras que pueden ser provocadas por diferentes aspectos como montañas, elementos lejanos, sombras producidas por la ciudad, nos indica el recorrido y cuanto el mismo está disponible, la línea roja indica el sombreado alrededor del panel, la línea

azul indica el sombreado automático producido por los paneles.

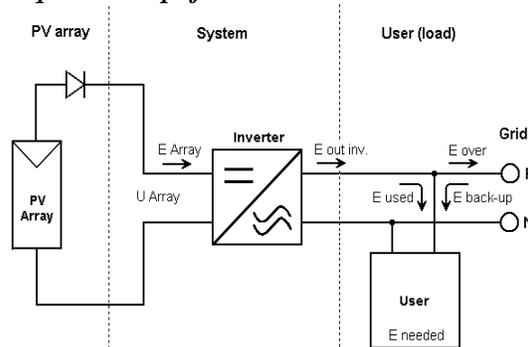
Se analizan los parámetros de diseño como, la potencia que se desea abastecer para el caso del “colegio el bosque bilingüe UAN”, dicha potencia es de 16.726 kWh/día, para realizar la modelación se hizo un promedio de esta potencia lo cual arrojó que el parámetro de diseño ideal para realizar la modelo debía ser 0.2 kwp, para la modelación se usaron módulos Jinkosolar monocristalinos, modelo JKM400M-72H-V, para el inversor de potencia se eligió uno de la marca AEG Industrial Solar GmbH modelo AS-IR01-3000 (3kw). El total del área requerida para la instalación del sistema es de 16m<sup>2</sup>.

Tabla 3  
*Parámetros del sistema*

parámetros	Cantidad
Módulos pv	8
Área del modulo	2.012m <sup>2</sup>
IEC	1500V
VMPP	41.70V
VOC	49.80V
Potencia nom	400wp
inversores	1
Mpp mínimo	120v
Mpp máximo	450v
voltaje de red	230 v
potencia AC nominal	3.00 kw
eficiencia máxima	97.30%

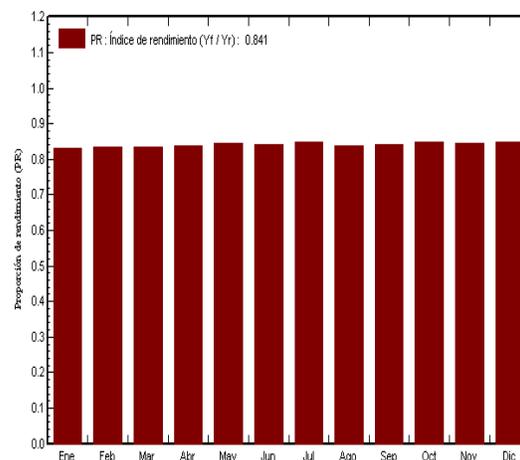
Fuente: *Elaboración propia*

Figura 5  
*Esquema simplificado*



Fuente: *Elaboración propia* (Shrivastava, Sharma, Saxena, Shanmugasundaram, & Rinawa, 2021)

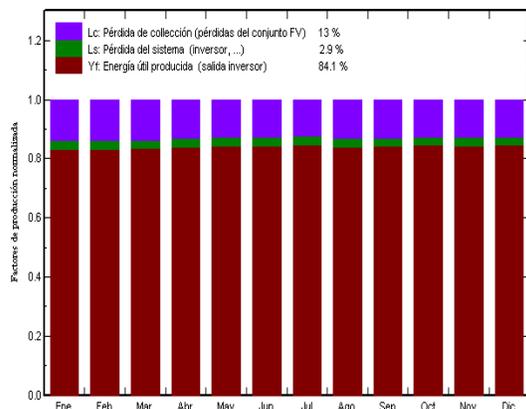
Figura 6  
*Coeficiente de rendimiento*



Fuente: *Elaboración propia* (Shrivastava, Sharma, Saxena, Shanmugasundaram, & Rinawa, 2021)

Figura 6

**produccion normalizada y factores de perdida**



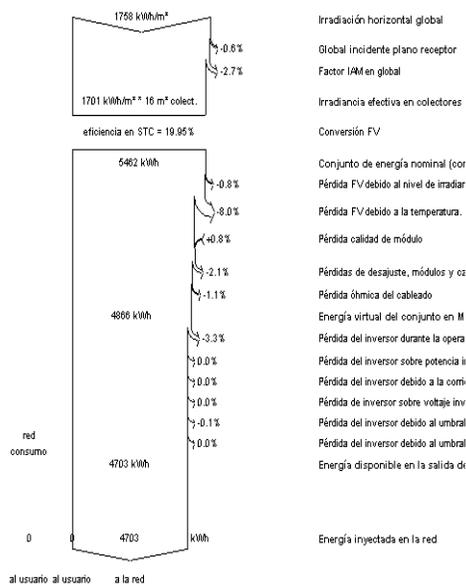
Fuente: *Elaboración propia* (Shrivastava, Sharma, Saxena, Shanmugasundaram, & Rinawa, 2021)

En la figura 5 se puede observar el coeficiente de rendimiento PR( performance ratio), el cual indica la realacion entre la produccion solar del sistema con respecto a la irradiacion solar resivida sobre el area del proyecto para el caso de estudio dicho coeficiente fue de  $0.841 = 84.1\%$  lo que se encuentra en el rango optimo permisible para sistemas pv, la figura 6 presenta la perdida en conjunto del sistema pv la cual fue de 13%, la perdida ocasionada por el inveror la cual fue de 2.9%, y el rendimiento o energia producida que ronda el 84.1%.

Figura 7

**Diagrama de perdidas en conjunto del sistema**

Diagrama de pérdida para "COLEGIO DEL BOSQUE BILINGÜE UAN" - año



Fuente: *Elaboración propia* (Shrivastava, Sharma, Saxena, Shanmugasundaram, & Rinawa, 2021).

La producción total del sistema durante todo el año es de: 4073 kw/año

Rendimiento:84.1%

Producción especifica:1470kwh/kwp/año.

Perdidas del conjunto PV: 13% anual

Perdidas producidas por el inversor: 2.9% anual

Como se explicó en apartados anteriores las perdidas producidas por el sistema se encuentran en el rango optimo.

Consumo de energía total del año:36494 wh /año.

Energía abastecida por el sistema pv:4703 kwh/año.

Con el sistema se abastecerá el 16.89% de la institución.

Costos anuales de energía: \$  
25.974.380,42.

Ahorro monetario al año: \$3.345.500

### **Fase 3 Socialización**

Consto de diferentes etapas, luego de culminar tanto los estudios técnicos como el modelado del sistema se procedió a realizar la socialización con la comunidad educativa en cabeza de la rectora, con la cual se buscó explicar el modelo de tal manera que la comprensión de el mismo fuera fácil de entender además otros temas de gran importancia como sostenibilidad ambiental, cambio climático, sistemas de energías alternativas entre otros, se presentaron folletos con el fin de usarlos como un instrumento didáctico, videos de sensibilización entre otros métodos.

#### ***Socialización rectora***

Consto de diferentes etapas, luego de culminar tanto los estudios técnicos como el modelado del sistema se procedió a realizar la socialización con la comunidad educativa en cabeza de la rectora, con la cual se buscó explicar el modelo de tal manera que la comprensión de el mismo fuera fácil de entender además otros temas de gran importancia como sostenibilidad ambiental, cambio climático, sistemas de energías alternativas entre otros, se presentaron folletos con el fin de usarlos como un instrumento didáctico, videos de sensibilización entre otros métodos.

Para facilitar el empoderamiento del sistema las memorias de cálculo y el modelo en el programa se le entrega a el colegio con el fin de seguir implementando de manera progresiva el sistema.

### **Conclusiones**

El diagnostico de las diferentes variables analizadas sobre la zona de influencia permitió realizar la elección del sistema que mejor se adaptara a las condiciones establecidas en este caso fue la energía solar fotovoltaica.

Dado que los costos de realizar el sistema para toda la institución son muy elevados se optó por realizar el modelamiento para abastecer el total de la demanda del área administrativa.

En la institución la zona que permite un mayor rendimiento del modelado es el bloque de secundaria allí se evidencian menos sombras u otros elementos que puedan influir en el rendimiento del sistema.

Las pérdidas que presenta el sistema se encuentran en el rango permisible con lo cual se evidencia una viabilidad técnica alta.

Se socializo con la comunidad educativa de la institución en cabeza de la rectora el modelo de sistema y diferentes temas relacionados con la sostenibilidad ambiental.

### **Bibliografía**

Al-Otaibi, A., Al-Qattan, A., Fairouz, F., & Al-Mulla, A. (1 de MAYO de 2015). *Performance evaluation of photovoltaic systems on Kuwaiti schools' rooftop*. Obtenido de sciencedirect:  
<https://doi.org/10.1016/j.enconman.2015.02.039>

do/renewable-energy#:~:text=Currently%2C%20around%2080%25%20of%20global,emissions%20responsible%20for%20climate%20change.

Kabir, E., Kumar.Pawan, Kumar, S. A., & Kim, K.-H. (6 de octubre de 2017). *Solar energy: Potential and future prospects*. Obtenido de sciencedirect:  
<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1364032117313485?token=690E5026FAD9E6F47B4264F57755F9E0A615D6C093E55F409303B0DFB5EC6FE9B1625AF59ABDD4B316C29A827FB57807&originRegion=us-east-1&originCreation=20220703002435>

Shrivastava, A., Sharma, R., Saxena, M., Shanmugasundaram, V., & Rinawa, M. (24 de 7 de 2021). *Solar energy capacity assessment and performance evaluation of a standalone PV system using PVSYST*. Obtenido de sciencedirect:  
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.07.258>

ONU. (s.f.). *Energías renovables*. Recuperado el 21 de 05 de 2022, de Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente:  
<https://www.unep.org/explore-topics/energy/what-we->

