

**Diseño de una arquitectura de TI integrada para el monitoreo y gestión de sistemas de generación de energías limpias en el Grupo Aéreo del Oriente ubicado en el Vichada**

Aspirante a Maestría

Juan Camilo Coronado Góngora

Asesora

Adriana del Pilar Noguera

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería - ECBTI

Maestría en Gestión de Tecnologías de la Información

2024

## **Dedicatoria**

Hoy ya con la satisfacción del deber cumplido dedico este trabajo de grado a todas aquellas personas que confiaron y creyeron en mí durante el proceso para alcanzar esta meta académica posgradual, a mi Familia, a mi amor bonito, a mis amigos incondicionales, a mi Tutora, la Ing. Adriana Noguera y a mis dos fieles escuderos con los que libramos varias batallas académicas

Andrés y Don Wilber.

## Agradecimientos

Este trabajo de grado es el producto del esfuerzo de alternar jornadas de trabajo con la academia, sin afectar el espectro laboral con el académico, esforzando en algunas ocasiones el cuerpo y la mente para llevarlo al límite en jornadas extensas jornadas nocturnas que terminaban ya de madrugada, con el apoyo de un café para espantar el sueño, dormir poco para al día siguiente continuar con las responsabilidades y deberes.

Atendiendo a las tutorías desde diferentes regiones de la geografía Nacional, con limitaciones de conectividad en algunos momentos, pero siempre atento a las actividades establecidas por los tutores de cada uno de los cursos académicos establecidos dentro de este programa de posgrado, aprobadas satisfactoriamente.

Agradecido con Dios en primera medida por darme vida, salud y las ganas de superarme en esta competencia conmigo mismo, a mi familia por comprender mis ausencias prolongadas producto del cumplimiento de mis deberes profesionales y sumarle los académicos, a mi amor bonito: Poly, por sus palabras de ánimo cuando el panorama se complicaba y celebrar los logros paso a pasito, a todos gracias, ¡Los quiero montones!

A mis amigas Karen y Jessica por darme ese empujón para elegir una maestría como estudio posgradual, a Tatiana por preguntarme por mis avances, a mis compañeros Andrés y Don Wilber con quien compartimos varios cursos y libramos un par de batallas académicas, a mi amigo el ‘Meño’ por su apoyo y orientación con la electrónica a bordo de este proyecto, ‘Javi’, ‘Vico’ y ‘Juankis’ por su apoyo en la oficina y permitirme aprender de networking a su lado ¡A todos mil gracias!

## Resumen

A nivel mundial el impacto del efecto invernadero se hace más notorio, el uso desmedido de los combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica ya empieza a pasar factura al medio ambiente ocasionando alteraciones en los ciclos naturales haciendo más largos los periodos de sequía, que a su vez ocasiona aumento en las temperaturas en el ambiente y otras alteraciones en el clima. El sector Defensa del Estado Colombiano cuenta con unas Unidades Militares que por su nivel operativo llevó a concebir ser desplegadas e instaladas en zonas selváticas lo que dificulta significativamente el acceso puesto que se realiza únicamente por medio de vuelo de aeronaves militares, por tanto no cuentan con una conexión al sistema nacional de transmisión y suministro del servicio eléctrico, pues tienen instalados generadores eléctricos con motores de combustión interna que se alimentan de combustibles fósiles. Toda la cadena logística que interviene en el proceso de abastecer y hacer mantenimiento en sus sistemas de generación eléctrica se dificulta ya que deben ser aerotransportados desde una ciudad capital donde se gestionan todos los recursos necesarios y posteriormente son enviados al área aparta. Por lo que teniendo en cuenta el desgaste logístico que se ocasiona para mantener estos sistemas operativos y la huella ambiental que se genera se proyecta la instalación de sistemas de generación energética sostenibles y eco amigables, que suministren el fluido eléctrico que requieren esas instalaciones militares y así mismo reduzcan las emisiones contaminantes y la huella de carbono. Como complemento tecnológico se plantea la opción de diseñar una arquitectura de TI integrada para el monitoreo y gestión de sistemas de generación de energías limpias en las Unidades Militares del Sector defensa ubicadas en zonas selváticas y de difícil acceso.

**Palabras Clave:** IT Architecture, renewable energies, environment, technology.

## Abstract

Worldwide, the impact of the greenhouse effect becomes more noticeable, the excessive use of fossil fuels for the generation of electrical energy is already beginning to take its toll on the environment, causing alterations in natural cycles, making periods of drought longer, which in turn causes an increase in ambient temperatures and other changes in the climate. The Defense sector of the Colombian State has some Military Units that, due to their operational level, led to the idea of being deployed and installed in jungle areas, which makes access significantly difficult since it is carried out only by means of military aircraft flights, therefore they do not have a connection to the national system of transmission and supply of electrical service, since they have installed electrical generators with internal combustion engines that are fed by fossil fuels. The entire logistics chain involved in the process of supplying and maintaining their electricity generation systems is made difficult since they must be airlifted from a capital city where all the necessary resources are managed and later sent to a separate area. That is why, taking into account the logistical wear and tear that is caused to maintain these operating systems and the environmental footprint that is generated, the installation of sustainable and eco-friendly energy generation systems is projected, which supply the electrical fluid required by these military installations and likewise reduce polluting emissions and carbon footprint. As a technological complement, the option of designing integrated IT architecture for the monitoring and management of clean energy generation systems in the Military Units of the Defense Sector located in jungle areas with difficult access is proposed.

**Key words:** IT Architecture, renewable energies, environment, technologies, IT.

## Tabla de Contenido

Introducción .....	11
Planteamiento del problema.....	14
Árbol de identificación de problemas .....	15
Explicación del árbol de problemas .....	15
Justificación .....	17
Objetivos.....	20
Objetivo general .....	20
Objetivos específicos.....	20
Marco de referencia .....	21
Diseño metodológico .....	25
Presentación y análisis de resultados .....	29
Fase 1: realizar visita de campo para efectuar análisis de carga eléctrica instalada .....	33
Fase 2: Ejecutar un análisis de la luminiscencia y el tiempo que esta dura en promedio durante un día/solar .....	35
Fase 3: Diseño del sistema de monitoreo con el que se pueda obtener datos en tiempo real del estado del sistema de generación eléctrica. ....	39
Fase 4: Integrar al sistema de monitoreo al sistema de generación de energías renovables.....	44
Recomendaciones Y Dificultades En El Proceso .....	49
Conclusiones, .....	51

Referencias Bibliográficas: ..... 53

## Lista de Tablas

<b>Tabla 1</b> - <i>Consumo Medio de Equipos Eléctricos</i> .....	33
<b>Tabla 2</b> - <i>Consolidado Horas de Sol / Día del 01 Enero al 20 Octubre de 2023</i> .....	36
<b>Tabla 3</b> - <i>Tabla de la Media Solar en Horas del 01 Enero al 20 Octubre 2023</i> . ....	38

**Lista de Ecuaciones**

<b>Ecuación 1 – <i>Potencia</i>.....</b>	<b>35</b>
--	-----------

## Lista de Figuras

<b>Figura 1</b> – <i>Distribución Global de Irradiación Solar</i> .....	12
<b>Figura 2</b> – <i>Árbol de Problemas</i> .....	15
<b>Figura 3</b> – <i>Eficiencia del Sistema Fotovoltaico</i> .....	23
<b>Figura 4</b> – <i>Portada Libro de Magnete</i> .....	26
<b>Figura 5</b> – <i>Banco de Generadores</i> .....	30
<b>Figura 6</b> – <i>Banco de Generadores</i> .....	30
<b>Figura 7</b> – <i>Banco de Baterías UPS</i> .....	31
<b>Figura 8</b> – <i>Operación Logística Para el Transporte de Combustible e Insumos</i> . .....	32
<b>Figura 9</b> – <i>Alojamiento del Personal</i> . .....	34
<b>Figura 10</b> - <i>Gráfico de la Media Solar en Horas del 01 Enero al 20 octubre 2023</i> .....	39
<b>Figura 11</b> – <i>Diagrama Unifilar del Sistema</i> .....	40
<b>Figura 12</b> – <i>Diagrama de Arquitectura TI del Sistema de Monitoreo</i> .....	40
<b>Figura 13</b> – <i>Maqueta del Proyecto</i> . .....	44
<b>Figura 14</b> – <i>Pruebas de Escritorio</i> .....	45
<b>Figura 15</b> – <i>Paneles Fotovoltaicos</i> . .....	45
<b>Figura 16</b> – <i>Código Para Capturar Datos de Voltaje</i> .....	46
<b>Figura 17</b> - <i>Código Para Capturar Datos de Corriente</i> .....	46
<b>Figura 18</b> – <i>Diagrama de Flujo Funcionamiento del Sistema</i> .....	47

## Introducción

En las últimas décadas, la población mundial ha sido testigo de un cambio importante en la forma en que se genera y consume energía eléctrica, el aumento de la demanda energética, versus la creciente preocupación por el cambio climático y la contaminación ambiental, ha impulsado una búsqueda imparable de alternativas limpias y sostenibles a las fuentes de energía tradicionales basadas en combustibles fósiles, en este contexto, las energías renovables se han masificado como una solución viable y prometedora para abordar los desafíos energéticos y ambientales del presente siglo XXI.

Dentro del espectro de las energías renovables, la energía solar fotovoltaica ha sobresalido por su potencial ilimitado y su capacidad para el acceso electricidad de manera limpia y sostenible, donde por medio de la implementación de granjas solares, o parques solares, se ha visualizado como una estrategia clave para aprovechar esta fuente inagotable de energía, donde las granjas solares se conciben como instalaciones a gran escala que capturan la energía del sol mediante paneles solares fotovoltaicos y la convierten en electricidad, que puede ser utilizada para satisfacer la demanda energética de comunidades enteras, puntualmente para el caso de este proyecto, las Unidades Militares de difícil acceso..

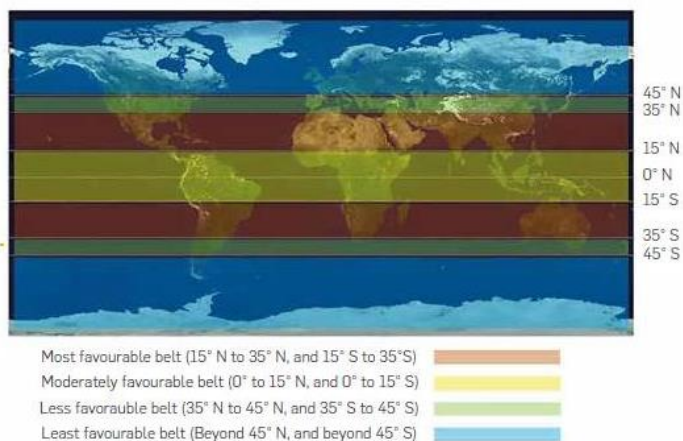
En el trabajo titulado: “Suitability assessment for electricity generation through renewable sources: towards sustainable energy production”, sus autores destacan unas zonas denominadas cinturones solares, donde por su ubicación geográfica resultan ser favorables para la generación de energía eléctrica por medio de sistemas fotovoltaicos, particularmente hablan de México.

Sin embargo, la gráfica presentada, denominada: figura 1: Global distribution of solar irradiation into belts, muestra como en la zona Ecuatorial, donde está ubicada Colombia, entre

los 0° y 15° Latitud Norte es una zona moderadamente favorable para la producción de alrededor de 8,5kWh/m<sup>2</sup> de energía. - (PÉREZ-DENICIA, FERNÁNDEZ-LUQUEÑO, & VILARIÑO-AYALA, 2021)

### Figura 1

#### *Distribución Global de Irradiación Solar*



*Nota.* Franjas de radiación solar.

La transición de generadores de combustión interna a granjas solares representa una oportunidad única para reducir la dependencia de los combustibles fósiles, reduciendo las emisiones de gases de carbono y efecto invernadero, así como promover el desarrollo de una infraestructura energética más limpia y autosostenible en el tiempo.

El presente trabajo de tesis centra la atención sobre el estudio y análisis para el Diseño de una arquitectura de TI integrada para el monitoreo y gestión de sistemas de generación de energías limpias en el Grupo Aéreo del Oriente ubicado en el Vichada, a través de un enfoque multidisciplinario que abarca aspectos técnicos, económicos y medioambientales, buscando las profundizar en las características técnicas que permitan realizar un monitoreo permanente a los sistemas generadores solares con el fin de identificar anomalías en tiempo real, garantizando una

alta disponibilidad para la generación segura, sostenible y ecológica de energía eléctrica a través de la transformación de la energía eléctrica fotovoltaica.

Es por esto, que por medio de esta investigación se pretende contribuir a la construcción de conocimiento y desarrollo de Tecnologías de la Información, que garanticen una vigilancia de sistemas de generación solares en medio del proceso de transición hacia un futuro energético más limpio y sostenible. Así mismo se espera que los resultados de este estudio puedan servir como antecedente para la generación de nuevas ideas tecnológicas que puedan ser implementadas en proyectos que impulsen el uso de energías renovables en diversas regiones del mundo.

### **Planteamiento del problema**

El sector Defensa del Estado Colombiano, específicamente la Fuerza Aérea Colombiana tiene instaladas Unidades Militares Aéreas en zonas de alto valor estratégico, algunas se encuentran inmersas en zonas selváticas de difícil acceso y éste se realiza por el único medio de vuelo en aeronaves militares con una frecuencia semanal o quincenal, dependiendo de la disponibilidad de vuelos.

Frente a esta problemática con relación al difícil acceso particularmente al Grupo Aéreo del Oriente no se cuenta con suministro eléctrico por parte de ningún operador del sector energético y por este motivo se dio solución mediante la instalación de equipos generadores de energía eléctrica mecánicos que requieren combustibles fósiles y una extensa logística para mantenerlos operativos 100% uptime, además de generar gases contaminantes emitidos a la atmosfera.

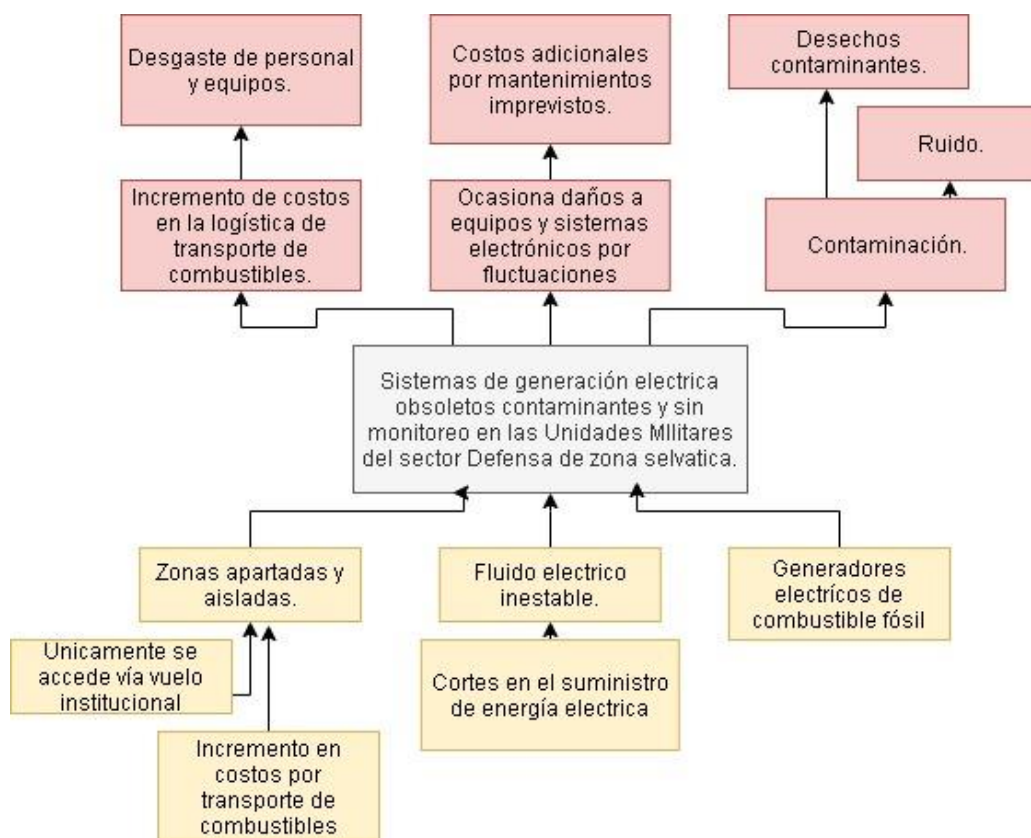
Por tal motivo, teniendo la problemática de los sistemas con los que se cuenta actualmente se proyecta realizar un análisis técnico para viabilizar el diseño de una arquitectura de TI integrada para el monitoreo y gestión de sistemas de generación de energías limpias en el Grupo Aéreo del Oriente ubicado en el Vichada.

A continuación, se presenta el árbol de problemas con el principal problema, los factores que lo ocasionan y las posibles soluciones que se pueden generar por medio de la aplicación de proyecto.

## Árbol de identificación de problemas

Figura 2

### Árbol de Problemas



*Nota.* Esta Figura corresponde al árbol de problemas del proyecto, elaboración propia.

### Explicación del árbol de problemas

Debido a la problemática de suministro eléctrico que se presenta en algunas las instalaciones Militares Aéreas, particularmente en el Grupo Aéreo del Oriente actualmente se encuentran instalados generadores eléctricos mecánicos accionados por motores de combustión interna que ocasiona un impacto medio ambiental, con el desarrollo de las tecnologías de generación energética sostenible se busca reemplazar estos sistemas obsoletos por granjas solares

que permitan impactar positivamente en la reducción de emisiones de material particulado a la atmósfera.

Ahora bien, para tener un sistema de energías renovable operando de una manera óptima se hace necesario el diseño de una arquitectura de TI integrada para el monitoreo remoto de los sistemas de generación de energías limpias que permita tener datos en tiempo real del estado de los sistemas y en caso de presentarse alguna anomalía pueda ser atendida de manera oportuna, maximizando el uptime y garantizando una operación óptima.

## Justificación

En la actualidad a nivel mundial el impacto del efecto invernadero se hace visible a través del cambio climático, la reducción en la producción de combustibles fósiles hace presencia ya en algunos territorios a nivel global y adicionado a esto se percibe un alto uso para la generación de energía eléctrica debido al fenómeno del niño;

*El Gobierno ordenó a las termoeléctricas del país, operar al máximo de generación todos los días de la semana, como medida transitoria para enfrentar los efectos del fenómeno de El Niño, que tiene al país en riesgo de racionamiento.*

*Según informó el Gobierno, la medida fue tomada por recomendación del Centro Nacional de Despacho, porque durante los últimos siete días se presentaron aportes deficitarios, con un promedio de 93 GWh-día, que corresponden solamente al 42% del promedio histórico de lo entregado en abril.*

*“Por lo anterior, el ministro (de minas y Energía, Andrés) Camacho decidió que la Referencia de Generación Mínima Térmica Diaria expresada en GWh con tres decimales, correspondientes a los siete días de la semana, iniciando el lunes y finalizando el domingo, como una media transitoria para enfrentar las condiciones energéticas del verano 2023-2024 durante el fenómeno de El Niño del mismo período, será todos los días la máxima despachable hasta nueva orden”, manifestó el ministerio.*

*El anuncio se hace cuando los embalses del país llegaron a niveles por debajo del 30%, lo que prende las alarmas sobre un posible racionamiento en el país.*

*“El objetivo de la medida es poner el parque de generación termoeléctrico en su máxima capacidad, a fin de abastecer la demanda de condiciones energéticas por el fenómeno de El*

*Niño, caracterizado por la sequía”, agregó el Ministerio. - ([Fenómeno de El Niño: Gobierno ordena a termoeléctricas operar a máxima capacidad - COLPRENSA 15 ABR 2024 - 02:58 PM](#))*

Acciones como estas ya empieza a pasar factura al medio ambiente ocasionando alteraciones en los ciclos naturales haciendo más largos los periodos de sequía, que a su vez ocasiona aumento en las temperaturas del ambiente y otras alteraciones climáticas.

Por eso en el territorio colombiano mediante se sancionó la ley 1715 de 2014 que tiene por objeto : “...*promover el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía sistemas de almacenamiento de tales fuentes y uso eficiente de la energía, principalmente aquellas de carácter renovable...*”, así mismo en su artículo No. 16 se definen las Fuentes No Convencionales de Energía (FNCE): los cuales “*Son aquellos recursos de energía disponibles a nivel mundial que son ambientalmente sostenibles, pero que en el país no son empleados o son utilizados de manera marginal y no se comercializan ampliamente.*”.

Dentro de estas opciones de generar energías renovables se pueden identificar la biomasa, generadoras hidroeléctricas, eólica, geotérmica, mareomotriz y la ya famosa y masificada generación fotovoltaica que aprovecha la potencia de los rayos lumínicos emitidos por el Sol que son transformados en energía eléctrica para el consumo humano dentro de sus procesos diarios.

Se hace necesario modernizar los sistemas de generación de energía eléctrica actuales que utiliza equipos que, por medio de la combustión interna, por sistemas limpios como por ejemplo los fotovoltaicos garantizando que las unidades sigan siendo autosuficientes minimizando el desgaste logístico y garantizando un fluido estable.

Para la Unidad Militar Aérea que es el centro del estudio es importante incluir la transición energética como una de las prioridades ya que se encuentra en una zona remota de

difícil acceso, sin poblaciones aledañas cercanas, motivos por los cuales no está conectada a la red nacional de transmisión de energía eléctrica.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Diseñar una arquitectura de TI integrada para el monitoreo y gestión de sistemas de generación de energías limpias en el Grupo Aéreo del Oriente ubicado en el Vichada.

### **Objetivos específicos**

Verificar el estado actual y el funcionamiento de los sistemas de alimentación eléctrica en las unidades militares del sector defensa ubicadas geográficamente en zonas selváticas de difícil acceso.

Proyectar un sistema de monitoreo remoto para obtener datos en tiempo real que permitan la gestión oportuna y garantice un suministro constante y estable detectando posibles anomalías y poder intervenirlas de manera oportuna.

Integrar en simulación el sistema de monitoreo al sistema de generación de energías renovables con el que se realice el monitoreo constante y en tiempo real.

## Marco de referencia

Dentro del marco teórico se debe hacer una revisión sistemática de literatura donde se amplie las fuentes de consulta relacionadas con la temática, energías renovables, sistemas fotovoltaicos, corriente eléctrica; Y con esto tener material de estudio para el desarrollo del proyecto, desde el cual se pueda construir nuevo conocimiento y pueda ser útil para nuevas investigaciones.

Del documento “*Análisis de viabilidad para la generación eléctrica a través de fuentes renovables: hacia la producción de energía sustentable*” es posible identificar dentro de su contenido un análisis acerca de la eficacia de adoptar fuentes renovables como medida de mitigación del cambio climático.

Los autores hablan acerca de un alto consumo de combustibles fósiles para la generación eléctrica, mencionan que para finales de 2019 el 72,7% de la energía eléctrica era generada por medio equipos de combustión interna, mientras que el restante 27,3% usaba diferentes métodos menos contaminantes como los son sistemas de hidroeléctrica o energía nuclear.

También hablan de la resiliencia orientados a la transformación, ya que en este enfoque se hace énfasis en la capacidad de las personas para adaptarse al cambio, el aprendizaje, la creatividad, la orientación hacia el futuro, las fortalezas y las oportunidades, viendo los medios alternativos de producción de energía eléctrica como una solución sustentable - (PÉREZ-DENICIA, FERNÁNDEZ-LUQUEÑO, & VILARIÑO-AYALA, 2021).

Por otra parte, dentro del estudio titulado “*Estimación del potencial fotovoltaico mediante minería de datos en cuatro ciudades de Colombia*” (RAMÍREZ-MURILLO, TORRES-PINZÓN, & FORERO-GARCÍA, 2021), los autores realizan captura de datos en las ciudades de Bogotá, Cúcuta, Manizales y Pasto con el uso de estaciones meteorológicas PVMET-300, con la cual

obtienen datos de temperatura ambiente, velocidad y dirección del viento, humedad relativa, sensor de radiación solar, entre otros.

Una vez realizada la captura de datos estos fueron modelados con el uso de MatLab ® expuestos los datos a través de algoritmos de comparación: K-Means y Fuzzy C-Means con los que es posible hacer un análisis de resultados agrupándolos por medio clústeres, lo que facilita la visualización y posterior interpretación de los datos.

Dando un poco más de contexto acerca de los algoritmos podemos indicar que:

**K-means** es adecuado cuando los clústeres están bien definidos y no te importa que los puntos estén estrictamente asignados a un solo grupo, la simplicidad y eficiencia lo convierten en la opción preferida para problemas estándar de agrupamiento, especialmente cuando se trabaja con volúmenes muy grandes de datos.

El uso del algoritmo **Fuzzy C-means** es usado comúnmente cuando los datos tienen clústeres donde sus datos se presentan solapados, o las fronteras entre los grupos no están definidas, de igual manera permite hacer una asignación de pertenencia difusa, lo que lo hace útil en contextos donde los datos son más complejos o que presenten una mayor incertidumbre.

Ahora bien, tomando como referencia el documento *“Evaluación del rendimiento y degradación temprana de un sistema fotovoltaico tipo rooftop de 180.8 KWP conectado a la red en la región tropical colombiana”*, es posible determinar que la infraestructura de paneles es susceptible a una reducción de eficiencia por su normal deterioro.

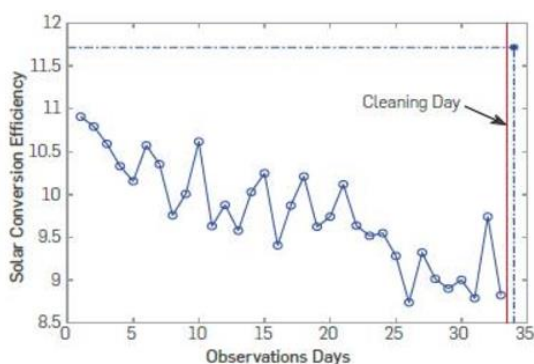
Al tratarse de elementos que se encuentran expuestos al medio ambiente se debe tener en cuenta realizar un mantenimiento preventivo recurrente y así poder disminuir los signos de deterioro sobre los materiales además de la reducción de la eficiencia de producción energética, los autores indican que la eficiencia medida al momento de instalar el sistema fue de 10,91%.

Sin embargo, al paso de alrededor de un mes (33 días) debido a la acumulación de partículas de polvo, es notorio un descenso de la eficiencia hasta un 8,65%, por tanto, indican la importancia de realizar un mantenimiento periódico donde se retire la capa de polvo que se acumule en temporadas de sequía, donde es predominante el material particulado en el ambiente - (AUDIVET, y otros, 2021)

En la siguiente figura se puede evidenciar una captura de referencia del documento

### Figura 3

#### *Eficiencia del Sistema Fotovoltaico*



*Nota.* En la figura se observa una tabla de rendimiento del sistema.

Una vez profundizando el conocimiento con relación a la temática que pueda aportar positivamente a la investigación se iniciará la construcción de una arquitectura de TI integrada para el monitoreo y gestión de sistemas de generación de energías limpias en las Unidades Militares del Sector defensa ubicadas en zonas selváticas y de difícil acceso.

Adicionalmente será necesario calcular los costos asociados a la construcción la implementación y mantenimiento de plantas generadores de energías limpias y hacer un comparativo de costos verificando cuál es el modelo más económico y costo eficiente.



## Diseño metodológico

Dentro del proceso de investigación aplicada se hará uso de una metodología multidimensional, donde de manera cualitativa se analicen los efectos positivos de la implementación de un sistema de generación de energía eléctrica fotovoltaica y su aplicación dentro de los procesos de apoyo vitales para el correcto funcionamiento de las operaciones militares en las Unidades Militares Aéreas.

Por otra parte, de manera cuantitativa será posible realizar un estudio previo, donde se determine la carga demandada por las instalaciones, donde por medio de la recolección de datos cálculos aritméticos se logre cuantificar la capacidad instalada en las dependencias y de esa manera se pueda dimensionar de una manera adecuada la necesidad del sistema fotovoltaico.

A continuación, se realizará la descripción con un poco más de profundidad del análisis cualitativo con relación a la tecnología fotovoltaica para la producción de energía eléctrica a través de la transformación de los rayos del sol en corriente eléctrica que se pone al servicio de la humanidad para los procesos diarios y el funcionamiento de los equipos eléctricos y electrónicos.

Análisis Descriptivo: Descripción del consumo energético actual.

Simulación: Proyección de la captura de datos y prueba de una maqueta que permita realizar a escala la toma de datos de la producción de energía solar fotovoltaica.

Desde el año 1873 se puede hablar de electricidad ya que en la obra científica *Treatise on Electricity and Magnetism, 1873*, escrita por el físico matemático James Clerk Maxwell mediante 4 ecuaciones diferenciales logra unir los dos conceptos dándole sentido a lo que hoy conocemos como corriente eléctrica, y da los primeros indicios para transformar la energía mecánica en energía eléctrica, por medio del movimiento de electrodos es capaz de generar una aceleración de electrones a través de un medio.

Esto por solo nombrar el trabajo de uno de los pioneros en temas de energía eléctrica, pues desde incluso antes de Cristo se trató de realizar el acercamiento al término electricidad, mencionado por parte del filósofo griego Tales de Mileto, quien dentro de sus análisis observó que al frotar una pieza de ámbar esta atraía objetos de menor tamaño, creyendo que la electricidad residía en cada objeto, posterior sobre el año 1600 el médico y físico William Gilbert iniciaba experimentos con electricidad y magnetismo basado en los estudios de Tales de Mileto, definiendo nuevos conceptos energía eléctrica y atracción eléctrica, exponiendo que la tierra era magnética y por ello la brújula siempre se orientaba al norte, estudios publicados en su obra literaria *De Magnete* – 1600.

#### Figura 4

*Portada Libro de Magnete*



*Nota.* en la Figura se observa la portada del libro *The Magnete*, William Gilbert, 1628, tomado de (Cultura Científica, 2016)

Años más tarde científicos como Benjamín Franklin con su experimento celebre de la cometa volando durante una tormenta eléctrica y muchos más científicos, físicos y pensadores mostraron avances con referencia a la electricidad, pero fue Michael Faraday en el siglo XIX quien descubrió puntualmente la manera de generar corriente eléctrica.

De los estudios realizados por Faraday entre sus obras ilustres publicadas durante su carrera como físico – químico se destaca: Investigaciones experimentales en electricidad, 1855, donde relata la manera de cómo al mover un imán a través de circuito cerrado de alambre con propiedades de conductividad se generaba una corriente eléctrica, también dentro de sus estudios sobresale el haber establecido la capacitancia como unidad de medida para la capacitancia eléctrica dentro del sistema Internacional de Unidades, corresponde a la capacidad de un condensador para almacenar carga, en su honor, esta unidad de medida fue nombrada Faradio.

Con este experimento científico se dio el punto de partida para la generación de energía eléctrica que se ha mantenido en el tiempo, a la fecha se puede decir que la energía eléctrica que se consumen en los hogares y en las industrias, que se produce de forma convencional, es generada por bobinas, el mismo principio que descubrió Faraday, propulsada por la fuerza ya sea de la combustión o la presión que ejerce el agua en caída en el desnivel de una presa.

Estos métodos convencionales dejan secuelas al medio ambiente ya que la construcción de una presa para coleccionar agua en un embalse invade ecosistemas de manera permanente, alterando el normal funcionamiento, del entorno que se inunda y por otra parte la generación por medio de combustibles fósiles produce gases de efecto invernadero que para el año 2019 tuvo un récord de 37.000 Millones de Toneladas según el informe presentado en el sitio [statista.com](https://www.statista.com) ([Abigail Orús, 2024](#)).

Para la en análisis cuantitativo se realizaron visitas de campo con el fin de realizar las validaciones pertinentes con referencia a toma de datos de cargas instaladas, funcionamiento actual de las instalaciones y equipos con los que cuentan en la Unidad Militar Aérea y poder identificar las dinámicas de vida y labores del personal que se encuentra allí destacado.

Para las visitas fue necesario realizar el desplazamiento por medio de aeronaves de transporte militar, el empleo de herramientas básicas como multímetro y amperímetro, diálogos con el personal destacado en la Unidad Militar Aérea con el fin de entender dinámicas y problemáticas relacionadas al funcionamiento actual de los equipos con los que proveen el servicio de energía eléctrica, así como con personal técnico de vuelo, específicamente maestros de carga que realizan el transporte de los combustibles.

Resultado de la visita se presenta a continuación el resultado de las visitas, dinámicas de operación y transporte de los materiales para el funcionamiento y producción de energía eléctrica actuales.

Para la ejecución de este proyecto, un trabajo referencial es el publicado mediante el artículo titulado “[Aprovechamiento de la energía solar para el Área Académica de la Escuela de Aviación Policial mediante un sistema fotovoltaico con conexión a red](#)”, (Giovanni Andrés Vargas, 2019), quienes a través de su documento analizan una problemática similar en el sector Defensa de la Nación, proponiendo soluciones fotovoltaicas para la Escuela de Aviación Policial en San Sebastián de Mariquita, Tolima.

## **Presentación y análisis de resultados**

En referencia al objetivo No. 1: *“Verificar el estado actual y el funcionamiento de los sistemas de alimentación eléctrica en las unidades militares del sector defensa ubicadas geográficamente en zonas selváticas de difícil acceso.”*;

Por temas logísticos se da alcance a la validación particularmente en el “Grupo Aéreo del Oriente” ubicado en inmediaciones del Parque Nacional Natural el Tuparro departamento del Vichada.

Se realizan un par de visitas a sitio, donde se pudo realizar el levantamiento de información y fue posible identificar el estado actual de cómo se encuentra operando el sistema eléctrico para la alimentación de los equipos eléctricos y electrónicos al servicio de los funcionarios que laboran en esa Unidad Militar Aérea.

La fuente de alimentación principal para las instalaciones son dos generadores de combustión interna, los cuales son movidos por motores Diesel, cada uno con una capacidad de 100 Kva, funcionan alternadamente, es decir modo activo/pasivo, y en medio de estos, se cuenta con una transferencia manual, que permite seleccionar la entrada de energía del generador A o el B.

**Figura 5***Banco de Generadores*

*Nota.* en la Figura se observan los generadores eléctricos, autoría propia, 2023.

En la figura se evidencian los equipos para la generación de energía eléctrica a través de la combustión interna, equipos con los que se soporta el suministro eléctrico.

**Figura 6***Banco de Generadores*

*Nota.* en la figura se observan los generadores eléctricos, autoría propia, 2023.

Para la operación de la transferencia sin afectar el fluido eléctrico, se cuenta con una UPS de 60 Kva, la cual soporta la carga eléctrica en caso de que se requiera hacer el cambio de un

generador a otro, o en el caso fortuito de que el generador que se encuentra operando entre en modo de fallo.

### **Figura 7**

*Banco de Baterías UPS.*



*Nota.* en la figura se observa el banco de Baterías de UPS, autoría propia.

Estos generadores por ser de tipo mecánico presentan desventajas dentro de las cuales se encuentran: costos operación (cambio de lubricantes, filtros, refrigerante) al ser equipos de combustión interna generan un costo recurrente para la adquisición de los combustibles, así como un desgaste logístico, pues la única manera de ingresar es mediante operaciones militares aerotransportadas.

Las misiones para el transporte de los hidrocarburos necesarios para la operación de los generadores no son exclusivas, ya que se transportan hasta cuatro tipos de combustibles diferentes, ACPM, gasolina, JetA1 y AVGAS, lo que hace un poco complejo calcular el costo de

la cadena logística, sin embargo se conoce que un avión de tipo C-130-H tiene un consumo aproximado de 5000 Lbs de combustible / Hora, esto sin cuantificar horas hombre de operación y mantenimiento de la aeronave, y equipos terrestres.

La cadena logística implica un alto riesgo por contener materiales peligrosos específicamente combustibles, teniendo el agravante de transportarse por vía aérea en aeronaves cargueras, lo que conlleva a incrementar los controles para el transporte de hidrocarburos, asimismo para su embarque en el sitio de origen en la Ciudad de Bogotá, como el desembarco en la Unidad de destino.

### **Figura 8**

*Operación Logística Para el Transporte de Combustible e Insumos.*



*Nota.* en la figura se observa aeronave FAC, autoría propia.

En la Figura se evidencia parte de la operación estandarizada para realizar el cargue y transporte del combustible por medio de contenedores rígidos y flexibles dentro de una aeronave C-130 – Hércules.

Así como se requiere realizar el transporte de combustibles hacia esa Unidad Militar Aérea, también se hace necesario transportar los repuestos y elementos de consumo (filtros de aire, filtros de aceite, filtros de combustible, liquido refrigerante, aceite lubricante, entre otros) que requieren los generadores para mantener su disponibilidad operacional, lo que implica aún más desgaste logístico, incrementando así los costos finales de producción de energía eléctrica.

De la planta física se pudo identificar en la visita que se encuentran 2 bloques contiguos, uno corresponde a la zona de alojamientos tipo shelter y un bloque construido en concreto y ladrillo, que corresponde al área operativa y administrativa del componente, para los fines del cumplimiento de lo proyectado dentro de este proyecto, se ve la necesidad de implementación por fases, donde la zona de alojamientos es más compacta y de menor consumo eléctrico y por ende sería la prueba piloto para la implementación y pruebas de este proyecto.

### **Fase 1: realizar visita de campo para efectuar análisis de carga eléctrica instalada**

**Tabla 1**

*Consumo Medio de Equipos Eléctricos.*

<b>Equipo</b>	<b>Tensión V</b>	<b>Corriente A</b>	<b>Potencia W / h</b>
Aire Acondicionado	120V	6,51 A / h	703,08 W/h
Televisor	120 V	1 A / h	108 W/h
Decodificador	120 V	0,5 A / h	21,6 W/h
Bombillo	120 V	0,11 A / h	12 W/h
PC Portátil	120 V	1,7 A / h	183 W/h
Cargador Celular	120 V	0,3 A / h	33 W / h
Valores medios por hora		10,12 A / h	1.027,68

*Nota.* en la tabla se describen elementos eléctricos en cada alojamiento, autoría propia.

Por cada unidad habitacional se logró identificar los siguientes equipos eléctricos: un televisor LCD de 32", un decodificador de TV satelital, un aire acondicionado de 8000 Btu, dos bombillos led (uno para la zona de la habitación y otro para el baño) y un par de tomas eléctricas, donde pueden conectar un computador portátil y/o un celular. Basados en esta información se puede hacer un cálculo medio del consumo energético para proyectar la implementación de una fuente de energía no contaminante.

### **Figura 9**

*Alojamiento del Personal.*



*Nota.* en la figura se observa parte de los bloques de alojamiento del personal que reside en la Unidad, autoría propia.

Dentro del análisis que se realizó al consumo de los equipos eléctricos que se encuentran instalados en cada uno de los shelters se puede evidenciar un consumo medio por hora de 10,12 amperios y en vatios de 1027,68 watts/hora.

La fórmula utilizada para este caso, teniendo en cuenta la tensión de corriente alterna tiene un valor de 120V y el valor de consumo en Amperios expresado por el fabricante en cada las tarjetas informativas de cada uno de los equipos es:

$$P_{(W)} = PF \times I_{(A)} \times V_{(V)}$$

**Ecuación 1 – Potencia.**

*Nota.* La potencia  $P$  en vatios (W) es igual al factor de potencia  $PF$  (para Colombia corresponde a 0,9) multiplicado por la corriente de fase  $I$  en amperios (A), multiplicado por el voltaje RMS  $V$  en voltios (V).

**Fase 2: Ejecutar un análisis de la luminiscencia y el tiempo que esta dura en promedio durante un día/solar**

Con relación a la fase 2 del proyecto, que corresponde a la realización de un análisis de la luminiscencia en este sector con el fin de identificar la eficiencia energética solar para la producción de energía eléctrica a partir de celdas fotovoltaicas, se realizó este análisis el cual corresponde a la toma de la hora de salida y puesta del sol entre el primero de enero y el 20 de octubre del año 2023 donde se identifica la cantidad de horas luz de cada día.

Para este levantamiento de información se requirió del apoyo de varios funcionarios, compañeros que se encuentran en sitio, los cuales realizaron la toma aproximada del amanecer y puesta del sol, registrándolo en una tabla de Excel en un documento en línea para facilitar la toma de dicha información, aprovechando las bondades que facilita la suite de office 365 suministrado como herramienta de TI por parte de la Universidad.

En el Anexo 1 se muestra toda la información detalla donde se reportan las horas ya mencionadas en cada una de las fechas, teniendo en cuenta la hora de salida, puesta de sol y el cálculo de horas de luz / día.

Con la información relacionada en el anexo 1 se construyó la siguiente tabla donde se consolidan todos los registros realizados:

**Tabla 2**

*Consolidado Horas de Sol / Día del 01 enero al 20 octubre de 2023.*

CONSOLIDADO DE HORAS SOLARES / DIA DE 01 ENERO 23 A 20 OCTUBRE 23																			
FECHA	HRS- DIA	FECHA	HRS- DIA	FECHA	HRS- DIA	FECHA	HRS- DIA	FECHA	HRS- DIA	FECHA	HRS- DIA	FECHA	HRS- DIA	FECHA	HRS- DIA	FECHA	HRS- DIA	FECHA	HRS- DIA
1/01/23	11:51	1/02/23	11:56	1/03/23	12:02	1/04/23	12:10	1/05/23	12:17	1/06/23	12:22	1/07/23	12:22	1/08/23	12:18	1/09/23	12:11	1/10/23	12:04
2/01/23	11:52	2/02/23	11:56	2/03/23	12:02	2/04/23	12:10	2/05/23	12:17	2/06/23	12:22	2/07/23	12:22	2/08/23	12:18	2/09/23	12:11	2/10/23	12:04
3/01/23	11:52	3/02/23	11:56	3/03/23	12:02	3/04/23	12:10	3/05/23	12:17	3/06/23	12:22	3/07/23	12:22	3/08/23	12:18	3/09/23	12:11	3/10/23	12:04
4/01/23	11:52	4/02/23	11:56	4/03/23	12:02	4/04/23	12:10	4/05/23	12:17	4/06/23	12:22	4/07/23	12:22	4/08/23	12:18	4/09/23	12:11	4/10/23	12:03
5/01/23	11:52	5/02/23	11:56	5/03/23	12:03	5/04/23	12:10	5/05/23	12:17	5/06/23	12:22	5/07/23	12:22	5/08/23	12:18	5/09/23	12:10	5/10/23	12:03
6/01/23	11:52	6/02/23	11:57	6/03/23	12:03	6/04/23	12:11	6/05/23	12:18	6/06/23	12:22	6/07/23	12:22	6/08/23	12:17	6/09/23	12:10	6/10/23	12:03
7/01/23	11:52	7/02/23	11:57	7/03/23	12:03	7/04/23	12:11	7/05/23	12:18	7/06/23	12:22	7/07/23	12:22	7/08/23	12:17	7/09/23	12:10	7/10/23	12:03
8/01/23	11:52	8/02/23	11:57	8/03/23	12:03	8/04/23	12:11	8/05/23	12:18	8/06/23	12:22	8/07/23	12:22	8/08/23	12:17	8/09/23	12:10	8/10/23	12:02
9/01/23	11:52	9/02/23	11:57	9/03/23	12:04	9/04/23	12:12	9/05/23	12:18	9/06/23	12:22	9/07/23	12:22	9/08/23	12:17	9/09/23	12:10	9/10/23	12:02
10/01/23	11:52	10/02/23	11:57	10/03/23	12:04	10/04/23	12:12	10/05/23	12:18	10/06/23	12:23	10/07/23	12:22	10/08/23	12:17	10/09/23	12:09	10/10/23	12:02
11/01/23	11:52	11/02/23	11:58	11/03/23	12:04	11/04/23	12:12	11/05/23	12:19	11/06/23	12:23	11/07/23	12:22	11/08/23	12:16	11/09/23	12:09	11/10/23	12:02
12/01/23	11:52	12/02/23	11:58	12/03/23	12:04	12/04/23	12:12	12/05/23	12:19	12/06/23	12:23	12/07/23	12:22	12/08/23	12:16	12/09/23	12:09	12/10/23	12:01
13/01/23	11:53	13/02/23	11:58	13/03/23	12:05	13/04/23	12:12	13/05/23	12:19	13/06/23	12:23	13/07/23	12:21	13/08/23	12:16	13/09/23	12:09	13/10/23	12:01
14/01/23	11:53	14/02/23	11:58	14/03/23	12:05	14/04/23	12:13	14/05/23	12:19	14/06/23	12:23	14/07/23	12:21	14/08/23	12:16	14/09/23	12:08	14/10/23	12:01
15/01/23	11:53	15/02/23	11:58	15/03/23	12:05	15/04/23	12:13	15/05/23	12:19	15/06/23	12:23	15/07/23	12:21	15/08/23	12:15	15/09/23	12:08	15/10/23	12:01
16/01/23	11:53	16/02/23	11:59	16/03/23	12:05	16/04/23	12:13	16/05/23	12:20	16/06/23	12:23	16/07/23	12:21	16/08/23	12:15	16/09/23	12:08	16/10/23	12:00
17/01/23	11:53	17/02/23	11:59	17/03/23	12:06	17/04/23	12:13	17/05/23	12:20	17/06/23	12:23	17/07/23	12:21	17/08/23	12:15	17/09/23	12:08	17/10/23	12:00
18/01/23	11:53	18/02/23	11:59	18/03/23	12:06	18/04/23	12:14	18/05/23	12:20	18/06/23	12:23	18/07/23	12:21	18/08/23	12:15	18/09/23	12:07	18/10/23	12:00
19/01/23	11:53	19/02/23	11:59	19/03/23	12:06	19/04/23	12:14	19/05/23	12:20	19/06/23	12:23	19/07/23	12:21	19/08/23	12:15	19/09/23	12:07	19/10/23	12:00

20/01/23	11:54	20/02/23	12:00	20/03/23	12:06	20/04/23	12:14	20/05/23	12:20	20/06/23	12:23	20/07/23	12:20	20/08/23	12:14	20/09/23	12:07	20/10/23	12:00
21/01/23	11:54	21/02/23	12:00	21/03/23	12:07	21/04/23	12:14	21/05/23	12:20	21/06/23	12:23	21/07/23	12:20	21/08/23	12:14	21/09/23	12:07		
22/01/23	11:54	22/02/23	12:00	22/03/23	12:07	22/04/23	12:15	22/05/23	12:21	22/06/23	12:23	22/07/23	12:20	22/08/23	12:14	22/09/23	12:06		
23/01/23	11:54	23/02/23	12:00	23/03/23	12:07	23/04/23	12:15	23/05/23	12:21	23/06/23	12:23	23/07/23	12:20	23/08/23	12:14	23/09/23	12:06		
24/01/23	11:54	24/02/23	12:01	24/03/23	12:07	24/04/23	12:15	24/05/23	12:21	24/06/23	12:23	24/07/23	12:20	24/08/23	12:13	24/09/23	12:06		
25/01/23	11:54	25/02/23	12:01	25/03/23	12:08	25/04/23	12:15	25/05/23	12:21	25/06/23	12:23	25/07/23	12:20	25/08/23	12:13	25/09/23	12:06		
26/01/23	11:54	26/02/23	12:01	26/03/23	12:08	26/04/23	12:16	26/05/23	12:21	26/06/23	12:23	26/07/23	12:19	26/08/23	12:13	26/09/23	12:05		
27/01/23	11:55	27/02/23	12:01	27/03/23	12:08	27/04/23	12:16	27/05/23	12:21	27/06/23	12:23	27/07/23	12:19	27/08/23	12:13	27/09/23	12:05		
28/01/23	11:55	28/02/23	12:02	28/03/23	12:08	28/04/23	12:16	28/05/23	12:21	28/06/23	12:23	28/07/23	12:19	28/08/23	12:12	28/09/23	12:05		
29/01/23	11:55			29/03/23	12:09	29/04/23	12:16	29/05/23	12:21	29/06/23	12:23	29/07/23	12:19	29/08/23	12:12	29/09/23	12:05		
30/01/23	11:55			30/03/23	12:09	30/04/23	12:16	30/05/23	12:22	30/06/23	12:23	30/07/23	12:19	30/08/23	12:12	30/09/23	12:04		
31/01/23	11:55			31/03/23	12:09			31/05/23	12:22			31/07/23	12:19	31/08/23	12:12				

---

ENERO	11:53	FEBRERO	11:58	MARZO	12:05	ABRIL	12:13	MAYO	12:19	JUNIO	12:23	JULIO	12:21	AGOSTO	12:15	SEPT.	12:08	OCT.	12:02
-------	-------	---------	-------	-------	-------	-------	-------	------	-------	-------	-------	-------	-------	--------	-------	-------	-------	------	-------

---

*Nota.* los datos aquí presentados fueron tomados en sitio de forma manual, de autoría propia.

**Tabla 3**

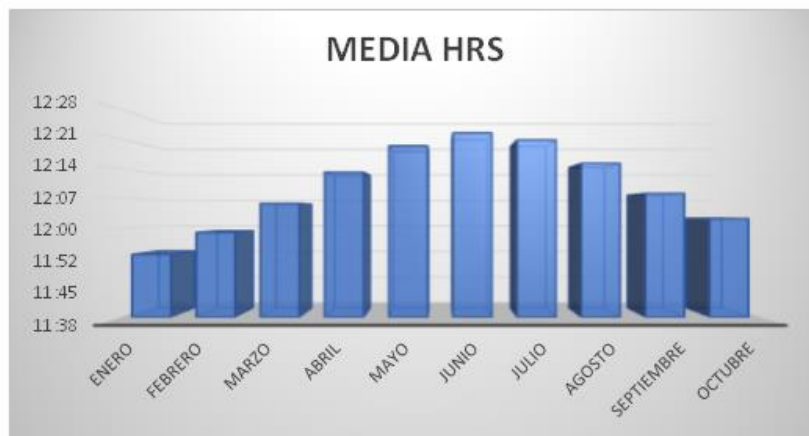
*Tabla de la Media Solar en Horas Del 01 enero al 20 octubre 2023.*

MES	MEDIA HORAS
ENERO 2023	11:53
FEBRERO 2023	11:58
MARZO 2023	12:05
ABRIL 2023	12:13
MAYO 2023	12:19
JUNIO 2023	12:23
JULIO 2023	12:21
AGOSTO 2023	12:15
SEPTIEMBRE 2023	12:08
OCTUBRE 2023	12:02

*Nota.* en la tabla se consolida la información media por mes.

**Figura 10**

*Gráfico de la Media Solar en Horas del 01 Enero al 20 Octubre 2023.*

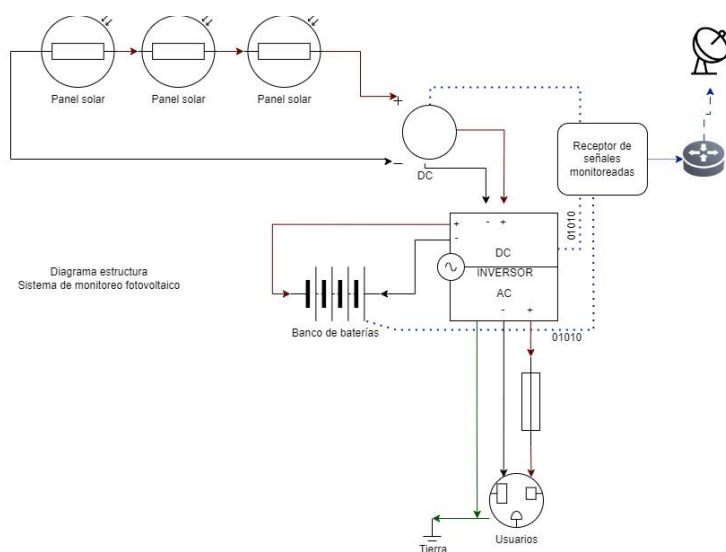


*Nota.* en la figura se realiza la agrupación y presentación del promedio de las horas que el sol es aprovechable en cada uno de los meses durante los cuales se realizó el seguimiento a las horas de amanecer y anochecer, autoría propia.

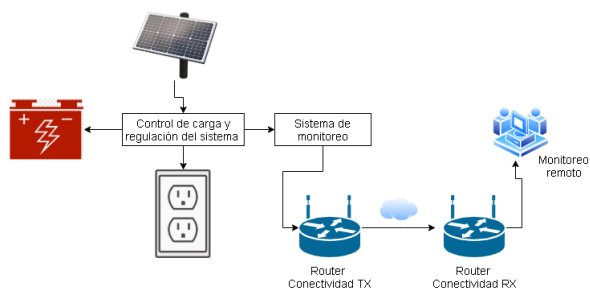
### **Fase 3: Diseño del sistema de monitoreo con el que se pueda obtener datos en tiempo real del estado del sistema de generación eléctrica.**

En esta fase número 3 se estableció el boceto del diseño para el sistema de monitoreo con el que se pretende obtener datos en tiempo real del funcionamiento del sistema de generación de energía eléctrica por medio de paneles fotovoltaicos a continuación se muestra grosso modo un bosquejo de lo que será el diseño, mostrando los componentes que intervienen y cómo se relacionan entre sí dentro del sistema:

En la siguiente Figura se presenta un diagrama básico de la arquitectura del sistema de monitoreo y cómo se relaciona con un entorno de conectividad para realizar el transporte desde el sitio de censado hasta el punto de monitoreo:

**Figura 11***Diagrama Unifilar del Sistema*

*Nota.* En la figura se puede evidenciar un diagrama de alto nivel donde se identifican cada uno de los componentes que conforman el sistema desde donde se realiza la toma de datos para ser consolidados y transportados al sitio de monitoreo, autoría propia.

**Figura 12***Diagrama de Arquitectura TI del Sistema de Monitoreo.*

*Nota.* En la figura se plasma gráficamente la arquitectura de TI para el sistema de monitoreo de un sistema generador fotovoltaico, autoría propia.

En el diagrama se observan 4 componentes que integran el sistema, el primero hace referencia al sistema generador fotovoltaico, seguido del sistema de monitoreo que corresponde a la parte de estudio de este proyecto, para realizar la capa de transporte de datos se proyecta incluir sistemas de conectividad satelital de órbita baja (LEO) por medio de la cual se realizará la conexión a través de canales cifrado punto a punto para proteger la data, por último se encuentra proyectado el centro de monitoreo, con un desarrollo viabilizado sobre software libre Grafana.

El proyecto fue ideado como un sistema que realice el monitoreo en tiempo real de una granja solar generadora de energía eléctrica, el cual para realizar el transporte de las señales requiere de una conexión de datos para poder transmitir las señales captadas desde el sistema de monitoreo hasta una sala de crisis, lugar donde se recibe la información y esta sea colectada de manera remota.

Tener información en tiempo real permite realizar un seguimiento para que el personal encargado puede ver el estado actual del sistema y en caso de evidenciar anomalías en su funcionamiento pueda tomar decisiones de manera oportuna frente un escenario donde el sistema tenga un funcionamiento anormal, por ejemplo, la pérdida de tensión o que no cense consumo de corriente.

Para que el sistema de monitoreo funcione como fue ideado se requiere la aplicación de tecnologías de la Información y Comunicaciones, así como de la integración de componentes electrónicos que se agrupan en 3 capas, componentes electrónicos, conectividad y aplicación;

La primera corresponde a componentes electrónicos, desde estos dispositivos se es desde donde se ejecuta la captura de datos de tensión de voltaje y corriente en amperios consumidos en tiempo real, asimismo, se realiza el censado de luminiscencia solar para automatizar la captura de la hora del amanecer y la puesta de sol para así automatizar el proceso de registro de datos.

En la segunda capa se encuentra la todo lo que compete a la conectividad desde donde se realizará la interconexión entre el sistema de el de captura de datos y el centro de monitoreo, por medio de esta conexión se transportará la data de un punto A un punto B.

Para tal fin se requiere aplicar conocimientos de networking, propios de las Tecnologías de la Información, ya que se hace uso del protocolo de comunicaciones TCP/IP, conceptos del modelo OSI y de conectividad para realizar el enrutamiento del tráfico de datos.

Para el transporte de los datos se incursiona en la prueba y aplicación de tecnologías satelitales de órbita baja, las cuales permiten un mejor rendimiento frente a las conexiones satelitales tradicionales geoestacionarias, logrando tener menores tiempos de respuesta, reduciendo la latencia en las conexiones y mejorando significativamente los anchos de banda.

Con lo anterior se logra realizar el transporte de datos de una manera más eficiente, rápida e integra, ya que se mitiga el riesgo de pérdida de paquetes por latencia en la red e incluso se mejora la estabilidad de los enlaces en condiciones climáticas adversas teniendo en cuenta que la distancia entre la estación terrena y el satélite es menor que en una conexión geoestacionaria.

Teniendo en cuenta que se realizará el monitoreo sobre un sistema crítico, correspondiente a un generador fotovoltaico que suministra el fluido eléctrico a las instalaciones de una Unidad Militar Aérea desde donde se salvaguarda la soberanía aérea, espacial y ciberespacial del estado colombiano, mediante operaciones militares es necesario aplicar protocolos de encriptación a la conexión entre el punto A y el punto B.

Para esto, adicional a la ingeniería de tráfico que se aplica sobre el transporte de datos, se establece una encriptación sobre enlaces de tipo VPN punto a punto, asegurando las comunicaciones y evitando que terceros puedan llegar a vulnerar los canales de conectividad y

descifrar la data que se transporta con información relevante acerca de la operación de los jardines solares que proveen el suministro eléctrico a una Unidad Militar Aérea.

La tercera capa corresponde al nivel de aplicación, desde aquí se realiza la traducción de los datos obtenidos desde el sistema que mantiene un monitoreo permanente sobre el sistema generador fotovoltaico, mostrando al usuario final, quien es el personal técnico experto en la operación del jardín solar, para que puedan tomarse decisiones oportunas.

Si bien, dentro de la proyección que se le dio inicialmente al proyecto no se contemplaba una arquitectura para el desarrollo de un software especializado para efectuar el monitoreo, en el desarrollo del proyecto, indagando en tecnologías de este tipo se evidenció la necesidad de facilitar la tarea al personal que se encargue del monitoreo.

Para ello dentro de la investigación se identificó un posible software de uso libre que permita convertir la información plana obtenida del proceso de monitoreo del sistema y convertirla en gráficos, fáciles de entender y poder interpretar los datos de manera más rápida y sencilla con el objetivo que el personal que realice el monitoreo tome decisiones basadas en información fácil de entender.

El software identificado durante la investigación es Grafana, que corresponde a la gama de software libre licenciado bajo Apache 2.0 y sus herramientas permiten mostrar datos métricos de forma gráfica, con lo que es posible crear tableros de monitoreo con la información captada por la arquitectura de TI integrada para el monitoreo y gestión de sistemas de generación de energías limpias en el Grupo Aéreo del Oriente ubicado en el Vichada.

**Fase 4: Integrar al sistema de monitoreo al sistema de generación de energías renovables con el que se realice el monitoreo constante y en tiempo real (simulación maqueta)**

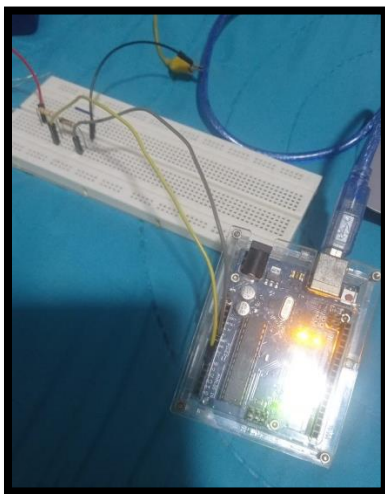
Los componentes usados para el montaje de la maqueta son:

- ✓ Arduino UNO
- ✓ Módulo ACS712 ELECTR-20A-T (Toma de corriente)
- ✓ Módulo FZ0430 (Toma de tensión-voltaje)
- ✓ Módulo LM358 (Sensor lumínico-Fotorresistencia)
- ✓ Panel solar 5V

A continuación, se relacionan capturas de las pruebas que se han realizado para el montaje de la maqueta del sistema de monitoreo:

**Figura 13**

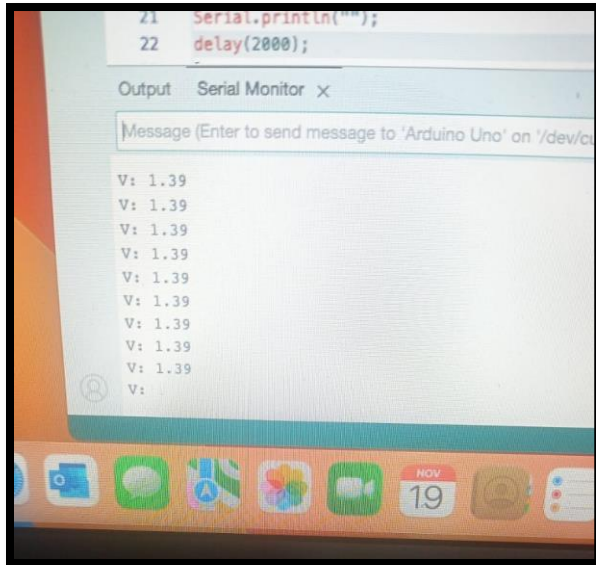
*Maqueta del Proyecto.*



*Nota.* En la figura 13 se evidencia el montaje realizado con una protoboard y la placa Arduino UNO durante la captura de datos como prototipo funcional del proyecto, autoría propia.,

**Figura 14**

*Pruebas de Escritorio.*



*Nota.* En la figura 9 se muestra la prueba de escritorio donde se realiza una serie de capturas de datos por medio del prototipado construido con la placa Arduino UNO.

**Figura 15**

*Paneles Fotovoltaicos.*



*Nota.* En la figura se observan dos paneles fotovoltaicos, autoría propia.

Estos paneles fotovoltaicos son la fuente de poder para la maqueta, en este caso se usaron dos paneles monocristalinos de 5V expuestos directamente al sol Para el proceso de captura de tensión - voltaje se usó el siguiente código de programación sobre Arduino:

### Figura 16

#### *Código Para Capturar Datos de Voltaje*

```
#define FZ0430 // Insertar aqui el pin analógico al cual está conectado ACS712
void setup()
{
  Serial.begin(9600); // Inicia comunicación serial a 9600 bits por segundo.
}
void loop()
{
  int value = analogRead(FZ0430); // Lee el valor del pin analógico (valores entre 0 y 1023).
  // Se puede calibrar este valor de acuerdo a la alimentación y características del sensor.
  float voltage = value * (5.0 / 1023.0); // Convierte el valor leído a voltaje (valores entre 0 y 5V).
  Serial.print("Voltage: ");
  Serial.println(voltage);
  delay(1000); // Espera un segundo antes de la siguiente lectura.
}
```

*Nota.* Imagen capturada de la codificación en Arduino.

Para el proceso de captura de Corriente se usó el siguiente código de programación sobre

### Figura 17

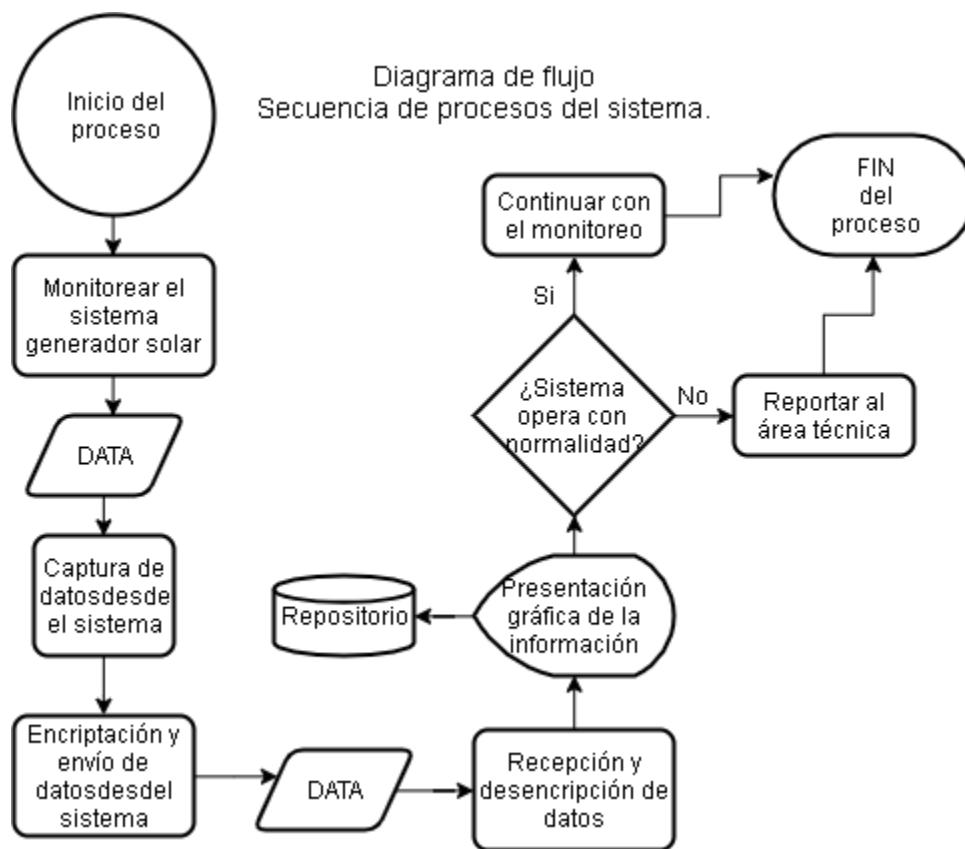
#### *Código Para Capturar Datos de Corriente*

```
#define ACS712 // conecta el pin de salida del sensor ACS712 a la entrada analógica A0 del Arduino
float adcValue = 0;
float vIout = 0;
float current = 0;
void setup() {
  // configurar el puerto serie a 9600 bps
  Serial.begin(9600);
}
void loop() {
  // leer el valor ADC
  adcValue = analogRead(ACS712);
  // convertir el valor ADC a voltaje
  vIout = (adcValue / 1024.0) * 5.0;
  // Calcular el valor de la corriente (en amperios)
  // Basado en la sensibilidad del sensor ACS712 20A que es 100 mV/A
  // El valor sin carga de Vout es 2.5V
  current = ((vIout - 2.5) / 0.1);
  // imprimir el valor de la corriente en el monitor serie
  Serial.print("Current: ");
  Serial.println(current, 2);
  delay(1000); // espera un segundo antes de tomar otra lectura
}
```

*Nota.* Imagen capturada de la codificación en Arduino.

**Figura 18**

*Diagrama de Flujo Funcionamiento del Sistema.*



*Nota.* En la Figura se observa el diagrama de flujo propuesto para el funcionamiento del sistema, autoría propia.

De acuerdo a la secuencia presentada en el anterior diagrama, el sistema funciona de la siguiente manera, el sistema de monitoreo, del cual es objeto este proyecto realiza la captura de voltaje, corriente, luminiscencia si/no, horas, esta será la Data obtenida del sistema, posterior esa data capturada es encriptada y enviada al centro de monitoreo donde es descricionada y presentada a un sistema de graficación de datos y a su vez es almacenada en un repositorio para que esté disponible en el tiempo, luego se evalúa el estado de funcionamiento del sistema generador fotovoltaico, en caso de que se encuentre operando con normalidad finalizaría el

proceso, de lo contrario, si se detecta alguna anomalía se realizará el reporte al área técnica para que proceda a realizar el mantenimiento que requiera el sistema.

### **Recomendaciones Y Dificultades En El Proceso**

En el proceso de transformación para la implementación de sistemas de energías renovables que permitan mitigar el consumo de recursos naturales no renovables para la generación de energía eléctrica, queda claro que la inclusión de sistemas fotovoltaicos permite alinearse con las políticas estatales e internacionales que se encuentran vigentes, que buscan reducir significativamente la huella de carbono y reducir la aceleración del cambio climático.

Para el caso de las unidades militares aéreas de difícil acceso, y particularmente para la región del vichada es significativamente importante contar con un monitoreo en tiempo real sobre un jardín solar que produzca energías por medio de paneles fotovoltaicos ya que esto permite tener un control efectivo sobre la producción de energía eléctrica por medio de este sistema.

Al proyectar la implementación de un sistema de monitoreo remoto se lograría visualizar en un centro de control De manera centralizada este y cuantos más sistemas se implementen a futuro, permitiendo que el personal experto visualice de primera mano cualquier anomalía que se pueda presentar sobre el correcto y normal funcionamiento del sistema pudiendo actuar de manera ágil teniendo la posibilidad de mitigar riesgos y en caso de que se materialicen efectuar un mantenimiento correctivo de manera oportuna.

Dentro de la proyección del diseño de una arquitectura de TI integrada para el monitoreo y gestión de sistemas de generación de energías limpias se hace necesario integrar un sistema eficiente de comunicaciones por medio del cual se pueda transmitir la información de manera oportuna y en tiempo real entre los jardines solares que se puedan implementar a futuro y el centro de monitoreo.

Para tal fin es necesario pensar en soluciones de radio terrestres para la conexión entre la arquitectura TI que realizará el monitoreo al sistema de generación fotovoltaica en caso de que éstos se encuentren distantes de la infraestructura de conectividad de la Unidad, en caso de que se encuentre contigo a edificaciones que cuenten con conectividad por medios guiados podría realizarse una conexión por medio de fibra óptica entre el último switch y el sistema de monitoreo.

Así mismo es necesario asignar recursos de red como direccionamiento IP, políticas de enrutamiento de tráfico de datos y anchos de banda para aplicar una correcta ingeniería de datos y transportar eficientemente la data necesaria para realizar el monitoreo desde el nivel central.

Este proyecto se basa en el diseño de una arquitectura de TI y proyectó la elaboración de una maqueta en la que se utilizan voltajes bajos de hasta 5V, que corresponden al segmento de la ingeniería electrónica y en caso de llegar a una fase de implementación, es necesario e imperativo tomar contacto con profesionales en el área de la Ingeniería eléctrica para realizar los ajustes en el equipamiento de censado de corrientes y voltajes altos.

Dentro de las dificultades que se tuvieron dentro del proceso están: en primera medida el tiempo disponible, siendo un miembro de las FFMM de Colombia se dificulta en momentos tener el tiempo y la concentración para dedicar al desarrollo de un proyecto de la magnitud de una Maestría. Los desplazamientos para realizar la recolección de datos para la construcción y avance del proyecto, así como la consecución de materiales y la conectividad limitada en algunas regiones del territorio Nacional, sin embargo, de la mano de Dios y la Virgen, con dedicación, empeño, y con el apoyo de la familia y amigos como decimos en mi equipo de trabajo “Todo es posible”.

### **Conclusiones,**

Como resultado de la ejecución de las tareas establecidas para este proyecto se está dando cumplimiento a los objetivos fijados desde el inicio de las actividades de investigación, por medio de las cuales es posible presentar las siguientes conclusiones;

Con una visita de campo es posible realizar la validación en sitio para el levantamiento de información necesaria para construir los análisis de cargas, así como los tiempos de luz solar en el periodo Enero – octubre de 2023.

Como producto tangible se obtiene una maqueta funcional con la que se proyecta a escala la arquitectura de TI para el monitoreo en tiempo real de un sistema generador eléctrico fotovoltaico, capturando datos de muestra por medio de la operación de esta, cumpliendo con el objetivo general del proyecto que consiste en: Diseñar una arquitectura de TI integrada para el monitoreo y gestión de sistemas de generación de energías limpias en el Grupo Aéreo del Oriente ubicado en el Vichada.

Durante el proceso de construcción de este trabajo se logra realizar la presentación del proyecto como ponencia en los eventos de apropiación social del conocimiento y divulgación pública de la ciencia que se relacionan a continuación:

VII Encuentro Zonal de Semilleros de Investigación y I Encuentro de Investigación, Innovación y Proyección Social “**Ciencia abierta para la equidad en el territorio.**”, pensado como un ejercicio académico de carácter interno y externo, llevado a ca los días 12 y 13 de mayo del año 2023. – Certificado de participación: véase anexo 2.

VIII Encuentro Zonal de Semilleros de Investigación y II Encuentro de Investigación, Innovación y Proyección Social “**Conectando saberes, cerrando brechas: Innovación y**

**transferencia para el desarrollo territorial”,** realizado el 12 y 13 de abril de 2024. Certificado de participación: véase anexo 3.

Experiencias enriquecedoras ya que posterior a la presentación de la ponencia los señores Jurados del evento retroalimentan constructivamente con temas relacionados con aspectos operativos y de aseguramiento de los datos, sugiriendo que debe protegerse la Data en el transporte al tratarse de información sensible acerca de sistemas críticos para la operación de Unidades para la seguridad y defensa de la Nación.

### Referencias Bibliográficas:

- AUDIVET, C., ROMERO, E., GARCÍA, J. O., FONSECA, A., PINZÓN, H., BULA, A., & SANJUAN, M. (2021). *EVALUATION OF PERFORMANCE AND EARLY DEGRADATION OF A 180.8 KWP ROOFTOP ON A GRID-CONNECTED PHOTOVOLTAIC SYSTEM IN A COLOMBIAN TROPICAL REGION ENVIRONMENT*. Obtenido de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0122-53832021000100011&lang=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-53832021000100011&lang=es)
- Cisco. (13 de 02 de 2023). *CISCO*. Obtenido de Configuración de direcciones IP y subredes únicas para nuevos usuarios: [https://www.cisco.com/c/es\\_mx/support/docs/ip/routing-information-protocol-rip/13788-3.html](https://www.cisco.com/c/es_mx/support/docs/ip/routing-information-protocol-rip/13788-3.html)
- COLPRENSA. (15 de ABRIL de 2024). *DIARIO EL UNIVERSAL*. Obtenido de <https://www.eluniversal.com.co/colombia/2024/04/15/fenomeno-de-el-nino-gobierno-ordena-a-termoelectricas-operar-a-maxima-capacidad/>
- CORREA-CORREA, E. A. (2021). *METODOLOGÍA PARA MEJORAR EL COMISIONAMIENTO DE PLANTAS NUEVAS INTEGRANDO LAS NORMAS ISO 55000:2014 Y ISO 14224:2016, CASO DE ESTUDIO: PLANTAS DE GENERACIÓN ELÉCTRICA SOLAR FOTOVOLTAICA Y EÓLICA*. Obtenido de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1909-04552021000200136&lang=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-04552021000200136&lang=es)
- Giovanni Andrés Vargas, S. A. (2019). Aprovechamiento de la energía solar para el Área Académica de la Escuela de Aviación Policial mediante un sistema fotovoltaico con conexión a red. *Revistas Logos y Ciencia y Tecnología*, 18.
- GUIA SIMPLUS. (25 de 09 de 2018). *SMART CITIES: El concepto de las ciudades inteligentes del futuro*. Obtenido de GUIA SIMPLUS: <https://www.youtube.com/watch?v=bf7fHeEJmLM>

HERNANDEZ CALLEJO, L., GALLARDO SAAVEDRA, S., DIEZ CERCADILLO, A., & ALONSO

GOMEZ, V. (s.f.). Obtenido de ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE OPTIMIZADORES DC EN LA PRODUCCIÓN FOTOVOLTAICA:

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0122-](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-)

[53832021000100109&lang=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-53832021000100109&lang=es)

IDROBO-PACHECO, H. L., MURILLO-ARANGO, W., LARA-GALVIS, J. D., & CHÁVEZ-RUIZ,

D. F. (2021). *PERFORMANCE OF A MIXED SOLAR PHOTOVOLTAIC SYSTEM*

*(POLYCRYSTALLINE AND AMORPHOUS) USED AS ENERGY SUPPLY IN A COFFEE*

*TECHNIFICATION CONTEXT*. Obtenido de

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1909-](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-)

[04552021000200026&lang=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-04552021000200026&lang=es)

IEEE. (s.f.). *IEEE*. Obtenido de Energy Efficiency Workstream:

<https://standards.ieee.org/practices/energy/energy-efficiency/>

MinTIC. (Noviembre de 2019). *Guia de arquitectura de soluciones*. Obtenido de

[https://www.mintic.gov.co/arquitecturati/630/articles-117954\\_recurso\\_pdf.pdf](https://www.mintic.gov.co/arquitecturati/630/articles-117954_recurso_pdf.pdf)

ORTEGA, C. (02 de 2023). *Tipos de fuentes de datos*. Obtenido de QUESTION PRO:

<https://www.questionpro.com/blog/es/fuentes-de-datos/>

Pastor, J. (23 de 09 de 2018). *Xataka*. Obtenido de Qué es blockchain: la explicación definitiva para la

tecnología más de moda: [https://www.xataka.com/especiales/que-es-blockchain-la-explicacion-](https://www.xataka.com/especiales/que-es-blockchain-la-explicacion-definitiva-para-la-tecnologia-mas-de-moda)

[definitiva-para-la-tecnologia-mas-de-moda](https://www.xataka.com/especiales/que-es-blockchain-la-explicacion-definitiva-para-la-tecnologia-mas-de-moda)

PÉREZ-DENICIA, E., FERNÁNDEZ-LUQUEÑO, F., & VILARIÑO-AYALA, D. (2021). *ANÁLISIS*

*DE VIABILIDAD PARA LA GENERACIÓN ELÉCTRICA A TRAVÉS DE FUENTES*

*RENOVABLES: HACIA LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA SUSTENTABLE*. Obtenido de

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0122-53832021000100109&lang=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-53832021000100109&lang=es)

RAMÍREZ-MURILLO, H., TORRES-PINZÓN, C. A., & FORERO-GARCÍA, E. F. (2021).

*ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL FOTOVOLTAICO MEDIANTE MINERÍA DE DATOS EN CUATRO CIUDADES DE COLOMBIA*. Obtenido de

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-77992019000300065&lang=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-77992019000300065&lang=es)

Restrepo-Alvarez, A. F., Muñoz-Arias, C., Villamil-Villar, B. I., & Bolívar-Chaves, O. F. (2021).

*DEVELOPMENT OF A PORTABLE LIGHTING SYSTEM POWERED BY PHOTOVOLTAIC SOLAR ENERGY: CHUCHEROS-BUENAVENTURA COMMUNITY APPLICATION CASE*.

Obtenido de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-30332021000200209&lang=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-30332021000200209&lang=es)

SALAS REYES, Y., GÓMEZ BLANCO, H., VANEGAS CHAMORRO, M., VALENCIA OCHOA,

G., & VILICAÑA ORTÍZ, E. (2018). *DISEÑO TÉCNICO Y ECONÓMICO DE UN BANCO DE PRUEBA SOLAR FOTOVOLTAICO PARA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE FORMA AISLADA*. Obtenido de

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1692-82612018000200082&lang=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-82612018000200082&lang=es)

Vega, G. E. (2016). *Arquitectura Propuesta para un Servicio Web*. Obtenido de

<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/2809/DuarteVegaGabrielEduardo2016.pdf;jsessionid=24BB1DE8CB90525330024ECFF2B862A3?sequence=1>