

**Mejoras del sistema eléctrico de la Institución Educativa Francisco José de Caldas  
del Municipio de Momil Córdoba mediante el análisis de retos y oportunidades  
energéticas con fuentes alternativas**

Fernando Rafael Almentero Suárez

Trabajo de Grado para Optar el título de Ingeniero Electricista

Director

Manuel José Ortiz Rangel

Magíster en Ingeniería Eléctrica

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas

Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones

Bucaramanga

2023

### **Dedicatoria**

*A Dios, por su eterno amor, bendición y fortaleza.*

*A mi mamá, Rosario Suarez, mi tía Margarita Suarez y a mis abuelos, Josefa y José  
por su amor, comprensión y apoyo.*

*A todos aquellos que han contribuido de manera especial en cada paso de mi  
crecimiento personal y profesional.*

### Agradecimientos

Esta investigación fue realizada gracias a la colaboración, apoyo y entrega de algunas personas que se mantuvieron en cada paso y a quienes quiero expresar mis más sinceros agradecimientos:

A mi director *Manuel Ortiz Rangel*, por su apoyo y dedicación, sus consejos, y orientaciones durante esta etapa de mi formación.

A mis amigos, *Harold Oviedo* y *Miguel Berrio*, por su colaboración durante todo este tiempo, su apoyo y orientación en cada paso del camino.

A los docentes y administrativos de la UIS, por compartir sus grandes conocimientos y acompañar en cada una de las dificultades de mi carrera profesional.

A todas las personas que me brindaron ayuda durante mi formación como profesional.

*¡Gracias!*

## Tabla de contenido

	<b>Pag</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>13</b>
<b>1. Objetivos .....</b>	<b>16</b>
1.1. Objetivo General.....	16
1.2. Objetivos Específicos.....	16
<b>2. Estado del Arte .....</b>	<b>17</b>
<b>3. Características Climáticas Apropriadas para la Generación de Energías Alternativas....</b>	<b>19</b>
3.1. Requerimientos para la Generación de Biocombustibles.....	19
3.2. Características climáticas requeridas para la obtención de energía eólica. ....	21
3.3. Características climáticas requeridas para la obtención de energía solar .....	23
<b>4. Estrategias para la optimización del uso de energía eléctrica .....</b>	<b>27</b>
4.1. Antecedentes de estrategias de optimización del uso de energías .....	27
4.2. Estrategias de optimización del uso de energías en la I.E. Francisco José de Caldas de Momil Córdoba.....	29
4.2.1. Diagnóstico del estado actual de las instalaciones de la I.E Francisco José de Caldas de Momil Córdoba.....	29
4.2.2. Estrategias para el uso optimizado de energía en la I.E Francisco José de Caldas de Momil Córdoba.....	36
4.2.3. Análisis de las estrategias para el uso optimizado de energía en la I.E Francisco José de Caldas de Momil Córdoba. ....	38

<b>5. Mejoras del sistema eléctrico de la Institución Educativa Francisco José de Caldas del municipio de Momil Córdoba mediante el análisis de retos y oportunidades energéticas con fuentes alternativas.</b> .....	<b>55</b>
5.1. Características climáticas de la zona de estudio. ....	55
5.2. Características agrícolas productivas de la zona de estudio. ....	64
5.3. Estrategias para la generación de energía eléctrica en la I.E. Francisco José de Caldas de Momil Córdoba con fuentes alternativas. ....	65
5.4. Sistema de generación de energía local para la I.E. Francisco José de Caldas de Momil Córdoba.....	71
5.5. Diseño de un sistema de generación local de energía eléctrica mediante una fuente alternativa para el autoconsumo y la generación de excedentes de la I.E. Francisco José de Caldas de Momil Córdoba.....	72
<b>6. Conclusiones</b> .....	<b>87</b>
<b>Referencias Bibliográficas</b> .....	<b>89</b>
<b>Apéndices</b> .....	<b>93</b>

### Lista de Figuras

	<b>Pag</b>
<b>Figura 1.</b> Temperatura promedio mensual entre los años 2019, 2020 y 2021 en el municipio de Momil Córdoba. ....	57
<b>Figura 2.</b> Temperatura promedio mensual en el municipio de Momil Córdoba.....	58
<b>Figura 3.</b> Irradiación solar promedio mensual entre los años 2019, 2020 y 2021 en el municipio de Momil Córdoba. ....	59
<b>Figura 4.</b> Irradiación solar promedio mensual en el municipio de Momil Córdoba.....	60
<b>Figura 5.</b> Precipitación promedio mensual en el municipio de Momil Córdoba. ....	61
<b>Figura 6.</b> Velocidad del viento promedio mensual entre los años 2019, 2020 y 2021 en el municipio de Momil Córdoba. ....	61
<b>Figura 7.</b> Velocidad del viento promedio mensual el municipio de Momil Córdoba. ....	62
<b>Figura 8.</b> Dirección del viento mensual el municipio de Momil Córdoba. ....	63
<b>Figura 9.</b> Área que ocupa el IE Francisco José de Caldas de Momil, Córdoba.....	63
<b>Figura 10.</b> Distribución del uso del suelo en el municipio de Momil Córdoba.....	64
<b>Figura 11.</b> <i>Consumo de energía mensual en (kWh) de la I. E. Francisco José de Caldas de Momil Córdoba. ....</i>	<i>72</i>
<b>Figura 12.</b> <i>Curva de demanda horaria diaria de la IE Francisco José de Caldas de Momil Córdoba. ....</i>	<i>74</i>
<b>Figura 13.</b> <i>Comparativa diaria de curva de generación solar vs consumo.....</i>	<i>76</i>
<b>Figura 14.</b> <i>Curva de radiación difusa mensual en Momil Córdoba. ....</i>	<i>77</i>

**Figura 15.** Cálculo de la cantidad de paneles e inversores necesarios para el sistema solar fotovoltaico. .... 80

**Figura 16.** Curva de generación Vs. consumo de energía en la I.E. Francisco José de Caldas - Momil, Córdoba..... 84

## Lista de Tablas

	<b>Pag</b>
<b>Tabla 1.</b> Características técnicas para el cultivo de materias primas del Bioetanol.....	20
<b>Tabla 2.</b> Características técnicas para el cultivo de materias primas del Biodiesel. ....	21
<b>Tabla 3.</b> Requisitos técnicos para considerar una zona para el emplazamiento de proyectos eólicos. ....	23
<b>Tabla 4.</b> Criterios para seleccionar una zona como apta para la generación de energía solar. ...	25
<b>Tabla 5.</b> Diagnóstico del estado de las instalaciones de la I.E. Francisco José de Caldas de Momil Córdoba.....	31
<b>Tabla 6.</b> Consumo de energía mensual en (kWh) de la I. E. Francisco José de Caldas de Momil Córdoba.....	36
<b>Tabla 7.</b> Medidas para el uso optimizado de energía en la I.E Francisco José de Caldas de Momil Córdoba.....	37
<b>Tabla 8.</b> Comparativa de tecnologías de iluminación utilizadas en la Institución.....	39
<b>Tabla 9.</b> Nivel de reflectancia algunos colores de pinturas adecuados para espacios escolares, según NTC-4595.....	41
<b>Tabla 10.</b> Nivel de reflectancia algunos colores de pinturas adecuados para espacios escolares, según NTC-4595.....	43
<b>Tabla 11.</b> Código de colores para el cableado eléctrico según la NTC-2050. ....	51
<b>Tabla 12.</b> Formas y colores según el tipo de señalización de seguridad ante riesgo eléctrico (RETIE, Art, 3). ....	52
<b>Tabla 13.</b> Características climáticas y condiciones del terreno de la zona de influencia del estudio. ....	56

<b>Tabla 14.</b> Análisis DOFA de las condiciones climáticas de la zona de estudio. ....	66
<b>Tabla 15.</b> Ficha técnica de una estrategia de producción de energía eólica en Momil Córdoba. 67	
<b>Tabla 16.</b> Ficha técnica de una estrategia de producción de energía solar en Momil Córdoba.. 68	
<b>Tabla 17.</b> Comparación de las alternativas de solución más viables en Momil Córdoba.....	70
<b>Tabla 18.</b> Demanda horaria diaria de la IE Francisco José de Caldas de Momil Córdoba.....	73
<b>Tabla 19.</b> Generación horaria del sistema solar. ....	79
<b>Tabla 20.</b> Cálculo de la cantidad de paneles e inversores necesarios para el sistema solar fotovoltaico. ....	79
<b>Tabla 21.</b> Cumplimiento de la demanda mensual y generación mensual esperada. ....	83
<b>Tabla 22.</b> Análisis de ahorro de energía en el año 1 del proyecto fotovoltaico propuesto. ....	86

**Lista de Apéndices**

<b>Apéndice 1.</b> Demanda diaria de energía de la IE Francisco José de Caldas, según área o recinto del plantel.....	93
<b>Apéndice 2.</b> Plano del diseño del sistema de generación de energía eléctrica mediante paneles solares. También puede verse en un documento adjunto.....	95
<b>Apéndice 3.</b> Plano de ubicación del sistema fotovoltaico integrado a red con inversores centrales. ....	96
<b>Apéndice 4.</b> Constancia de visita de campo a la IE Francisco José de Caldas de Momil, Córdoba. ....	97
<b>Apéndice 5.</b> Ficha técnica de diagnóstico del área de aulas de clase de la IE Francisco José de Caldas de Momil, Córdoba. ....	98
<b>Apéndice 6.</b> Ficha técnica de diagnóstico del área administrativa de la IE Francisco José de Caldas de Momil, Córdoba. ....	100
<b>Apéndice 7.</b> Ficha técnica de diagnóstico del área de cafetería y comedor estudiantil de la IE Francisco José de Caldas de Momil, Córdoba. ....	102
<b>Apéndice 8.</b> Ficha técnica de diagnóstico del área de aulas de informática y laboratorios de la IE Francisco José de Caldas de Momil, Córdoba. ....	104
<b>Apéndice 9.</b> Ficha técnica de diagnóstico del área deportiva y auditorios de eventos de la IE Francisco José de Caldas de Momil, Córdoba. ....	106
<b>Apéndice 10.</b> Ficha técnica de diagnóstico del área de servicios de la IE Francisco José de Caldas de Momil, Córdoba. ....	108
<b>Apéndice 11.</b> Inventario de dispositivos y/o artefactos por área o recinto de la I.E. ....	110
<b>Apéndice 12.</b> Ficha técnica de los paneles solares fotovoltaicos. ....	111
<b>Apéndice 13.</b> Escala de brillo solar en Colombia. ....	113

### Resumen

**Título:** Mejoras del sistema eléctrico de la Institución Educativa Francisco José de Caldas del municipio de Momil Córdoba mediante el análisis de retos y oportunidades energéticas con fuentes alternativas \*

**Autor:** Fernando Rafael Almentero Suárez\*\*

**Palabras Clave:** Energías renovables, energía eléctrica, energía solar, eficiencia energética.

Este trabajo tuvo como objetivo mejorar el sistema eléctrico en la Institución Educativa Francisco José de Caldas del municipio de Momil Córdoba mediante el análisis de retos y oportunidades energéticas con fuentes alternativas. Para ello, se estableció los principales factores o características climáticas de la zona, siendo este un elemento importante para la elección de estrategias a implementar. Seguidamente, se estableció de acuerdo a las características de la zona, las mejores estrategias para su posible ejecución mediante el análisis de sus Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas, siendo posible dos en particular: un sistema de energía solar y sistema de generación de energía eólica. No obstante, se eligió como la mejor alternativa el diseño de un sistema fotovoltaico con paneles solares, debido a su pertinencia económica, ambiental y estratégica. Por último, considerando las necesidades de la demanda energética de la institución educativa (6.640 kWh/mes), se diseñó un sistema solar fotovoltaico que consta de 76 paneles solares, que producirán alrededor de 5.016 kWh/mes, cubriendo el consumo diario de potencia y el 75,5% de la energía consumida mensualmente.

---

\*Trabajo de grado.

\*\*Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones - E3T. Director: Manuel José Ortiz Rangel Magíster en Ingeniería Eléctrica

### Abstract

**Title:** Improvements to the electrical system of the Francisco José de Caldas Educational Institution in the municipality of Momil Córdoba through the analysis of energy challenges and opportunities with alternative sources\*.

**Author:** Fernando Rafael Almentero Suárez\*\*

**Keywords:** Renewable energy, electrical energy, solar energy, energy efficiency.

The objective of this work was to improve the electrical system in the Francisco José de Caldas Educational Institution in the municipality of Momil Córdoba through the analysis of energy challenges and opportunities with alternative sources. For this, the main factors or climatic characteristics of the area were established, this being an important element for the choice of strategies to be implemented. Next, according to the characteristics of the area, the best strategies for its possible execution were established through the analysis of its Weaknesses, Opportunities, Strengths and Threats, two being possible in particular: a solar energy system and a power generation system. wind. However, the design of a photovoltaic system with solar panels was chosen as the best alternative, due to its economic, environmental and strategic relevance. Finally, considering the energy demand needs of the educational institution (6.640 kWh/month), a solar photovoltaic system was designed consisting of 76 solar panels, which will produce about 5.016 kWh/month, covering daily power consumption and 75,5% of the energy consumed monthly.

---

\*Degree work

\*\*Faculty of Physical and Mechanical Engineering. School of Electrical, Electronic and Telecommunication Engineering -E3T. Director: Manuel José Ortiz Rangel Master in Electrical Engineering.

## Introducción

A medida que la población incrementa, también la demanda mundial de energía continuará aumentando, esto con un mayor equipamiento para una vida en condiciones más confortables, puesto que, el mundo necesita energía para su desarrollo al igual que un ser vivo para su crecimiento (Sánchez, 2020). La demanda está íntimamente ligada a la prosperidad de las personas y la competitividad de las economías, es decir, todas las sociedades requieren de servicios energéticos para cubrir las necesidades humanas básicas y para llevar a cabo los procesos productivos (Hidalgo, 2019; Valdés-González *et al.*, 2020; Sánchez, 2020).

La demanda en términos de consumo de energía eléctrica, de acuerdo con la Agencia Internacional de Energía (IEA, por sus siglas en inglés 2020) fue en promedio per cápita en la población mundial de 3,3 MWh en el año 2019, para un total aproximado de 25027,3 TWh. En Colombia, el consumo per cápita de energía eléctrica es de aproximadamente 1159 kWh por año, lo cual significa un crecimiento de 3,67% entre 2017 y 2019 (Unidad de Planeación Minero Energética, 2021).

Con relación a la procedencia de la energía, Valdés-González, Rodríguez-Ponce, Miranda-Visa y Lillo-Sotomayor (2020), refieren que desde el año 1850 hasta la actualidad, la utilización de combustibles de origen fósil (carbón, petróleo y gas) en todo el mundo se ha incrementado hasta convertirse en el suministro de energía predominante, provocando un acelerado aumento de las emisiones del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), contaminación y alteración de los recursos y sistemas hídricos e hidrobiológicos de muchas poblaciones por el derramamiento de crudo.

En consideración a lo anterior, se han venido realizando esfuerzos hacia la búsqueda de fuentes de energía limpia y sostenible, que satisfagan las necesidades energéticas actuales y las

futuras minimizando la huella de carbono (Aristizabal, 2018). En este contexto, investigar sobre el desarrollo de tecnologías que aprovechen las energías renovables, se han convertido en una prioridad, dentro de las que se destacan la energía eólica, energía solar, biocombustibles y la hidrocínética (Pantoja et al., 2015; Hidalgo, 2019).

No obstante, a pesar de lo llamativo que resulta el empleo de este tipo de estrategias generadoras de energía, sus principales barreras se basan en los altos costos que requieren su implementación y el hecho de que no todas las regiones o zonas son aptas para ciertas energías renovables, ya que no cuentan con las condiciones climáticas, de radiación solar, de velocidad de vientos, ríos o mares, que aprovechen y satisfagan las condiciones mínima de operación de las tecnologías empleadas en biocombustibles, energía solar, hidrocínicas y eólicas, respectivamente (Pantoja *et al.*, 2015; Aristizabal, 2018; Hidalgo, 2019). Por este motivo, es necesario determinar las condiciones y características geográficas, ambientales, climáticas, sociopolíticas y económicas de cada región, que permitan identificar oportunidades para el desarrollo y la implementación de energías limpias, amigables con el medio ambiente.

En este sentido, el departamento de Córdoba en Colombia, situado en el norte del país, en la región de la llanura del Caribe, cuyas condiciones climáticas son ideales para el fomento del sector agropecuario, dentro de los que se destacan, abundantes precipitaciones, vientos permanentes, irradiación solar regular, zonas costeras con una buena composición hidrológica por la abundancia de ríos, represas y el mar caribe (ESGEO, 2011; Weather Spark, 2016; meteoblue, 2021). Específicamente, el municipio de Momil Córdoba, pertenece a la subregión de la Ciénaga Grande del Bajo Sinú, su temperatura media es de 28°C y sus condiciones climáticas y meteorológicas están íntimamente relacionadas con las del entorno del departamento. Momil,

tiene una gran riqueza hídrica, destacando la extensa Ciénega de Momil, que conforma, junto a otras ciénagas de la región, la llamada Ciénega Grande del Bajo Sinú (ESGEO, 2011).

En el municipio de Momil, se encuentra la Institución Educativa Francisco José de Caldas, cuya población actual es de 2260 estudiantes. Las instalaciones de la institución, al igual que otros sectores del municipio sufren deficiencias en las instalaciones y redes eléctricas, lo que genera a su vez limitaciones en el suministro de energía en la zona. Por lo tanto, es pertinente que sean aprovechados los recursos con los que cuenta la región, para la producción autónoma de energía y su alternación con la domiciliaria establecida por las empresas públicas del país.

La creación de un sistema alternativo de energía, está sujeto a la disponibilidad de recursos, tanto económicos, ambientales y sociales de la institución y de la gobernación local, por este motivo, antes de su aplicación o implementación se debe realizar un análisis de retos y oportunidades que garanticen su viabilidad económica, ambiental, social y de sostenibilidad, de manera tal que posteriormente puedan ser aplicadas dichas estrategias.

Por este motivo, la presente investigación está enfocada en mejorar el sistema eléctrico en la Institución Educativa Francisco José de Caldas del municipio de Momil Córdoba mediante el análisis de retos y oportunidades energéticas con fuentes alternativas, en busca de generar información que pueda ser empleada para la generación de energía sustentable.

## **1. Objetivos**

### **1.1. Objetivo General**

Mejorar el sistema eléctrico en la Institución Educativa Francisco José de Caldas del municipio de Momil Córdoba mediante el análisis de retos y oportunidades energéticas con fuentes alternativas.

### **1.2. Objetivos Específicos**

Determinar y analizar las características climáticas apropiadas para la generación de energías alternativas en la I.E. Francisco José de Caldas del municipio de Momil Córdoba.

Identificar y proponer estrategias para la optimización del uso de energía eléctrica en la I.E. Francisco José de Caldas del municipio de Momil Córdoba.

Diseñar un sistema de generación local de energía eléctrica mediante una fuente alternativa para el autoconsumo y la generación de excedentes de la I.E. Francisco José de Caldas de Momil Córdoba.

## 2. Estado del Arte

El análisis sobre los retos y oportunidades en la generación de energías con fuentes alternativas, se ha realizado previamente. En un estudio publicado por Giraldo *et al.* (2018) titulado Las energías alternativas ¿una oportunidad para Colombia? se evidencia la tendencia irreversible del uso de energías renovables en busca de alternativas que sustituyan aquellas generadas por los compuestos fósiles, debido a las negativas ambientales y la rápida escases que se viene presentando. Afirman los autores, que Colombia cuenta con una riqueza de recursos que favorecen diversificar la matriz de energía para garantizar la estabilidad del suministro energético.

El panorama de estas fuentes alternativas de energía, presentan oportunidades interesantes, relacionadas con la inversión en el presupuesto nacional que dará lugar a posicionarse dentro de los países de América Latina en el uso de este tipo de recursos. Por lo que se puede propiciar la inversión extranjera, la reducción de restricciones en los recursos energéticos, la seguridad nacional, el desarrollo tecnológico, el impacto en la economía local y de los hogares, la generación de empleo, entre otros. No obstante, también se señalan algunos retos centrados precisamente en el nivel de inversión que el gobierno nacional debe asumir, la concienciación de las comunidades sobre los beneficios y la cultura de las energías limpias, entre otras.

En otro trabajo realizado por Pantoja *et al.* (2015), titulado Hacia el Análisis de Oportunidades Energéticas con Fuentes Alternativas en el Departamento de Nariño, los autores exponen una caracterización de los recursos a nivel local y la investigación en sistemas completos de suministro de energía en zonas no interconectadas para incentivar el desarrollo económico y social de estas regiones rurales del departamento. En el texto, se observa la

ejecución de un proyecto encaminado en la implementación de energías alternativas, donde se analiza los requerimientos, las oportunidades y los retos que los sistemas ofrecen y como enfrentar de una manera solida las dificultades.

Sobre los retos y oportunidades de energía en América Latina y el Caribe, el Banco de Desarrollo de América Latina (CAF) y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2013) presentaron el informe energético sectorial donde destaca que se debe gestionar una matriz energética diversificada que dé soporte al desarrollo económico sustentable de la región, sin descartar ninguna de las fuentes. Se debe desarrollar el enorme potencial de recursos hidráulicos no aprovechados (en particular a aquellos de gran porte), para lo cual será necesario reforzar la adopción de protocolos de buenas prácticas de gestión ambiental y comunicación con los distintos grupos de interés. Se menciona que, a pesar de progresos tecnológicos y regulatorios recientes, la incorporación a la red de centrales eléctricas en base a renovables intermitentes (eólica, solar), presenta aún desafíos regulatorios y técnicos. Además, se indican que diversos fenómenos exceden el área energética para abarcar también al sector automotriz y agroindustrial.

### **3. Características Climáticas Apropriadas para la Generación de Energías Alternativas.**

La generación de energías alternativas o energías limpias, está determinada en gran medida por las condiciones y características geoclimáticas de la zona donde se desea implementar. Es decir, existen zonas aptas para ciertas energías renovables, ya que cuentan con determinadas condiciones climáticas, como la radiación solar, velocidad de vientos, ríos o mares, que aprovechen y satisfagan las condiciones mínimas de operación de las tecnologías empleadas en biocombustibles, energía solar, hidrocinéticas y eólicas, respectivamente (Pantoja *et al.*, 2015; Aristizabal, 2018; Hidalgo, 2019). A continuación, se describen algunas de las características climáticas mínimas requeridas en una zona para generar energía alternativa.

#### **3.1. Requerimientos para la Generación de Biocombustibles.**

En esencia, los biocombustibles son combustibles derivados de los procesos fermentativos o degradables de biomásas, es decir, de cualquier tipo materia orgánica cuyo origen haya sido vegetal o animal o productos de sus desechos (estiércol) (Salinas y Gasca, 2009; Ramos *et al.*, 2016). Si bien en la generación o el proceso de obtención de biocombustibles no se requiere de factores climáticos, la materia prima para producirlo sí. En el mundo, se han identificado varias fuentes de materias primas para la elaboración de combustibles líquidos, principalmente proveniente de cultivos agrícolas, cultivos forestales y residuos de cultivos, tanto agrícolas como forestales, al igual que de otras fuentes no agrícolas (Astete-Miller *et al.*, 2007).

Los principales biocombustibles son el bioetanol (a partir de la caña de azúcar, maíz, remolacha, trigo, yuca, sorgo, entre otros) y el biodiesel (palma de aceite, soja, girasol, ricino, algodón, colza, etc.), y de acuerdo a la recopilación realizada por Astete-Miller *et al.* (2007) las condiciones para su obtención se presentan en la Tabla 1 y Tabla 2. Se puede observar que, para

ambos biocombustibles, las principales características de la zona de interés son la temperatura de los cultivos y la zona climática, además de algunas consideraciones para los cultivos, como la acidez del suelo y los nutrientes requeridos, así como otros aspectos técnicos relacionados con la producción y reposición de los nutrientes del suelo posterior a los cultivos.

**Tabla 1.**

*Características técnicas para el cultivo de materias primas del Bioetanol.*

<b>Cultivo</b>	<b>Caña de azúcar</b>	<b>Maíz</b>	<b>Remolacha azucarera</b>	<b>Trigo</b>	<b>Yuca</b>	<b>Sorgo</b>
Temp. (°C)	25 – 26	25 – 30	20 – 25	10 – 24	>30	27 - 28
Z. climática	37°N – 31°S	58°N – 40°S	Templado	Templado y subtropical	30°N – 30°S	Trópico con lluvias de verano
pH del suelo	6 – 7.8	5.5 – 7.5	7 – 8.5	5.5 – 7.2	6 – 6.5	5 – 8.5
<b>Nutrientes</b>						
N	1.2	24	4.5	30	3	50
P	0.3	4	0.9	8	1	9
K	2.5	23	4 - 7	28	7	45
Ca	0.6	3	1.5	3	2	
Mg	0.4	3		3	1	

Fuente: Tomado de Astete-Miller *et al.* (2007).

En Colombia, el alcohol carburante que genera el bioetanol, proviene exclusivamente del procesamiento de la caña de azúcar del Valle Geográfico del Río Cauca. Por sus condiciones agro-climáticas ideales, esta región permite cosecha y molienda de caña de azúcar durante todo el año, con una producción de alcohol entre 100.000 l/día en el Valle del Cauca a 900.000 l/día en la Costa Atlántica. Además, en la búsqueda de la diversificación en la producción de bioetanol, otro tipo de cultivos han sido explorados con buenos rendimientos, como la Yuca con

una producción promedio de 20.000 l/día en el Meta y de Remolacha con 300.000 l/día en Boyacá (Fonseca *et al.*, 2009).

**Tabla 2.**

*Características técnicas para el cultivo de materias primas del Biodiesel.*

Cultivo	Palma aceitera	Soja	Girasol	Algodón	Colza	Jatropha
Temp. (°C)	24 – 28	24 – 25	20 – 30	27	20 – 24	20 – 28
Z. climática	Trópico (10°N- 10°S)	Subtrópico húmedo	Trópico - subtrópico	Región semiárida con lluvias de verano	Zonas templadas	Trópico – subtrópico
pH del suelo	5.5 – 7.0	6.1 – 7.2	6 – 7.2	6 – 8	5.8 – 7.1	5 – 7.0
<b>Nutrientes (Kg/ton)</b>						
N	6	80	40	60	50	
P	1	8	5	25	20	
K	8	33	28	45	70	
Ca		16	18	4		
Mg		9	11		15	

Fuente: Tomado de Astete-Miller *et al.* (2007).

### 3.2. Características climáticas requeridas para la obtención de energía eólica.

Los avances tecnológicos significativos en cuanto a la transición a la energía eólica, han repercutido en la mejora de los factores de capacidad, aumento de la potencia media y disminución de costos por MW instalado y generado. Sumado a esto, los avances en el monitoreo de los vientos, la utilización de sensores y otras mejoras tecnológicas han permitido superar barreras de operación de redes sincronizadas (CEPAL, 2013).

En tal contexto, según la Bourakadi *et al.* (2022) los proyectos relacionados con la producción de energía a partir de los vientos, se deben ejecutar de acuerdo a las predicciones climáticas

estacionales. Esto se debe a que la energía eólica se caracteriza por la intermitencia y la variación de la velocidad del viento no solo entre días sino también en el mismo día. Por lo tanto, es indispensable integrar la predicción de la producción de energía eólica.

Básicamente, Kaldellis, (2022) recomienda dividir dicho proyecto en cuatro etapas de estudio, a saber: 1) Prospección: donde se realiza la selección del emplazamiento; 2) Pre- construcción: donde se ven involucrados los inversionistas consultores tipo fabricantes de aerogenerados, desarrolladores y constructores de parques eólicos; 3) Pos- construcción: en dicha fase se involucran productores y proveedores de energía, y operadores de parques eólicos, cuyas funciones son la generación de energía y el funcionamiento, mantenimiento y reparación; por ultimo 4) Fin de su vida útil: donde se da el desmantelamiento de los parques eólicos.

Durante la primera etapa, prospección, se realizan proyecciones climáticas de la zona de influencia. Posteriormente, durante la pre y pos construcción, se realizan predicciones del clima que condicionará el proyecto, sin embargo, en la etapa de la pos construcción, también se realizan predicciones meteorológicas. Todo este proceso, es requerido para establecer la viabilidad de los proyectos de parques eólicos (Srinivas et al., 2022).

Así mismo, de acuerdo con Li *et al.* (2021) en el proceso de desarrollo inicial de un proyecto de energía eólica se incluyen muchos vínculos, desde la selección del sitio macro del proyecto, la observación de campo de los recursos de energía eólica mediante una torre de medición de viento, la planificación de parques eólicos, el estudio de viabilidad del proyecto, la licitación, hasta la selección de unidades de turbinas eólicas, interiores y exteriores, selección de microsítio al aire libre de parque eólico, etc. Adicionalmente, la precisión del análisis del recurso eólico del proyecto determinará el éxito del desarrollo del proyecto. Por lo tanto, la medición y evaluación

de los recursos de energía eólica es uno de los trabajos más importantes en la etapa inicial de desarrollo de un proyecto de energía eólica (Kiunke *et al.*, 2022).

Ahora bien, relacionado con los requerimientos necesarios para considerar una zona como apta para el emplazamiento de dichos proyectos, en la Tabla 3 se muestran algunas consideraciones.

**Tabla 3.**

*Requisitos técnicos para considerar una zona para el emplazamiento de proyectos eólicos.*

<b>Requisito</b>	<b>Descripción</b>
Impacto ambiental en la zona	Espacio amplio, sin árboles y que no sea lugar de paso de aves. Zonas donde la alteración del paisaje sea irrelevante.
Potencial energético de la zona	Que exista una comunidad cerca de la zona del proyecto, a la cual se le ofrezca dicho servicio.
Comportamiento del viento	Estudios previos (1 año antes) a la instalación, para conocer la dirección, temperatura y capacidad de generación máxima.
Velocidad del viento	La velocidad mínima recomendada de los vientos para considerar una zona de interés, será $> 3,5$ m/s, puesto que partir de esta se obtiene un potencial eléctrico significativo.

*Nota:* Elaboración propia a partir de información del Departamento de Energía, EE. UU

(2007), Eraso-Checa *et al.* (2017) y Srinivas *et al.* (2022).

### **3.3. Características climáticas requeridas para la obtención de energía solar**

La energía solar brinda a las regiones la oportunidad de impulsar sus economías y minimizar su huella de carbono global y las emisiones de efecto invernadero (Mutombo y Numbi, 2019).

Explotar el potencial de generación de energía solar, por otro lado, es hoy más una necesidad que

una oportunidad, ya que el mundo enfrenta cada vez más numerosos desafíos eléctricos (Abdelrazik *et al.*, 2022).

Como una de las formas más abundantes de energía renovable en la tierra, la energía solar es gratuita y no ejerce efectos contaminantes perjudiciales en el medio ambiente. Existen tres tecnologías principales para el aprovechamiento de la energía solar: la energía solar fotovoltaica, la energía solar concentrada, y la energía térmica solar (energía termosolar). La tecnología de punta en esta área más implementada, son los paneles fotovoltaicos, y se han utilizado desde mediados del siglo XX para capitalizar el abundante recurso de la energía solar. Por lo tanto, se afirma que la energía solar puede satisfacer perfectamente la demanda mundial de energía si se instalan células solares con una eficiencia del 10 % en un 0,16 % de la superficie terrestre. Es decir, se puede aprovechar una potencia total de 20 TW, que es casi el doble de la tasa actual de consumo de combustibles fósiles (Ramful & Sowaruth, 2022).

Sin embargo, antes de realizar el emplazamiento de un proyecto de generación de energía solar, se deben considerar aspectos climáticos relevantes, que definirán si una zona es apta o no. Recientemente en Colombia, Hernández y Valbuena (2021) realizaron un estudio donde determinaron las zonas aptas para el uso de paneles solares, a través de análisis espaciales en el Alto Valle del Magdalena. Dentro de su análisis, señalan las consideraciones a tener en cuenta para la instalación de dichos sistemas (Tabla 4).

**Tabla 4.***Criterios para seleccionar una zona como apta para la generación de energía solar.*

<b>Criterio</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Ponderación</b>
Irradiación	4.0 – 4.5 KWh/m2/día	1
	4.5 – 5.0 KWh/m2/día	2
	5.0 – 5.5 KWh/m2/día	3
	5.5 – 6.0 KWh/m2/día	4
Precipitación	Lluvia muy fuerte y granizo (200mm – 300mm)	2
	Lluvia fuerte (100mm – 200mm)	3
	Lluvia moderada (0 mm – 100 mm)	4
Temperatura	Alta (36°C – 42°C)	4
	Media (24°C – 30°C)	2
	Baja (13°C – 19°C)	1
Pendiente	Plano	4
	Ligeramente inclinada	3
	Moderadamente inclinada	2
	Fuertemente inclinada	1
	Fuertemente quebrada	1
	Moderadamente escarpada	1
Cobertura	Fuertemente escarpada	1
	Cultivos	1
	Pastizales	4
	Lagos, lagunas y ciénagas	1
	Tierras desnudas o degradadas	4
	Bosques densos	1
	Arbustos y matorrales	1
	Áreas sin o con poca vegetación	4
Ríos	1	
Índices de vegetación normalizada	Zonas sin vegetación	4
	Suelos con poca vegetación	3
	Vegetación sana	1
	Vegetación densa	1

**Tabla 4.***Continuación.*

	Plano	4
	Norte	4
	Noreste	3
Aspecto del Terreno	Este	3
	Sureste	1
	Sur	1
	Suroeste	1
	Oeste	2
	Noroeste	2

*Nota:* Adaptado de Hernández y Valbuena (2021). Conversiones: 1) No aceptable; 2)

Aceptable; 3) Muy aceptable; 4) Optimo.

#### 4. Estrategias para la optimización del uso de energía eléctrica

##### 4.1. Antecedentes de estrategias de optimización del uso de energías

De acuerdo con Hernández *et al.* (2017), apoyado con lo expuesto por otros autores como Davoudi *et al.* (2014) y Olsen (2015), los planes estratégicos enfocados en la optimización y uso eficiente de la energía eléctrica deben corresponder a dos líneas base, la promoción del cambio tecnológico y la promoción del cambio en el comportamiento del usuario del servicio (cultura del usuario).

En la primera, se propone líneas de acción encaminadas al establecimiento de un marco legal de regulación que impulse la adopción de medidas de ahorro y el uso eficiente de la energía, la utilización de incentivos económicos que favorezcan la elección por parte del usuario de tecnologías más eficientes y la promoción de tecnologías, a nivel de hardware y software, de alta eficiencia, certificadas y homologadas de acuerdo a prácticas de manufactura y desarrollo.

En cuanto a la promoción del cambio de cultura de usuario, los autores proponen la difusión de mejores prácticas del uso de la energía eléctrica, a través de campañas informativas enfocadas a los distintos grupos sociales; la utilización de incentivos económicos y no-económicos para fomentar la adopción de hábitos al uso eficiente de la energía eléctrica; la penalización económica y no-económica cuando el uso ineficiente de la energía es comprobado por segunda en adelante; y la aplicación de regímenes de tarifas no lineales con respecto al consumo (Hernández *et al.*, 2017).

Por otro lado, también se ha determinado en algunos países latinoamericanos, como es el caso de Ecuador, que el mayor consumidor de la energía del país (más del 20%) se genera por las empresas manufactureras, por lo que son las mayores emisoras de compuestos nocivos (Heres, 2015). Ante esta problemática, Barragán *et al.* (2020) proponen tomar medidas de ahorro

energético en fábricas o plantas de producción que suponen un factor muy importante para la competitividad de las empresas. Dentro de estas estrategias, donde incluso no hay necesidad de una inversión significativa, se destaca cambiar la potencia contratada en las fábricas y evitar picos elevados de tensión. Además, se pueden considerar otras alternativas sostenibles más eficientes, como es el uso de la energía solar térmica, que da la posibilidad de reducir las altas cantidades de consumo de combustibles fósiles para la generación de calor útil para sus procesos productivos.

Otras propuestas estratégicas están enfocadas en trabajar con la concienciación de las nuevas generaciones, por medio de herramientas pedagógicas. Al respecto, Niño-Vega *et al.* (2019) propuso el desarrollo de un Recurso Educativo Digital, para fomentar el uso racional de la energía eléctrica, en comunidades rurales. Dentro de las principales conclusiones, afirman que el plan desarrollado contó con las características técnicas y pedagógicas para el aprendizaje del uso racional de la energía eléctrica, brindando una alternativa didáctica para que los estudiantes exploren la temática bajo la orientación del docente. Esta estrategia, está muy asociada con lo planteado por Prias y Montaña (2014), que proponen una integración entre universidad-estado-empresa, donde las universidades son los centros generadores de conocimiento, por medio de la investigación y la transferencia de saberes y tecnologías a las nuevas generaciones, propiciando así la gestión energética en Colombia.

La perspectiva de que las universidades deben ser el foco central o instrumento para la creación de cultura ambiental, también fue referido por Quiva y Vera (2010), quienes mencionan que estas instituciones deben asumir la responsabilidad de estar comprometidas a través de la docencia, investigación y extensión con el objetivo de diseñar el futuro, tanto de sí mismas, como de la sociedad en la que se encuentran inmersas.

## **4.2. Estrategias de optimización del uso de energías en la I.E. Francisco José de Caldas de Momil Córdoba**

En el siguiente apartado, se diagnostica el estado actual de las instalaciones, infraestructura, cableado, tableros eléctricos, tipo de iluminación, entre otros aspectos de las diferentes áreas de la institución (Ver Apéndice del 5 al 10). Dicha información fue pertinente para proponer medidas en cuanto al uso racional de la energía eléctrica en el plantel educativo. Los análisis del diagnóstico, están basados en la Norma Técnica Colombiana NTC-4595 y 2050 (Código Eléctrico Colombiano) y el RETIE, en la que se dispone la Ingeniería Civil y Arquitectura, Planeamiento y Diseño de Ambientes Escolares, y establece los requisitos para el planeamiento y diseño físico-espacial de nuevas instalaciones escolares.

### **4.2.1. Diagnóstico del estado actual de las instalaciones de la I.E Francisco José de Caldas de Momil Córdoba.**

Inicialmente, se llevó a cabo una visita a la institución, para realizar una inspección visual y técnica del sistema eléctrico e infraestructura de las distintas áreas de la misma (Ver Apéndice 7). La institución, se diagnosticó en seis diferentes áreas para facilitar el análisis y dar un seguimiento más riguroso. Las seis áreas fueron: aulas de clase, administrativa, aulas de informática y laboratorios, cafetería y comedor, deportivas y auditorios de eventos y servicios generales que incluye los baños, las zonas húmedas, etc. El análisis realizado a cada área, se presenta en la Tabla 5 y en los Apéndices 5 al 10.

- **Iluminación artificial:**

En las instalaciones de la institución, predominan el uso de tres tecnologías de emisión de luz: luces LED, luz fluorescente y bombillos incandescentes (Ver Apéndice 6). Los bombillos incandescentes o de luz cálida son usados puesto que presenta beneficios económicos por ser de bajo costo. Sin embargo, presenta una baja eficiencia lumínico energética y su vida útil es corta en comparación a otras tecnologías de iluminación. En cuanto a las tecnologías de tipo LED, son

las mejores en eficiencia energética, alcanzando las mayores relaciones de lúmenes emitidos por vatio utilizado. Se debe tener en cuenta que esta es la tecnología más costosa del mercado, aunque también la de mayor vida útil. En la I.E. se encuentran en forma de luminarias antipolvo en la mayoría de los salones, además de haber algunos bombillos repartidos por diferentes áreas del complejo educativo. Una de las grandes ventajas de las luminarias antipolvo son el recubrimiento físico que tienen, el cual alargará la vida útil del equipo. Finalmente, se encuentran tubos y bombillos de luz halógena, sobre todo en el auditorio, las cuales son una solución intermedia entre los bombillos de luz cálida y las lámparas LED antipolvo, tanto en términos energéticos como económicos.

A continuación, se describen de mayor a menor eficiencia energética las tecnologías usadas dentro de la institución: Luminaria antipolvo 36W (2500 lm), Tubo LED de 18W (1600 lm), lampara LED 18 W (1350 lm) y bombillo de luz cálida de 7W (630 lm).

Adicionalmente a esto, también se observó que, en todas las áreas de la institución, hace falta un mayor número de lámparas o aumentar los lúmenes para cubrir la demanda de iluminación necesaria, puesto que se evidencia dificultad de los estudiantes para las actividades escolares rutinarias. Además, algunas de las iluminarias disponibles están quemadas, por lo que se dificulta cubrir la cantidad de iluminación suficiente.

Según la NTC -4595, la iluminación de ambientes escolares, principalmente en aulas de clase, debe estar cubierta por iluminación fluorescentes, lo cual se cumple en la mayoría de las aulas. Sin embargo, se deben replazar aquellas que no son de estas características.

**Tabla 5.***Diagnóstico del estado de las instalaciones de la I.E. Francisco José de Caldas de Momil**Córdoba.*

<b>Área del plantel</b>	<b>Diagnóstico</b>
<b>Aulas de clase</b> (Apéndice 5)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de lámparas en algunas aulas de clase y en otras se usan bombillas de baja eficiencia lumínico energética.</li> <li>• En algunas zonas y aulas, el cableado se encuentra en mal estado y a la intemperie.</li> <li>• En algunas aulas, se observan plafones de lámparas partidos y cableado expuesto.</li> <li>• Falta de mantenimiento en el tablero de potencia.</li> <li>• Falta de mantenimiento en los techos. Presentan humedad y goteras que pueden crear accidentes de tipo eléctrico.</li> <li>• El tablero no cuenta con un sistema puesta a tierra.</li> <li>• El cableado no cumple el código de colores establecidos por la normativa.</li> <li>• Falta de señalización eléctrica según normativa.</li> <li>• Las paredes de algunas aulas son de color oscuro, esto limita los niveles adecuados de reflectancia, que debe ser superior al 75% (NTC-4595).</li> <li>• Las ventanas de algunas aulas presentan ventanas por debajo del plano de trabajo, lo que limita el alumbramiento de los espacios.</li> </ul>
<b>Administrativa</b> (Apéndice 6)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El cableado no cumple el código de colores establecidos por la normativa.</li> <li>• Lámparas quemadas en algunas oficinas.</li> <li>• Falta de mantenimiento en interruptores termomagnéticos.</li> <li>• Falta de toma corrientes de acuerdo a la demanda de equipos.</li> <li>• Falta de señalización eléctrica según normativa.</li> <li>• Las ventanas de algunas áreas (biblioteca) están por debajo del plano de trabajo.</li> <li>• Los aires acondicionados dispuestos en el área son de alto consumo energético.</li> </ul>
<b>Cafetería y comedor</b> (Apéndice 7)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de lámparas.</li> <li>• El cableado se encuentra en mal estado y a la intemperie.</li> <li>• Falta de mantenimiento en los techos. Presentan humedad y goteras que pueden crear accidentes de tipo eléctrico.</li> <li>• El cableado no cumple el código de colores establecidos por la normativa.</li> <li>• Interruptores quemados y algunos en mal estado.</li> <li>• Falta de señalización eléctrica según normativa.</li> </ul>

<b>Aulas de informática y laboratorios</b> (Apéndice 8)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de lámparas y uso de bombillas de baja eficiencia lumínico energética.</li> <li>• El cableado se encuentra en mal estado y a la intemperie.</li> <li>• Falta de mantenimiento en los techos. Presentan humedad y goteras que pueden crear accidentes de tipo eléctrico.</li> <li>• El cableado no cumple el código de colores establecidos por la normativa.</li> <li>• Interruptores quemados y algunos en mal estado.</li> <li>• Toma corrientes en mal estado.</li> <li>• Campana de terminación de ventiladores en mal estado y el cableado se encuentra expuesto.</li> <li>• Falta de mantenimiento a los interruptores termomagnéticos.</li> <li>• Falta de señalización.</li> </ul>
<b>Deportivas y auditorios</b> (Apéndice 9)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de lámparas y uso de bombillas de baja eficiencia lumínico energética.</li> <li>• El cableado se encuentra en mal estado y a la intemperie.</li> <li>• El cableado no cumple el código de colores establecidos por la normativa.</li> <li>• Interruptores quemados y algunos en mal estado.</li> <li>• Toma corrientes en mal estado.</li> <li>• Falta de mantenimiento a los interruptores termomagnéticos.</li> <li>• Falta de señalización eléctrica según normativa.</li> <li>• La arborización llega a la altura de algunas líneas y los cables pasan a través de las ramas, creando riesgo de cortocircuitos.</li> </ul>
<b>Servicios generales (baños, zonas húmedas, áreas de limpieza, etc.)</b> (Apéndice 10)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de lámparas y uso de bombillas de baja eficiencia lumínico energética.</li> <li>• El cableado se encuentra en mal estado y a la intemperie.</li> <li>• El cableado no cumple el código de colores establecidos por la normativa.</li> <li>• Interruptores quemados y algunos en mal estado.</li> <li>• Toma corrientes en mal estado.</li> <li>• Falta de señalización eléctrica según normativa.</li> <li>• Humedad y goteras en los techos que pueden crear accidentes de tipo eléctrico.</li> </ul>

- **Paredes:**

Las paredes de las instalaciones de la institución, no cumplen con los niveles adecuados de reflectancia, que debe ser superior al 75%. Esto se sabe dado que, en la mayoría de los salones, el color de las paredes es oscuro, cuando en la norma NTC-4595 se indica que los colores con alta reflectancia son todos claros y se sugieren algunos de ellos, que se podrán encontrar más adelante en el análisis de estrategias. Por ello, se requiere mayor gasto de energía al permanecer mayormente los diferentes tipos de fuentes de iluminación encendidas.

Según los docentes y director de la institución, esto se debe principalmente para evitar ensuciar rápidamente las paredes, las rayaduras por parte de los estudiantes, y a su vez, porque en la mayoría de los casos la comunidad es quien realiza las jornadas de mantenimiento y pintura de los salones, desconociendo las especificaciones técnicas de la norma.

- **Pisos:**

La NTC-4595, estipula que el índice de reflectancia para el piso en las instituciones debe estar entre el 15 y 30%, medida que se da cumplimiento de las instalaciones de la institución, puesto que la baldosa tiene colores con tonalidades claras.

- **Ventanales:**

En la mayoría de las salas, aulas y oficinas de la institución, los ventanales se encuentran a la altura del plano de trabajo, lo que facilita el alumbramiento de los espacios. Pocas aulas presentan deslumbramientos porque las ventanas se sitúan por encima o por debajo del plano de trabajo.

- **Techos:**

Al igual que los pisos, los techos de la institución cumplen con la condición de reflectividad sugerida que es de más del 80%. Sin embargo, en algunas aulas y otras instalaciones, se observan goteras y daños físicos en el techo que podría causar humedad y goteras, que pueden llegar a accidentes de tipo eléctrico como cortocircuitos.

- **Cableado:**

En la mayoría de las instalaciones y áreas de la institución, se evidenció que el cableado se encuentra en mal estado y superficial, no empotrado en las paredes, llegando incluso a estar a la intemperie. Un cableado en mal estado, con enmendaduras y/o peladuras, puede ocasionar una

alimentación de tensión en la zona dañada y un cortocircuito, lo que a su vez generaría pérdidas de luminarias, dispositivos electrónicos y riegos a la seguridad del personal en general.

Adicionalmente, la institución no cuenta con la aplicación de la norma NTC 2050 sección 2010 literal A # 210-5, donde se especifica el código de colores. Esta falencia se presenta en la institución en general, desde las aulas de clase, hasta el área administrativa. Reconocer los colores de cables eléctricos es importante para garantizar todas las medidas de seguridad (especialmente de las personas que realizan mantenimiento), la fiabilidad de su funcionamiento y la facilidad de su revisión.

- **Accesorios de uso eléctrico:**

Dentro de este ítem, se incluyen accesorios de origen eléctrico que se encuentran en mal estado, expuestos o presentan falta de mantenimiento. Relacionado con los accesorios de luminarias, como los plafones, algunos de estos se encuentran partidos y el cableado se encuentra pelado o expuesto. Además, el tablero de potencia del área de aulas de clases presenta suciedad y desorganización a causa de una evidente falta de mantenimiento. En la mayoría de las áreas de la institución, también se detectó falta de mantenimiento en los interruptores termomagnéticos y, en otras aulas y espacios del área administrativa, se requiere un mayor número de toma corrientes de acuerdo a la demanda de equipos y reparaciones o mantenimiento.

Relacionado con los interruptores, en algunas áreas como la cafetería, el aula de informática y laboratorios, la mayoría de estos se encuentran quemados o no tienen funcionamiento. En las áreas mencionadas, se registraron 21 interruptores que necesitan intervención. Por último, también se evidenció que la campana de terminación de algunos ventiladores en el área de aulas

de clase, se encuentran en mal estado y el cableado se encuentra expuesto. En el levantamiento de datos, se encontró más de 20 ventiladores con esta situación.

- **Señalización:**

Con la visita realizada, se logró observar que en la institución no existe señalización de los diferentes riesgos a los que pueden estar expuestos la comunidad escolar. Dentro de estas señalizaciones se incluyen los relacionados con los riesgos eléctricos, entre otros, de acuerdo a lo establecido en la NTC 4596 sobre el tipo y orientaciones para la señalización de acuerdo a cada espacio público, incluyendo los ambientes escolares.

- **Arborización:**

En la institución se observó que las líneas de transmisión y distribución hacen contacto con árboles y otro tipo de vegetación, lo cual puede ocasionar cortocircuitos (Ver Apéndice 10). Además, supone un riesgo al estar expuesto a que dichos árboles caigan sobre las distintas fases, generando interrupciones en el servicio de energía eléctrica. Esto ocurre por una mala gestión en la realización de mantenimientos en cuanto a la poda de árboles y otro tipo de vegetación.

- **Aires acondicionados:**

Con respecto a este ítem, se evidenció que los aires acondicionados que se encuentran en el área administrativa y el aula de informática, son dispositivos convencionales que requieren de un consumo energético moderado (1180Wh), pero su capacidad de enfriamiento es relativamente baja (12000 BTU/h) en comparación con el área que se debe refrigerar, lo que ocasiona que el motor realice un esfuerzo mayor al nominal o que no entre en reposo en los ciclos que debería.

- **Consumo de energía:**

En cuanto al consumo de energía, se pudo extraer de los recibos del servicio de energía eléctrica de la institución el consumo mensual durante el año 2022. En promedio, se consumió 6127 kWh/mes, con mayor consumo en los meses de enero, marzo, mayo y agosto (Tabla 6). Si se omiten los meses de vacaciones (julio y diciembre), que tienen menor consumo, se tiene un promedio de 6640 kWh/mes.

**Tabla 6.**

*Consumo de energía mensual en (kWh) de la I. E. Francisco José de Caldas de Momil Córdoba.*

8640	5520	7040	6160	7280	6160	3680	7840	6800	5680	5280	3440	<b>6127</b>	<b>6640</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>PROM</b>	<b>PROM2</b>

Los altos consumos de energía en los meses donde se presentan estos picos, pueden estar relacionados con los meses de mayor actividad escolar. Así mismo, el mes con menor consumo es diciembre, relacionado con la temporada vacacional.

#### **4.2.2. Estrategias para el uso optimizado de energía en la I.E Francisco José de Caldas de Momil Córdoba.**

Considerando el diagnóstico de las condiciones eléctricas actuales de la I.E, en la Tabla 7, se realiza un análisis de las posibles medidas que podrían optimizar el consumo de energía eléctrica en el plantel educativo. Se espera que, con la aplicación de las siguientes medidas, la institución mejore su acceso a una potencia de mayor calidad, al tiempo en que ahorre energía y disminuyan los costos operativos del servicio. Adicionalmente, pueden contar con la posibilidad de conectar computadores y otros equipos de manera segura, puesto que los cambios actuales en la potencia generan apagones repentinos que pueden disminuir la vida útil del equipo y hasta quemarlos.

**Tabla 7.***Medidas para el uso optimizado de energía en la I.E Francisco José de Caldas de Momil**Córdoba.*

<b>Diagnóstico</b>	<b>Estrategia</b>	<b>Indicador de mejora</b>
Iluminación artificial: uso de lámparas de baja eficiencia lumínico energética.	Cambiar otros tipos de iluminación por iluminación LED de bajo consumo y mayor vida útil.	Mayor iluminación con menor o igual número de lámparas. Disminución del consumo de energía con menor o igual número de lámparas.
Paredes: Baja reflectancia.	Pintar las paredes de las instalaciones con colores claros de acuerdo con la NTC-4595 que aumente la reflectancia.	Mayor iluminación natural y artificial (con menor número de lámparas). Ahorro de consumo de energía.
Ventanales: algunos salones no cumplen con la norma.	Ampliar el área de las ventanas en algunos salones de clases que permitan mayor iluminación natural.	Mayor iluminación, menor uso de iluminación artificial. Ahorro de consumo de energía.
Techos: algunos techos tienen goteras o agujeros.	Realizar jornadas de mantenimiento de los techos y las paredes que prevengan daños eléctricos.	Menos cortocircuitos, pérdida de lámparas y dispositivos. Ahorro en el consumo de energía.
Redes y accesorios eléctricos: deterioro en algunas instalaciones, cableado y accesorios eléctricos en mal estado.	Realizar mantenimiento de las redes y accesorios eléctricas de la institución.	Menos cortocircuitos, pérdida de lámparas y dispositivos. Ahorro en el consumo de energía.
Tableros de control: deterioro de las tapas, el cableado eléctrico que comunica con la red principal.	Mantenimiento, limpieza y adecuación de las líneas y cajas correspondientes al control eléctrico del plantel.	Ahorro de energía por pérdida residual. Incremento en la potencia de la electricidad en diferentes áreas del plantel.
Toma corrientes e interruptores termomagnéticos: deterioro, invisibilidad y falta de mantenimiento.	Realizar mantenimiento o cambiar algunos toma corrientes defectuosos que generan fuga de electricidad. Realizar mantenimiento de interruptores termomagnéticos Señalizar su ubicación.	Ahorro de energía por pérdida residual. Ahorro en el consumo de energía.

Falta de cultura ambiental	Diseñar y aplicar un plan escolar de concienciación ambiental, enfatizado en el uso racional y optimizado de la energía eléctrica.	Ahorro de energía, comunidad educativa culturalizada en medio ambiente y uso racional de la energía.
Falta de implementación del código de colores en las redes eléctricas.	Etiquetar los cables que correspondan a fase, neutro y tierra con su respectivo color.	Menor riesgos eléctricos, fiabilidad del funcionamiento del sistema y facilidad de revisión por personal capacitado.
No existe señalización de riesgo eléctrico.	Implementar un plan de señalización de riesgo eléctrico en las distintas áreas del plantel.	Menores riesgos eléctricos a la comunidad educativa. Menos cortocircuitos por uso indebido y precaución.
Aires acondicionados de baja capacidad de enfriamiento.	Cambiar aires acondicionados actuales, por unos de mayor capacidad (cambiar de 12000 a 24000 o 36000 BTU)	Ahorro en gasto de energía, al disminuir el número de aires acondicionados. Menor mantenimiento de dispositivos.
Arborización que afectan las líneas de la red de distribución eléctrica.	Realizar jornadas de mantenimiento de poda de árboles que hacen contacto con las redes de distribución ocasionando un riesgo eléctrico.	Ahorro de energía, menos cortes del servicio, menos cortocircuitos.

#### 4.2.3. Análisis de las estrategias para el uso optimizado de energía en la I.E Francisco José de Caldas de Momil Córdoba.

Teniendo en cuenta las estrategias propuestas en la Tabla 7, a continuación, se realiza un breve análisis, descripción y requerimientos de las mismas.

##### 1. *Cambiar otros tipos de iluminación por lámparas LED de bajo consumo y mayor vida útil.*

- **Objetivo:** Optimizar el uso de energía mediante el cambio de luminarias de bajo consumo eléctrico, mayor rendimiento y vida útil.
- **Descripción:** Actualmente en la institución se utilizan en gran proporción luminarias cuyo consumo energético es relativamente bajo (Ver Apéndice 11), comparado con su

eficiencia lumínico energética, pues la mayoría de salones cuenta con lámparas antipolvo con tubos LED, lo cual es destacable ya que esta tecnología tiene una excelente relación en la luz emitida con relación a la potencia utilizada. Sin embargo, aún hay equipos de iluminación obsoletos en la I.E, como luces halógenas que contienen mercurio contaminante, o luces incandescentes que gastan mucha energía para lo poco que iluminan. En la Tabla 8, se presenta la descripción de las principales luminarias existentes. Sabiendo entonces que la mayoría de la iluminación es LED, se sugiere cambiar las otras tecnologías utilizadas también a LED.

**Tabla 8.**

*Comparativa de tecnologías de iluminación utilizadas en la Institución.*

<b>Equipo</b>	<b>Marca</b>	<b>Referencia</b>	<b>Lúmenes (lm)</b>	<b>Potencia (W)</b>	<b>lm/W</b>	<b>Vida útil (horas)</b>
Tubo LED antipolvo	Sylvania	2x18W T8 LED PC	3.600	36	100	40.000
Bombillo LED	Ilumax	Bombillo LED 30W Alta Potencia Luz Blanca E27	2.900	30	97	20.000
Reflector LED	Enerlux	LED Reflector 100W	8.000	100	80	25.000
Tubo fluorescente	Philips	T8 estándar	2.750	32	86	10.000
Bombillo fluorescente	Philips	ECO Twister 20W CDL	1.180	20	59	6.000
Bombillo incandescente	Philips	Bombillo incandescente luz amarilla 100W	1.250	100	13	1.000

Al momento de hacer el cambio, se pueden utilizar menos luces LED para obtener la misma iluminación que se tiene actualmente, o si se prefiere mantener la cantidad de equipos, con las luces LED se logrará una mejor iluminación para la comodidad de los usuarios. En el caso de mantener la misma cantidad, de las 165 luminarias que hay en la I.E., se recomienda cambiar 26.

- **Requisitos:** Relacionado a los requisitos para la implementación de esta estrategia, a continuación, se enuncian algunas condiciones que necesita la institución para su ejecución, a saber:
  - Mantenimiento de las redes eléctricas y circuito de distribución eléctrica donde se dispondrán las conexiones con las nuevas luminarias.
  - Disponer de personal capacitado y certificado para el cambio de los dispositivos antiguos por los nuevos.
  - Se puede mantener la distribución actual de las luminarias existentes, es por ello que no es necesario realizar nuevos diseños de iluminación.
  - Realizar una adecuada disposición del material remplazado.

**2. *Pintar las paredes de las instalaciones con colores claros de acuerdo con la NTC-4595 que aumente la reflectancia.***

- **Objetivo:** Optimizar el uso de energía mediante la adecuación de la infraestructura de la institución, como el color de la pintura de las aulas de clases, que minimice el uso de la iluminación artificial y se dé mejor provecho de la iluminación tanto natural como artificial.
- **Descripción:** En la visita realizada a la institución, se pudo evidenciar que, en la mayoría de las aulas de clase, las paredes estaban pintadas con colores oscuros (verde oscuro) que disminuyen los niveles de reflectancia recomendados en la NTC-4595. Por lo anteriormente mencionado, se recomienda a la institución realizar jornadas de mantenimiento y adecuación de su infraestructura mediante el cambio de color de las mismas.

Según la NTC-4595, el color de las paredes de las aulas de clases y otras zonas de uso escolar, deben presentar colores claros cuyo nivel de reflectancia sea superior al 75%. Cuando los colores son claros y tienen alta reflectancia, se ilumina de manera más eficiente los espacios, de modo que se aprovecha mejor la iluminación, ya sea natural o artificial. En la Tabla 9 presentada a continuación, se describen algunos ejemplos de colores de pintura y su nivel de reflectancia, señalados en la norma.

**Tabla 9.**

*Nivel de reflectancia algunos colores de pinturas adecuados para espacios escolares, según NTC-4595.*

<b>Color de pintura</b>	<b>Reflectancia (%)</b>
Blanca	81%
Marfil	79%
Crema claro	70-80%
Crema	74%
Amarillo claro	70-75%
Verde claro	50-70%
Celeste claro	50-70%

- **Requisitos:** Para llevar a cabo la ejecución de esta estrategia, la institución debe contar con los siguientes requisitos:
  - Inicialmente la institución requerirá de medios y fondos para la adquisición de las pinturas de los espacios escolares. Estos pueden ser gestionados de tres maneras: 1) mediante recursos públicos, mediante la solicitud al ministerio, la alcaldía local, gobernación departamental o incluso con recursos propios en la

medida de sus posibilidades. 2) recursos con entidades privadas, esto podría ser mediante solicitud de apoyo a empresas privadas que se encuentren en la localidad, multinacionales, tiendas, almacenes, ferreterías, etc. y 3) mediante el apoyo de la comunidad en general, padres de familia, estudiantes, etc.

- Una vez gestionada la compra de las pinturas, se requiere personal para retirar la pintura actual de las paredes de las aulas y, posteriormente, la pintada de las mismas. Esto se puede realizar mediante el trabajo común entre estudiantes de últimos años, estudiantes que deseen prestar sus horas sociales, la ayuda de padres de familias, personal de mantenimiento y servicios de la institución y comunidad en general.

**3. *Ampliar el área de las ventanas en algunos salones de clases que permitan mayor iluminación natural.***

- **Objetivo:** Optimizar el uso de energía mediante la adecuación de la infraestructura de la institución, como la ampliación de las ventanas de algunos salones de clase, que minimice el uso de la iluminación artificial y se dé mejor provecho de la iluminación natural.
- **Descripción:** En el diagnóstico presentado anteriormente, se describió que aproximadamente ocho (6) aulas de clase tienen ventanas que se encuentran por encima del plano de trabajo, así como algunas otras (dos) son muy pequeñas. Esto causa incomodidad visual a la comunidad estudiantil por un ineficiente uso de la luz natural, así como poca ventilación que aumenta el nivel de temperatura dentro del recinto. Por lo tanto, se debe recurrir a la iluminación artificial la mayor parte del

tiempo, así como el uso de ventiladores para disminuir la temperatura.

Consecuentemente, esto incrementa el uso de la energía eléctrica en el plantel.

Por lo anterior, esta medida o estrategia busca que la institución mediante esfuerzos conjuntos con los entes gubernamentales, amplie los ventanales de los recintos escolares, a la altura y dimensiones establecida por la normatividad (NTC-4595). Refiriendo la norma, se estable en la Tabla 10 algunas de las condiciones que se deben considerar, sobre las dimensiones y altura de los ventanales en centros educativos.

**Tabla 10.**

*Nivel de reflectancia algunos colores de pinturas adecuados para espacios escolares, según NTC-4595.*

<b>Zona climática</b>	<b>Dimensiones de la ventana</b>	<b>Altura</b>
Templada y fría	1/3 del área servida	Mínimo 0.6 m medido desde el plano de trabajo.
Cálido seco	1/4 del área servida	
Cálido húmedo	1/5 del área servida	

- **Requisitos:** Para la ejecución de esta estrategia debe considerar:
  - Conocer claramente la normativa vigente en cuanto a la arquitectura y requisitos mínimos para la infraestructura de centros educativos, en todos sus niveles.
  - Gestionar recursos por medio de los entes gubernamentales, alcaldía, gobernación, Ministerio de educación, etc., para la adecuación de los distintos espacios educativos de acuerdo a la normativa existentes.

- Programar la reconstrucción o remodelación de los distintos espacios a intervenir, en jornadas vacacionales o de receso escolar, para que no genere pérdidas en las actividades escolares o incomodidad en las mismas.

**4. *Realizar jornadas de mantenimiento de los techos y las paredes que prevengan daños eléctricos.***

- **Objetivo:** Realizar jornadas de mantenimiento de los techos y paredes que minimice los daños eléctricos dentro del plantel.
- **Descripción:** Dentro de los resultados del diagnóstico realizado a la institución, se evidenció el deterioro, hendiduras, grietas, etc., de algunos techos y paredes que pueden perjudicar la estabilidad de las estructuras y el circuito de distribución eléctrica de los recintos afectados. El goteo de los techos en los periodos de lluvias, puede afectar seriamente la infraestructura eléctrica, pérdida de equipos, dispositivos, luminarias, aires acondicionados, ventiladores, etc. Por lo tanto, la institución debe realizar jornadas que se enfoquen en el mantenimiento del techo y las paredes que estén afectadas.
- **Requisitos:** Para cumplir con este objetivo, la institución debe conocer claramente las condiciones de sus instalaciones, para de este modo, generar una propuesta presupuestal que debe ser solicitada a los entes gubernamentales encargados, apoyados con la comunidad en general.

**5. *Realizar mantenimiento de las redes y cajas eléctricas de control de la institución.***

- **Objetivo:** Optimizar el uso de energía mediante el mantenimiento de las líneas de distribución, el circuito de distribución eléctrica y las cajas de control eléctrico, que

minimicen el daño ocasionado por cortocircuitos y cables en mal estado en la infraestructura eléctrica y tecnológica de la institución.

- **Descripción:** En muchas áreas de la institución se detectó el mal estado de las líneas de distribución, el circuito de distribución eléctrica y el deterioro de las cajas de control eléctrico. Se observaron cables y empalmes eléctricos expuestos, sin aislamiento y sin cubierta protectora y, en el caso de las cajas de control, se encontraron sin tapas de protección, sin señalización y con evidente falta de mantenimiento. Esto podría resultar en consecuencias negativas para la institución desde dos ángulos. El primero se relaciona con la integridad en la seguridad física de la comunidad educativa en general. La segunda, se enfatiza en los riesgos eléctricos que puede generar en el daño de equipos, dispositivos, tecnologías, entre otras, disminuyendo o acabando su vida útil, lo cual resultaría en dos consecuencias: 1) costos adicionales al presupuesto anual por recompra de equipos, reparación de las redes eléctricas, entre otros, y 2) aumento excesivo en el consumo de energía, incrementando los costos operativos de la institución.

Considerando lo anterior, es importante que la institución realice jornadas semestrales o por lo menos anuales, de mantenimiento preventivo, correctivo y de inspección eléctrica. Esto permitirá, prevenir posibles daños en la red eléctrica general, de equipos, entre otros. Reparar las líneas eléctricas deterioradas y que tengan excesos de uso eléctrico, que estén ocasionando sobre gasto de energía y que este perjudicando el buen funcionamiento de la logística tecnológica de la institución. Y, por último, inspeccionar los posibles problemas que puedan presentarse a futuro, el tiempo de vida útil restante de algunos equipos, instalaciones eléctricas, entre otros,

que permitan realizar una programación de cambio y reestructuración de dichos equipos y redes.

- **Requisitos:** Para el cumplimiento del objetivo de esta estrategia, la institución requiere:
  - Personal capacitado y certificado en el campo de la ingeniería eléctrica y técnicos con experiencia, que permitan la realización de los tres componentes de esta propuesta: inspección, prevención y corrección.
  - Presupuesto establecido en su agenda anual de gastos, para el mantenimiento preventivo y correctivo de las redes y circuito de distribución eléctrica de la institución, así como el mantenimiento de equipos que lo requieran.
  - Llevar un seguimiento y control planificado de las inspecciones realizadas, las visitas programadas por el personal técnico y profesional y los costos de cada visita realizada.

**6. *Realizar mantenimiento y/o cambiar algunos toma corrientes defectuosos e interruptores termomagnéticos que generan fuga de electricidad y su adecuada señalización.***

- **Objetivo:** Optimizar el uso de energía mediante el mantenimiento y/o cambio de tomacorrientes e interruptores termomagnéticos, que minimicen el daño ocasionado por cortocircuitos en la infraestructura eléctrica y tecnológica de la institución.
- **Descripción:** Otra situación encontrada en las instalaciones de la institución, es que muchos tomacorrientes (21) e interruptores termomagnéticos (4), en la mayoría de los espacios escolares, se encuentran en mal estado o en deterioro. Esto podría estar costando el consumo excesivo de energía eléctrica, produciendo fallas eléctricas en las

redes, cortocircuitos y un mal funcionamiento de equipos y dispositivos tecnológicos.

Por lo tanto, es pertinente que la institución realice el mantenimiento o cambio respectivo de dichos accesorios eléctricos. La evidencia de esta situación se encuentra en los Apéndice del 5 al 10.

También se presenta una completa omisión a lo largo de la institución de la norma NTC-1461, que indica cómo se deben señalar las instalaciones con riesgo de electrocución. La omisión de la señalización eléctrica pone en riesgo al personal que transita y se encuentra diariamente en las instalaciones, lo cual es grave teniendo en cuenta que la mayoría son niños y menores de edad y puede incluso llevar a problemas legales para la institución en caso de un accidente grave.

- **Requisitos:** Para el cumplimiento del objetivo de esta estrategia, la institución requiere:
  - Personal capacitado y certificado en el campo de la ingeniería eléctrica y técnicos con experiencia, que permitan el mantenimiento preventivo y correctivo de las fallas encontradas.
  - Presupuesto establecido en su agenda anual de gastos, para dicho mantenimiento.
  - Llevar un seguimiento y control planificado de las inspecciones realizadas, las visitas programadas por el personal técnico y profesional y los costos de cada visita realizada.

7. *Diseñar y aplicar un plan escolar de concienciación ambiental, enfatizado en el uso racional y optimizado de la energía eléctrica.*

- **Objetivo:** Diseñar y aplicar un plan escolar de concienciación ambiental y del uso racional de la energía eléctrica que permita optimizar el uso de energía.
- **Descripción:** En la institución, también se evidenció una falta de cultura ambiental por parte de los estudiantes e incluso de docentes, personal administrativo y de servicios generales. Esto se evidenció, al observar el uso inadecuado de instalaciones eléctricas, el uso innecesario de equipos, luminarias, ventiladores y aires acondicionados, aun cuando no son requeridos. Por lo tanto, la institución debe diseñar un plan de concienciación que involucre la capacitación, educación y establecimiento de políticas internas para regular el uso optimizado de la energía eléctrica, el cual debe ser elaborado por un profesional experto en pedagogía y en uso racional de los recursos naturales.

En dicho plan, se deben abordar temáticas teóricas sobre las consecuencias de un mal uso de los recursos naturales, la importancia del uso racional de equipos y otros dispositivos en el plantel educativo, así como el fortalecimiento de compromisos entre estudiantes-docentes-administrativos, para disminuir el uso de la energía.

Adicionalmente, el colegio puede realizar un plan de políticas internas, que vigile, controle y sancione el uso inadecuado de luminarias, aires acondicionados, ventiladores, tomacorrientes, etc., y un plan de incentivos que sea otorgado a los mejores estudiantes comprometidos con el uso racional de los recursos naturales.

Puede incentivar a la comunidad educativa mediante la asignación trimestral de estudiantes y docentes vigías del uso optimizado de la energía eléctrica, que sean

responsables en su periodo del uso que se les da a los distintos dispositivos, redes, luminarias, etc. De esta manera, cada grupo de estudiantes, va creando conciencia ambiental sobre el uso racional de la energía eléctrica y otros recursos naturales.

Otra estrategia puede ser colocar afiches y calcomanías cerca de los interruptores de los equipos eléctricos, como bombillos y ventiladores, para incentivar a la gente a apagar estos equipos al salir de un espacio como un aula de clases. Estos pueden contener mensajes medioambientales.

- **Requisitos:** Para realizar este plan de concienciación, la institución requiere:
  - Disponer de un profesional en el área de la educación ambiental dispuesto a realizar dicho plan, cuyos conocimientos le permitan diseñar los objetivos, metas y metodología adecuada de acuerdo a la temática a tratar.
  - El profesional a cargo, también debe diseñar con el apoyo de los docentes de la institución, el plan de políticas internas para el uso optimizado de la energía eléctrica y otros recursos naturales. El establecimiento de los lineamientos para la condecoración o reconocimiento de los estudiantes destacados por su cultura ambiental, y la asignación rotativos de los vigilas del uso racional de la energía eléctrica y otros recursos naturales.
  - Disponer de un espacio extra, para la capacitación de estudiantes, docentes, personal administrativo y de servicios generales, sobre la cultura ambiental y el uso optimizado de la energía eléctrica. Así como de jornadas de cultura ambiental.
  - Disponer de una asignación presupuestal para la realización de actividades enfocadas a la creación de una cultura ambiental en la institución.

8. *Etiquetar los cables que correspondan a fases, neutro y tierra con su respectivo color.*

- **Objetivo:** Prevenir accidentes eléctricos, y facilitar el mantenimiento del circuito de distribución eléctrica, mediante la asignación de etiquetas del código de colores a las distintas líneas disponibles (fases, neutro y tierra).
- **Descripción:** Una problemática evidenciada en la institución, es que el circuito de distribución eléctrica no cuenta con la aplicación del código de colores. Lo que puede perjudicar la facilidad de mantenimiento, correcciones en las redes eléctricas, entre otros aspectos, a los técnicos encargados de la inspección. Los cuales, por la falta de identificación de las distintas líneas del circuito, pueden ocasionar accidentes por errónea interpretación de las tensiones y tipos de sistemas utilizados. Esta situación también incumple las normas NTC-1461 y NTC-2050. Por ello, la institución con la ayuda de un profesional en el área, debe realizar el etiquetamiento de las diferentes redes en las distintas cajas eléctricas principales y secundarias. Dicho etiquetamiento, debe realizarse en cada cable, de acuerdo a su color (NTC-2050), con marquillas de papel, cinta adhesiva o pintura que recurra una parte considerable de la cubierta del cable. Estas deben disponerse a una medida adecuada, que no genere incomodidad para los respectivos mantenimientos, pero que sea visible para las futuras visitas técnicas. En la Tabla 11, se presenta los colores reglamentarios de acuerdo al tipo de cable según la NTC-2050.

**Tabla 11.***Código de colores para el cableado eléctrico según la NTC-2050.*

Línea	1 fase	2 fases	3 fases
	(120, 208, 240 voltios)	(120, 208, 240 voltios)	(227, 480 voltios)
Fase	Negro	L1: Negro	L1: Marrón
	Rojo	L2: Rojo	L2: Naranja
		L3: Azul	L3: Amarillo
Neutro	Blanco	Blanco	Gris
	Gris		
Tierra	Verde	Verde	Verde
	Verde-amarillo	Verde-amarillo	Verde-amarillo
		Café	Café

- **Requisitos:** Los requisitos que requiere la institución, son los siguientes:
  - Personal capacitado y certificado en el campo de la ingeniería eléctrica, como técnicos electricistas, con conocimientos en el código de colores y la normativa eléctrica colombiana.
  - Presupuesto mínimo para la compra de etiquetas y el pago del personal profesional.

**9. Implementar un plan de señalización de riesgo eléctrico en las distintas áreas del plantel.**

- **Objetivo:** Prevenir accidentes eléctricos mediante la señalización de los diferentes riesgos eléctricos en las diferentes áreas de la institución.
- **Descripción:** En la institución no se cuenta con la señalización reglamentaria sobre la advertencia de riesgos eléctricos en ninguna de las áreas del plantel educativo, lo que

podría ocasionar accidentes en la comunidad. Por lo tanto, la institución debe realizar la respectiva señalización de cada área eléctrica, con sus respectivos peligros o riesgos, tal como se dispone en el RETIE, Artículo 3, literal 3.2 “Señalización de seguridad”, como se presenta en la Tabla 12.

- **Requisitos:** Para el cumplimiento de esta estrategia, se requiere:
  - Personal capacitado y certificado en el campo de la ingeniería eléctrica, con conocimientos en el código y reglamentación de señalización de riesgos eléctricos.
  - Presupuesto mínimo para la compra de señalización y el pago del personal profesional.

**Tabla 12.**

*Formas y colores según el tipo de señalización de seguridad ante riesgo eléctrico (RETIE, Art, 3).*

Tipo de señal de seguridad	Forma geométrica	Color			
		Pictograma	Fondo	Borde	Banda
Advertencia o precaución	Triangular	Negro	Amarillo	Negro	-
Prohibición	Redonda	Negro	Blanco	Rojo	Rojo
Obligación	Redonda	Blanco	Azul	Blanco o	-
				Azul	
Información contra incendios	Rectangular o cuadrada	Blanco	Rojo	-	-
Salvamento o socorro	Rectangular o cuadrada	Blanco	Verde	Blanco o	-
				Verde	

*10. Cambiar aires acondicionados actuales, por unos de mayor capacidad (cambiar de 12000 a 24000 o 36000 BTU).*

- **Objetivo:** Optimizar el uso de energía mediante el cambio de dispositivos con tecnologías de ahorros de energía y mayor rendimiento.
- **Descripción:** Esta estrategia está encaminada específicamente al cambio de los aires acondicionados que se disponen en la institución, puesto que estos tienen una baja capacidad de enfriamiento (12000 BTU) en relación al área que refrigeran, por lo que se requiere el uso de un mayor número de equipos para mantener las condiciones de temperatura óptimas, lo que trae consigo, un aumento en el consumo de energía eléctrica. El total de aires que existen en la institución es de ocho aires (Ver Apéndice 11), los cuales es recomendable el cambio del 100%.

Otra opción es utilizar equipos con capacidad de enfriamiento superior, entre 24000 a 36000 BTU, esta inversión podría reducir los costos en el largo plazo, ya que los equipos existentes tienen más de 10 años funcionando y al día de hoy tienen gastos considerables en mantenimiento. Aires acondicionados de mayor potencia serían más eficientes, sobre todo si se utilizan tecnologías como la Inverter, que son más eficientes que las utilizadas previamente y que están instaladas en la institución. Esta segunda opción, por lo tanto, implicaría un ahorro energético con respecto a la primera, sabiendo que al aumentar los equipos o reemplazar los actuales por unos de mayor potencia, en ambos casos se incrementará el consumo energético actual, aunque se aumentará con mayor eficiencia.

- **Requisitos:** La institución requiere para llevar a cabo esta estrategia, los siguientes aspectos:
  - Disponer de un presupuesto establecido en su agenda anual de gastos, para el cambio de dichos equipos y sus respectivos mantenimientos.
  - Realizar una cotización de equipos en el mercado, de acuerdo a calidad, eficiencia, rendimiento, consumo de energía, tecnología y costos.
  - Contar con un profesional en el área de la energía eléctrica para la instalación y mantenimiento de los mismos.

***11. Realizar jornadas de mantenimiento de poda de árboles que hacen contacto con las redes de distribución ocasionando un riesgo eléctrico.***

- **Objetivo:** Prevenir el daño de las redes de distribución ocasionada por el contacto con árboles y otra vegetación.
- **Descripción:** Dentro de las falencias más preocupantes evidenciadas en el diagnóstico realizado, se encontró que algunos árboles hacen contacto con las líneas de distribución. Esta situación, puede ocasionar problemas relacionados con la distribución del servicio a las diferentes áreas del plantel educativo, así como accidentes de tipo eléctrico como cortocircuitos. Además, en épocas de vendavales, huracanes, etc., esto asume un riesgo importante a toda la malla y circuito eléctrico. Dado lo expuesto, la institución debe realizar esfuerzos para programar jornadas de poda de árboles y otra vegetación de manera trimestral para garantizar la seguridad e integridad del servicio eléctrico y de la calidad educativa de la comunidad de la institución.

- **Requisitos:** Para el desarrollo del objetivo planteado en esta estrategia, la institución requiere de los siguientes aspectos:
  - Personal especial con experiencia en la poda, reubicación y mantenimiento de árboles y profesionales en el área de la ingeniería eléctrica, encargados de la vigilancia, inspección y corrección de las diferentes redes eléctricas.
  - Un plan presupuestal para la realización de las jornadas, que incluye, utensilios de jardinería, salario de los profesionales y técnicos de cada área, hidratación para los trabajadores y recursos adicionales para las correcciones que sean necesarias a las líneas eléctricas.

## **5. Mejoras del sistema eléctrico de la Institución Educativa Francisco José de Caldas del municipio de Momil Córdoba mediante el análisis de retos y oportunidades energéticas con fuentes alternativas.**

El objetivo principal del presente trabajo, es el de mejorar el sistema eléctrico en la Institución Educativa Francisco José de Caldas del municipio de Momil Córdoba, mediante el análisis de retos y oportunidades energéticas con fuentes alternativas. Para ello, se solicitó los parámetros y condiciones climáticas y ambientales de la zona al Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), así como el plan de desarrollo del municipio a la Alcaldía de Momil, y a continuación se presenta su análisis.

### **5.1. Características climáticas de la zona de estudio.**

En la Tabla 13, se pueden apreciar las características climáticas y condiciones del terreno de la zona de influencia de la institución. La temperatura promedio anual, fluctuó entre los 26,15 °C (2019), 26,27 °C (2020) y 26,28 °C (2021) con un promedio de 26,23 °C.

Así mismo, se puede observar en la Figura 1, que en el año 2019 los meses donde se registró un mayor valor de temperatura fue en mayo (27,66 °C) y agosto (27,61 °C). Para 2020, los picos máximos se registraron en los meses de abril (27,06 °C) y agosto (27,61 °C), y en 2021 la mayo temperatura se registró en el mes de julio con 27,82 °C.

**Tabla 13.**

*Características climáticas y condiciones del terreno de la zona de influencia del estudio.*

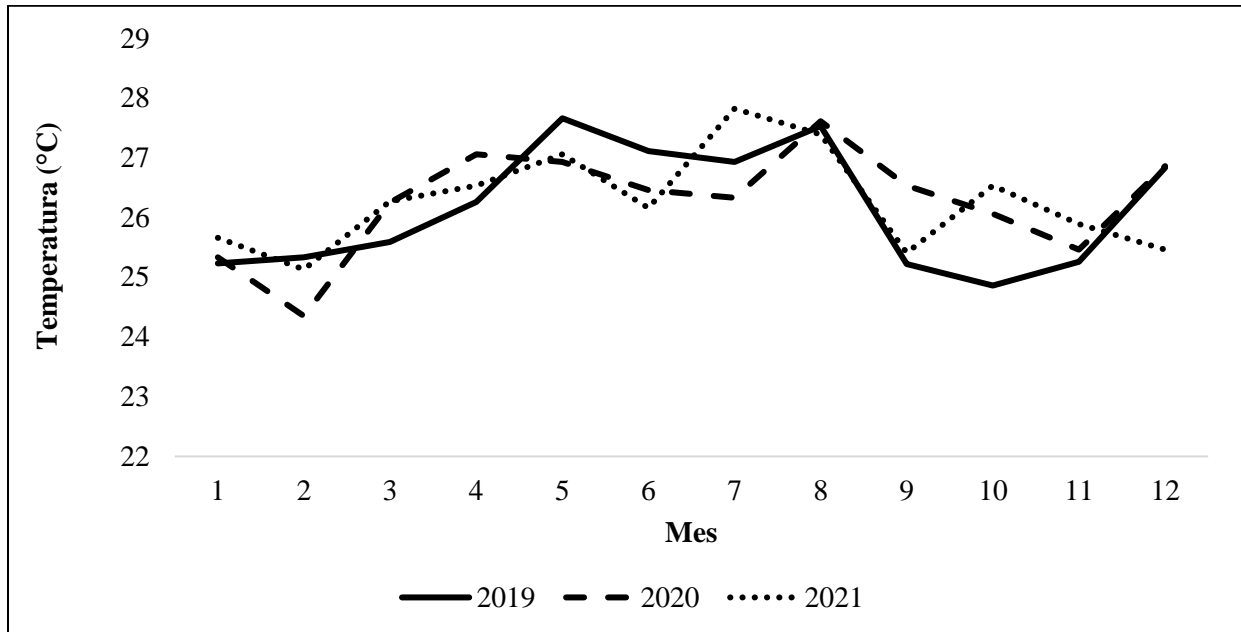
<b>Parámetro</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>Promedio</b>
Temperatura (°C)	26,15	26,27	26,28	26,23
Irradiación solar (KWh/m2/día)	5,1	5,3	4,9	5,2
Precipitación (mm)	9,90	9,16	11,18	10,08
Velocidad del viento (m/s)	4,25	4,45	4,47	4,39
Cobertura*	Poca vegetación	Poca vegetación	Poca vegetación	Poca vegetación
Aspecto del terreno*	Plano	Plano	Plano	Plano

*Nota: Datos analizados a partir de información suministrada por el IDEAM. \* Datos obtenidos en campo por los investigadores.*

**Figura 1.**

*Temperatura promedio mensual entre los años 2019, 2020 y 2021 en el municipio de Momil*

*Córdoba.*

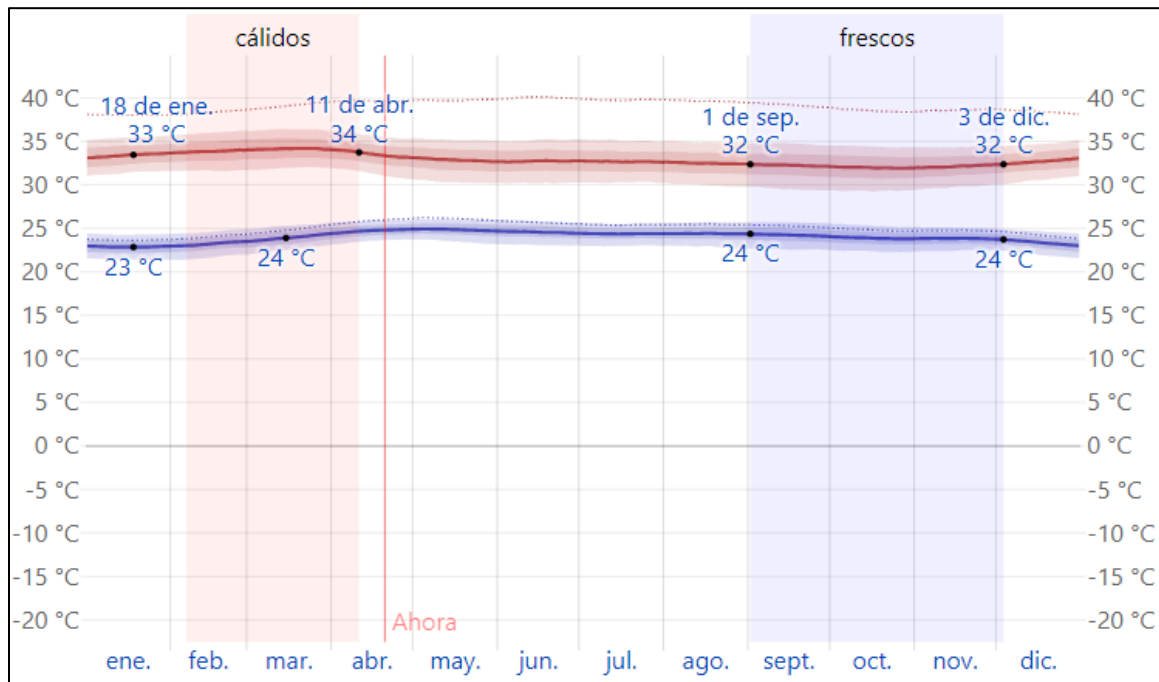


Los datos proporcionados por el IDEAM, concuerdan con los publicados en la base de datos climáticas de la página Weather Spark, que toma los registros de la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA, por sus siglas en inglés) que registran que la temperatura oscila en todo el año entre los 23 y 34 °C (Figura 2). La temporada calurosa se extiende a 2.1 meses, entre febrero y de abril de cada año, cuando se alcanza hasta los 34 °C en abril y una mínima de 25 °C. Mientras que en la temporada fresca es de aproximadamente 3.0 meses, que va de septiembre a diciembre, con temperatura máxima promedio menor a los 32 °C, siendo diciembre el mes más fresco con una temperatura mínima promedio de 23 °C (Weather Spark 2023).

La temperatura es uno de los parámetros más importantes a considerar, puesto que permitirá establecer las condiciones de materiales a implementar y su resistencia.

**Figura 2.**

*Temperatura promedio mensual en el municipio de Momil Córdoba.*

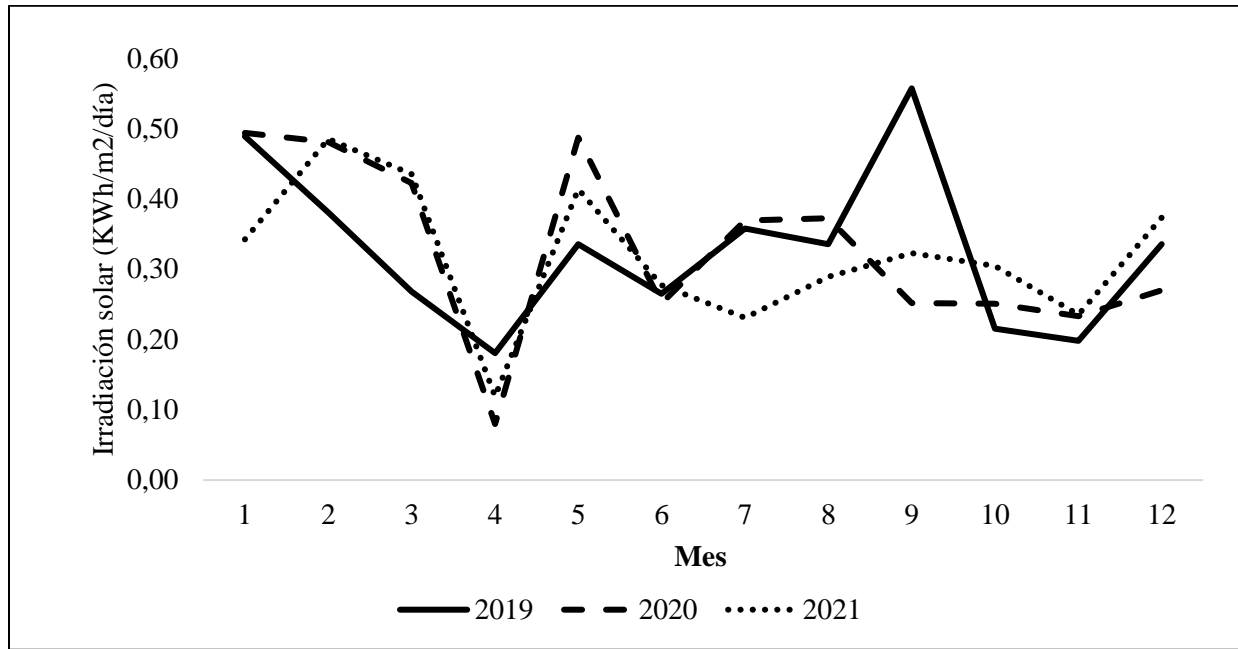


*Nota: Obtenido de Weather Spar (2023).*

Adicionalmente, también se observó que la irradiación solar, presentó un valor promedio de 5,2 KWh/m<sup>2</sup>/día, durante los tres años. En el año 2020 se registró el mayor valor promedio con 5,3 KWh/m<sup>2</sup>/día, lo que puede estar relacionado con las bajas precipitaciones de ese mismo año cuyo valor promedio se registró en 9,16 mm. En cuanto a la dinámica mensual de la irradiación solar (Figura 3), se observó que en los tres años se presentaron dos picos máximos, entre los meses de febrero a marzo y, en el año 2019 se observó un tercer pico en el mes de septiembre con un valor promedio de (0,56 KWh/m<sup>2</sup>/día), siendo este el más alto en todos los meses durante los tres años consecutivos.

**Figura 3.**

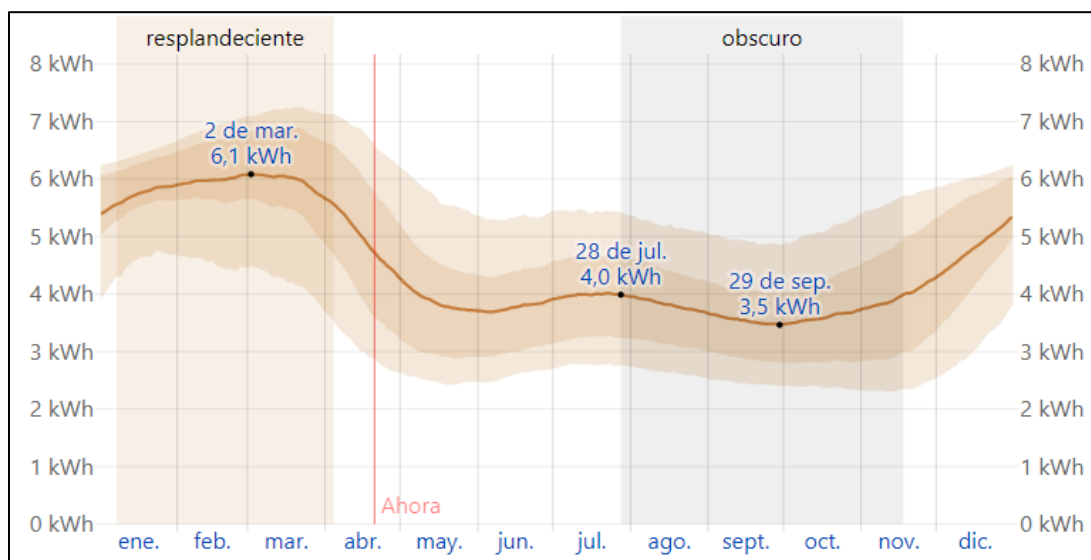
*Irradiación solar promedio mensual entre los años 2019, 2020 y 2021 en el municipio de Momil Córdoba.*



Sumado a esto, según Weather Spark (2023) el periodo con mayor irradiancia solar es de aproximadamente 2.9 meses (entre enero y abril), con una energía de onda corta incidente diario promedio por metro cuadrado superior a 5,6 kWh, siendo febrero el mes con mayor irradiancia con un promedio de 6,0 kWh. Mientras que el periodo con menor irradiancia solar durante el año dura 3.7 meses (julio y noviembre), con una energía de onda corta incidente diario promedio por metro cuadrado de menor de 4.0 kWh, siendo septiembre el mes con el menor promedio de 3.5 kWh (Figura 4).

**Figura 4.**

*Irradiación solar promedio mensual en el municipio de Momil Córdoba.*



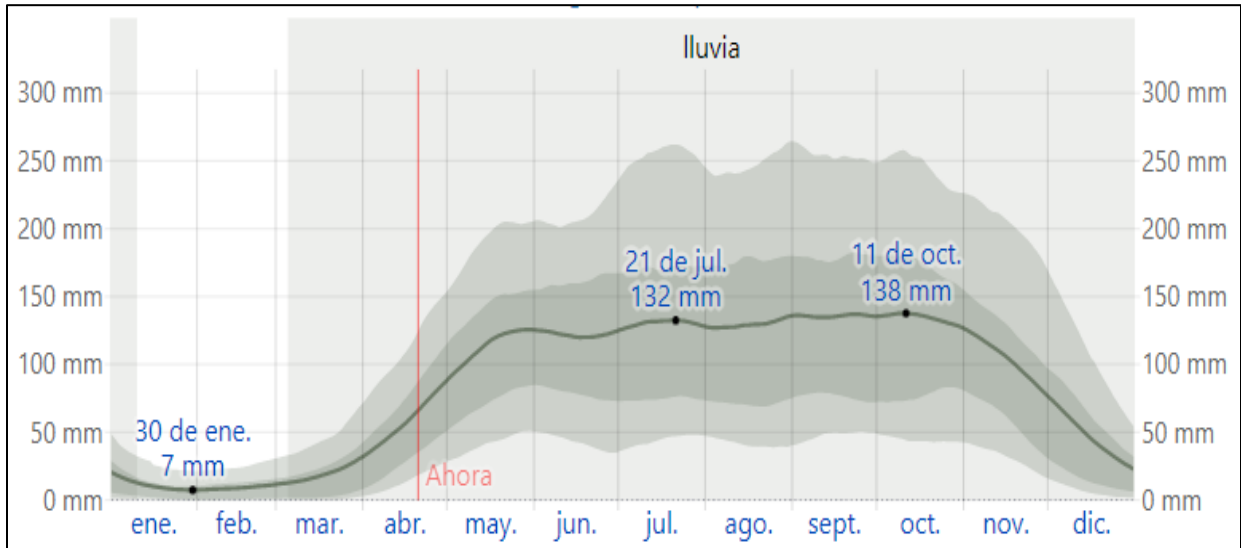
*Nota: Obtenido de Weather Spar (2023)*

El año con mayor precipitación fue el 2021, con alrededor de 11,18 mm durante el año (Tabla 13). Además, la temporada de lluvia dura 10 meses (entre marzo a enero), con aproximadamente 13 mm de precipitación en intervalos de 30 días, siendo octubre el mes más lluvioso con 136 mm promedio. El periodo seco dura 1.8 meses (entre enero a marzo), siendo febrero el mes con menos precipitación 9 mm en promedio (Figura 5) (Weather Spark, 2023).

Por otro lado, también es de resaltar la velocidad del viento, en el transcurso de los tres años evaluados. Este presentó un valor promedio general de 4,39 m/s, oscilando entre 4,25 y 4,47 en 2019 y 2021, respectivamente (Tabla 13). La dinámica de la velocidad del viento, fue similar en los tres años valorados (Figura 7). El mes donde se disminuyó, coincidió para los tres años en el mes de octubre, alcanzando entre 2,5 y 2,8 m/s para 2019 y 2020, respectivamente. La velocidad del viento más alta se presentó en el mes de julio en el año 2021, y posteriormente, en el mes de diciembre los tres años presentan un valor promedio similar (5,2 a 5,5 m/s).

**Figura 5.**

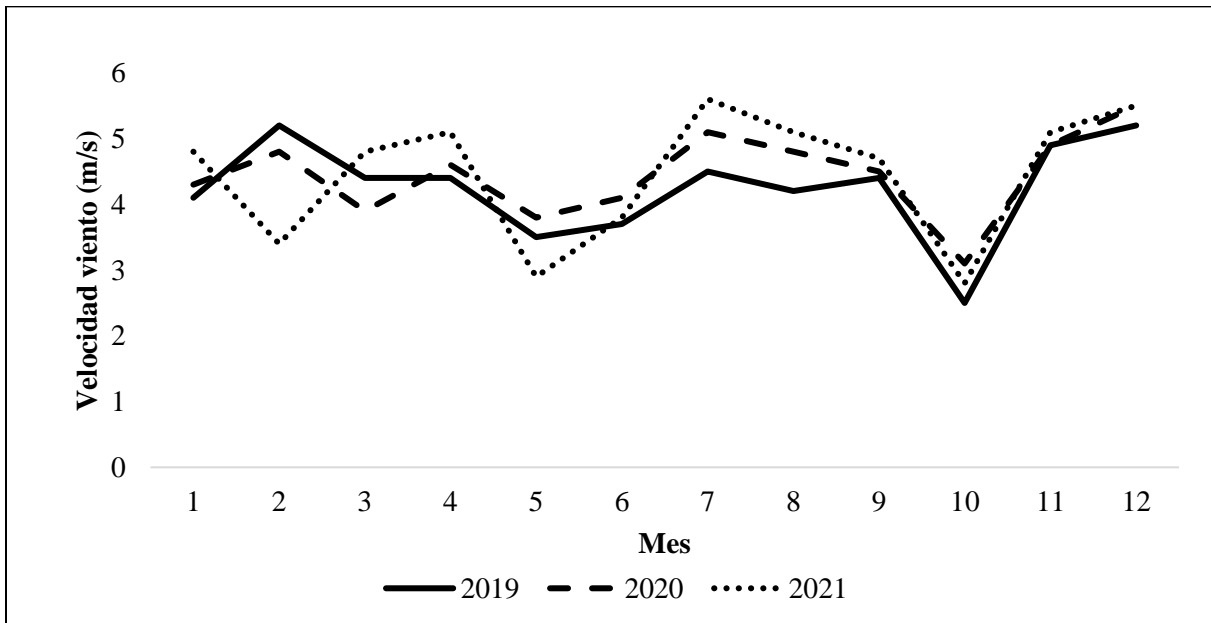
*Precipitación promedio mensual en el municipio de Momil Córdoba.*



*Nota: Obtenido de Weather Spar (2023)*

**Figura 6.**

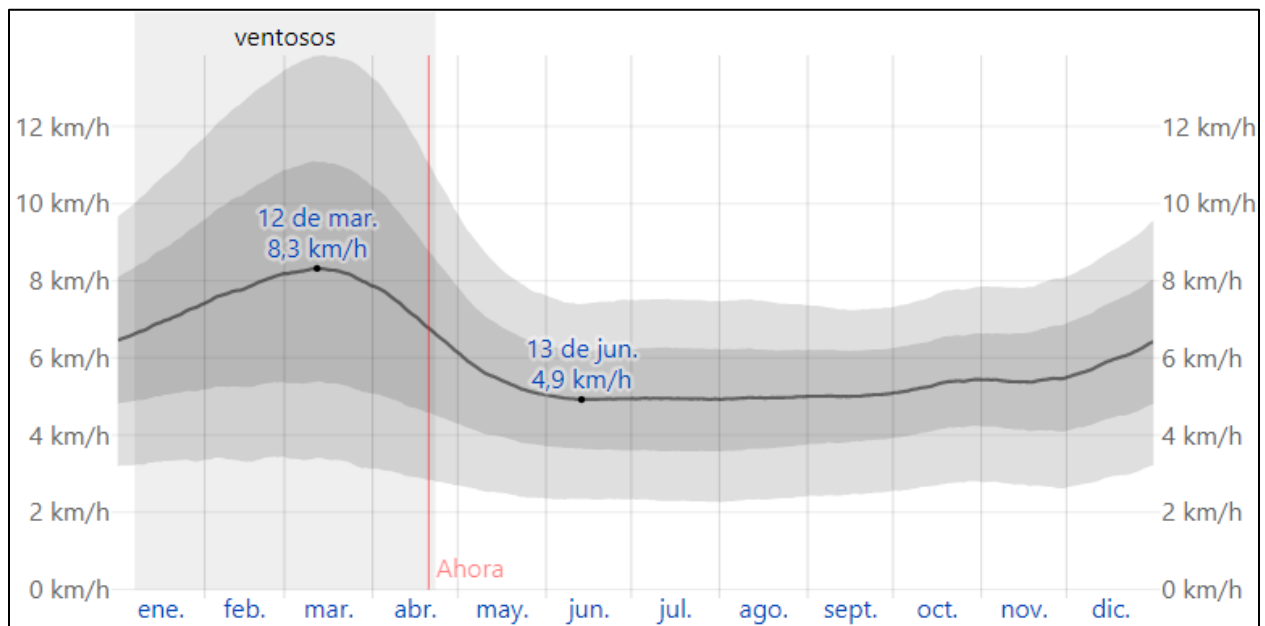
*Velocidad del viento promedio mensual entre los años 2019, 2020 y 2021 en el municipio de Momil Córdoba.*



Los datos respecto a la velocidad del viento, coinciden con los reportados por Weather Spark (2023) a 10 m sobre el suelo indican que durante el año se observa un periodo ventoso de aproximadamente 3.5 meses que va desde enero hasta abril, cuyas velocidades alcanzan alrededor de los 6.6 km/h, siendo el mes de marzo el más ventoso (8.2 km/h). Además, el periodo con vientos bajos es de aproximadamente 8.5 meses entre abril a enero de cada año, siendo que julio es el mes más calmado con una velocidad promedio de 4.9 km/h (Figura 7).

**Figura 7.**

*Velocidad del viento promedio mensual el municipio de Momil Córdoba.*

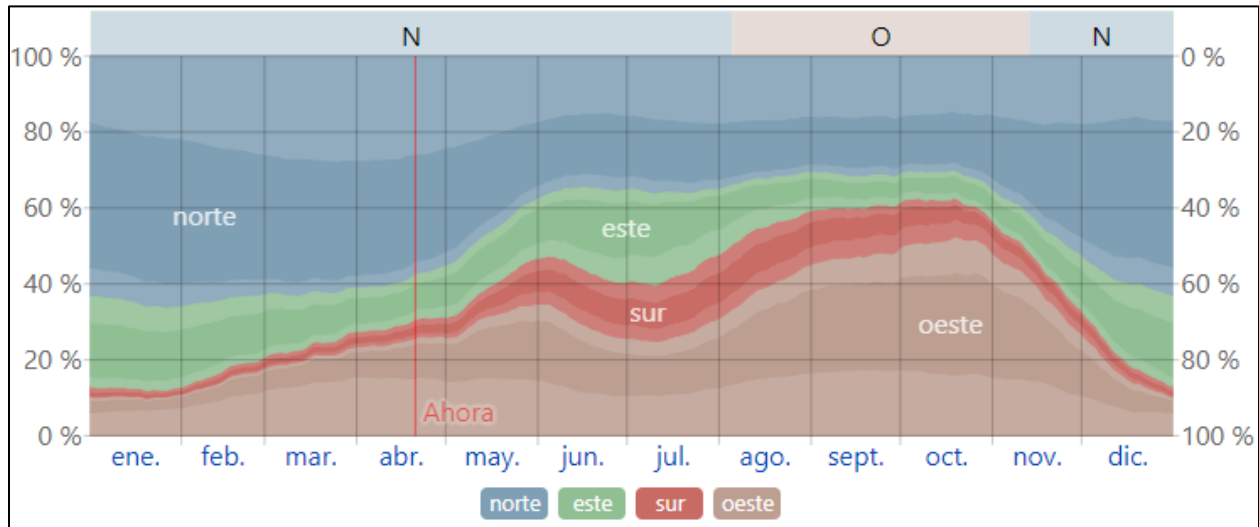


*Nota: Obtenido de Weather Spar (2023)*

En relación a la dirección del viento, menciona la página que en periodo el viento proviene con mayor frecuencia del norte, alrededor de 8.7 meses entre noviembre y agosto de cada año, mientras que, con menor frecuencia, es decir 3.3 meses el viento proviene del oeste, entre los meses de agosto a noviembre (Figura 8; Weather Spark, 2023).

**Figura 8.**

*Dirección del viento mensual el municipio de Momil Córdoba.*



*Nota: Obtenido de Weather Spar (2023)*

Por último, de acuerdo a información recolectada en campo, el terreno presenta una poca cobertura vegetal, debido a que en el área se presenta mayormente zonas construidas con edificios de baja altura, que no ocasionan sombras considerables en la zona. Así mismo, El terreno no presenta pendientes elevadas, por lo que se considera un terreno plano (Figura 9).

**Figura 9.**

*Área que ocupa el IE Francisco José de Caldas de Momil, Córdoba.*



*Nota: Google Earth (2023). Se demarca en rojo donde se implantarán los paneles fotovoltaicos.*

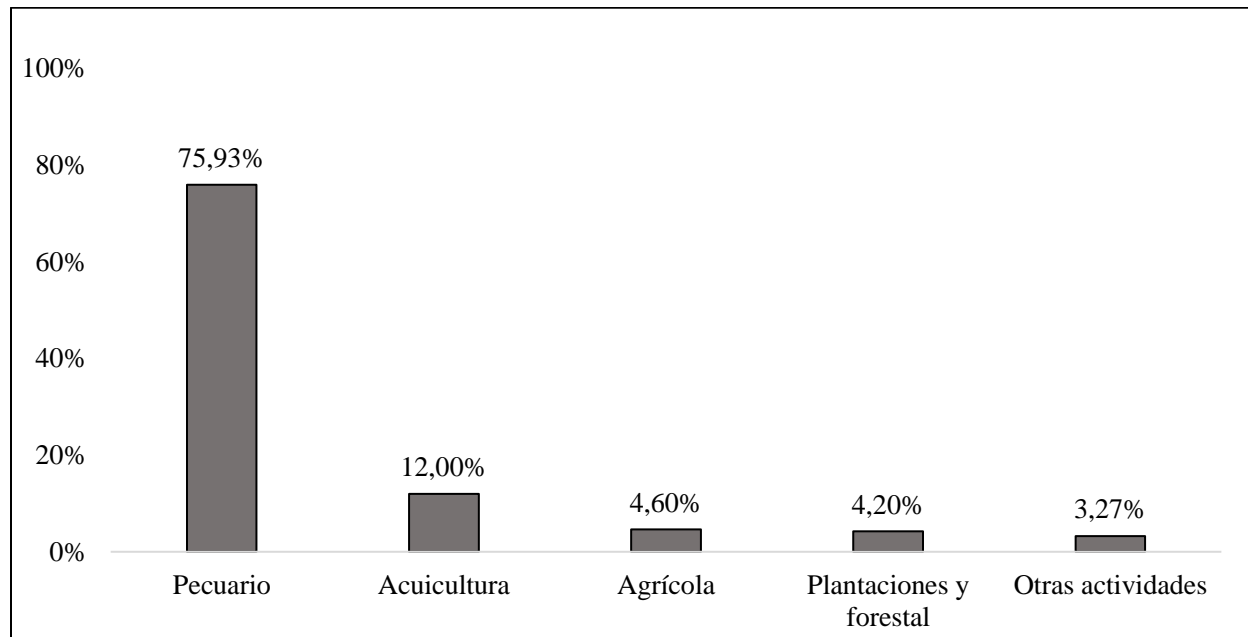
## 5.2. Características agrícolas productivas de la zona de estudio.

Según el Documento Base del Plan de Desarrollo 2020-2023 de Momil Córdoba proporcionado por la Alcaldía de Momil, el municipio cuenta dentro de su pilar económico predominantemente la actividad ganadera extensiva (sin aplicación de tecnologías de transformación agro-industrial), combinada con algunas pequeñas áreas de agricultura tradicional y con carácter de subsistencia.

En cuanto al uso de los suelos, en la zona rural el 75,93% está destinado a las actividades pecuarias, el 12% a la acuicultura, el 4,6% al desarrollo agrícola, el 4,2% a plantaciones forestales, bosque natural y rastrojos y el 3,27% se usa otras actividades. En la actividad pecuaria, la especie más explotada son los bovinos con 18.732 cabezas, seguido de la avicultura con 10.535 y porcinos con 980 (Figura 10).

### **Figura 10.**

*Distribución del uso del suelo en el municipio de Momil Córdoba.*



La actividad agrícola es dirigida principalmente para el autoconsumo y está representada por cultivos de carácter transitorio, permanente y semipermanente. Los cultivos transitorios como el arroz, el maíz, yuca, ñame, patilla, coco, plátano, naranja, limón y diversas hortalizas, son los más desarrollados en la región. Sin embargo, se hace de manera tradicional y de baja tecnificación y otra en forma de monocultivo tecnificado de medianos y grandes propietarios.

Relacionado con la actividad forestal, en el municipio, existen 257 hectáreas sembradas de plantaciones forestales y 145 en el sistema agrosilvopastoril.

El municipio de Momil no tiene transformación agro-industrial de sus productos del campo, por lo que la producción masiva de “materia prima” para la obtención de biocombustibles a partir de biomasa, es muy limitada.

### **5.3. Estrategias para la generación de energía eléctrica en la I.E. Francisco José de Caldas de Momil Córdoba con fuentes alternativas.**

De acuerdo a las condiciones climáticas analizadas en el ítem anterior, se realizó una matriz de análisis de Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas (DOFA), que permitieran establecer estrategias para la optimización del uso de energía eléctrica de la institución en estudio (Tabla 14).

Teniendo presente la matriz desarrollada anteriormente, se proponen dos alternativas viables para la generación alternativa de energía eléctrica:

1. Sistema fotovoltaico para la generación de energía solar.
2. Sistema de generación de energía eólica.

En las Tablas 15 y 16, se observa las fichas técnicas de las dos estrategias seleccionadas de acuerdo a los impactos (positivos o negativos) generados, las necesidades, fases de implantación y su viabilidad económica y técnica.

**Tabla 14.***Análisis DOFA de las condiciones climáticas de la zona de estudio.*

<b>Debilidades</b>	<b>Oportunidades</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El plantel educativo presenta deterioro en la infraestructura y las redes eléctricas que generan gastos excesivos de energía, así como daños en equipos y luminarias.</li> <li>• El plantel educativo posee escasos recursos económicos para la implementación de alternativas para la generación alterna de energía.</li> <li>• Falta de cultura de los estudiantes para la protección del sistema implementado.</li> <li>• Baja tecnificación agroindustrial que limita la posibilidad de obtener materia prima para la producción de biocombustibles.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La implementación de recursos renovables para la generación de energía eléctrica, permitirá ahorrar recursos a la I.E en un mediano y largo plazo.</li> <li>• Se generan oportunidades de transferencia de conocimiento y tecnología a estudiantes del plantel educativo.</li> <li>• Mantener la I.E, con el recurso eléctrico la mayor parte del tiempo.</li> <li>• Posibilidades de ser referentes en cuanto al uso eficiente de energía en el departamento de Córdoba.</li> <li>• Disminución reciente de los costos de adquisición de equipos y herramientas para la plantación del sistema.</li> </ul>
<b>Fortalezas</b>	<b>Amenazas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La temperatura que presenta la zona, es óptima para la creación de alternativas como energía solar o eólica.</li> <li>• La irradiación solar que presenta la zona, se encuentra dentro de los rangos óptimos para la generación de energía solar.</li> <li>• La precipitación de la zona, favorece la ejecución de proyectos alternativos que generen energía a partir de recursos renovables, pues una precipitación moderada, menor a 100 mm al año, poca nubosidad y limpieza en la superficie de los paneles.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La seguridad de la I.E es escasa, por lo que pueden generarse hurtos o robos del sistema implementado.</li> <li>• Poco o nulo apoyo por parte de las entidades gubernamentales para la implementación y mantenimiento del sistema implementado.</li> </ul>

- La zona presenta buena velocidad de vientos, que podrían favorecer la implementación de proyectos eólicos.
- La zona presenta poca vegetación y un terreno técnicamente apropiado para la instalación de proyectos solares o eólicos.
- Existe motivación y disposición por parte de los directivos de la IE, para hacer un cambio en el consumo y medidas de ahorro energético.

**Tabla 15.**

*Ficha técnica de una estrategia de producción de energía eólica en Momil Córdoba.*

<b>Estrategia:</b>	Alternativa eólica como fuente renovable de energía eléctrica.
<b>Objetivo:</b>	Establecer oportunidades para la generación de energía eléctrica eólica como alternativa sustentable.
<b>Tipo de estrategia:</b>	Energía eólica
<b>Impactos:</b>	<b>Positivos:</b>
	Generación de empleo, disponibilidad de energía en zonas no-interconectadas, la generación de nuevo conocimiento, aprovechamiento del recurso eólico, disminución de emisiones de CO <sub>2</sub> , no se consume abundante agua para su funcionamiento.
	<b>Negativos:</b>
	Principalmente, estos impactos se dan en las fases de construcción y desmantelamiento: producen emisiones de gases (transporte de material con maquinaria pesada), partículas, vertidos líquidos, consumo de recursos, generación de residuos y afectación permanente del medio biótico. La construcción de las vías de acceso y las edificaciones auxiliares causan impactos sobre la vegetación, la fauna y el suelo. Además, existe contaminación por ruido por las turbinas generadoras de electricidad.
<b>Necesidades de la estrategia:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requerir de una demanda de energía existente.</li> <li>• Análisis de los impactos generados por el proyecto.</li> <li>• Cálculos de la demanda energética y cantidad a producir.</li> <li>• Zonificación del proyecto, estudios previos.</li> <li>• Evaluación de la viabilidad ambiental, técnica y económica.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño de las fases del proyecto.</li> </ul>
<b>Fases de implantación:</b>	<b>Ejecución:</b> Se realizan las obras pertinentes de la implantación: vías (acceso), edificios auxiliares, plantas y plataformas de apoyo. Se realizan las instalaciones eléctricas y el montaje de los aerogeneradores. El tiempo dependerá en gran medida del tamaño del proyecto, calculado en promedio entre 6 a 12 meses.
	<b>Explotación:</b> Se da el funcionamiento de los aerogeneradores, la red eléctrica y el mantenimiento de las instalaciones. El tiempo dependerá de la vida útil de los equipos (en caso de no renovarlos) o el tiempo que se le dé al proyecto.
	<b>Clausura:</b> Se realiza la desinstalación y/o retirada de las instalaciones y se ejecuta el plan de restauración del medio. El tiempo de dicha fase dependerá de la magnitud del proyecto y los impactos que se hayan generado.
<b>Viabilidad técnica:</b>	La zona de estudio, presenta características técnicas apropiadas para la producción de energía eólica, especialmente la velocidad del viento (8 a 10 m/s) y dirección predominante es la noroeste (8.8 meses norte y 3.3 meses oeste), se considera como apropiado para la implantación de este tipo de proyectos. Además, en la zona existen áreas sin vegetación que permiten la su implantación.
<b>Viabilidad económica:</b>	Los costos asumidos por un proyecto eólico es la principal limitante, puesto que se requiere un alto valor para su implantación, mantenimiento y posterior desinstalación. No obstante, la rentabilidad económica del proyecto es significativamente buena, de aproximadamente un 28% después de impuestos. Sin embargo, esto depende de factores como la velocidad del viento, el precio de la energía y los intereses de los socios en el proyecto (Gómez et al., 2016).

Tabla 16.

*Ficha técnica de una estrategia de producción de energía solar en Momil Córdoba.*

<b>Estrategia:</b>	Alternativa solar como fuente renovable de energía eléctrica.
<b>Objetivo:</b>	Establecer oportunidades para la generación de energía eléctrica fotovoltaica como alternativa sustentable.
<b>Tipo de estrategia:</b>	Energía solar fotovoltaica.
<b>Impactos:</b>	<b>Positivos:</b>

	<p>Hasta mínimo 18.8% menos emisiones de CO<sub>2</sub> que las fuentes de energías convencionales (0.6-1.0 vs. 181-321 CO<sub>2</sub> por Kg/KWh), favorece la inclusión de energía para poblaciones rurales y se hace parte de la oferta energética de las comunidades con posibilidad de oportunidades laborales para proveedores de celdas y paneles y para los responsables de la construcción y el funcionamiento de la planta de producción.</p>
	<p><b>Negativos:</b></p>
	<p>Se asocian más a la fase de conservación y desmantelamiento de la planta por la permanencia que puedan tener en el paisaje las adecuaciones realizadas durante la operación de la central solar, cuya vida útil puede ser de 25 a 40 años. Además, puede afectar la biodiversidad, el recurso hídrico, suelo y cobertura vegetal, la salud humana y la calidad del aire.</p>
<b>Necesidades de la estrategia:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requerir de una demanda de energía existente. Es decir, se debe analizar la necesidad del uso de dicha energía a producir.</li> <li>• Análisis de los impactos generados por el proyecto.</li> <li>• Cálculos de la demanda energética y cantidad a producir.</li> <li>• Zonificación del proyecto, estudios previos.</li> <li>• Evaluación de la viabilidad ambiental, técnica y económica.</li> <li>• Diseño de las fases del proyecto.</li> </ul>
<b>Fases de implantación:</b>	<p><b>Previa al montaje:</b></p> <p>En la fase denominada como previa al montaje, se desglosan cuatro sub fases, a saber, el estudio energético, la validación de la zona, el dimensionamiento, las compras y adquisiciones de herramientas, equipos necesarios. El tiempo para el desarrollo de esta etapa es variable, siendo lo más común entre 1 a 4 meses.</p> <p><b>Montaje:</b></p> <p>En el montaje, se presentan las sub fases de la instalación de los equipos, las conexiones a la red, las mediciones de pruebas y la fase de correcciones y ajustes del montaje y conexiones. El tiempo es de aproximadamente 1 a 2 meses.</p> <p><b>Funcionamiento:</b></p> <p>En la última fase, se da el monitoreo y plan de mantenimiento, correcciones y mantenimiento preventivo, modificaciones y proyecciones futuras. El tiempo es variable y depende de la longevidad del proyecto, normalmente entre 25 a 40 años.</p>
<b>Viabilidad técnica:</b>	<p>La viabilidad técnica de los proyectos de energía solar fotovoltaica, están relacionados con la potencia del sistema (regulado por la radiación solar de la zona), la zona donde se desea implantar el proyecto, el número de paneles</p>

	necesarios para satisfacer la demanda, el número de personas beneficiadas, el tipo de baterías requeridas, entre otros aspectos.
<b>Viabilidad económica:</b>	Los costos asumidos por un proyecto solar fotovoltaico son más asequibles que en otras alternativas, puesto que se estima un 30% menos que el eólico o de biomasa. Así mismo, la rentabilidad económica del proyecto es significativamente buena, de aproximadamente un 25% después de impuestos, pero, esto depende de las características de la zona, el precio de la energía y los intereses de los socios en el proyecto (Serrano <i>et al.</i> , 2017).

Comparando estas dos estrategias (Tabla 17), se observa que la alternativa de energía a partir de sistemas solares fotovoltaicos, presenta una mayor relación de costo-beneficio, alto impacto duradero y una alta viabilidad, comparado con la energía a partir de sistemas eólicos, que presentan altos costos al tiempo que altos beneficios, pero con un impacto duradero entre medio a alto y cuya viabilidad es medianamente viable, puesto que se requiere de alta financiación y mayor complejidad técnica para su instalación y mantenimiento.

**Tabla 17.**

*Comparación de las alternativas de solución más viables en Momil Córdoba.*

	Alternativa	Costo-beneficio	Impacto duradero	Viabilidad
1	Sistemas solar fotovoltaicos	Costos moderados/ Altos beneficios	Alto	Altamente viable, técnica y económicamente.
2	Parque eólico	Altos costos/Altos beneficios	Medio a Alto	Medianamente viable por que se requiere de alta financiación y mayor complejidad técnica.
3	Termoeléctrica con biomasa	Altos costos/Altos beneficios	Medio a Alto	Poco viable, por la baja capacidad productiva de materia prima en la región.

#### **5.4. Sistema de generación de energía local para la I.E. Francisco José de Caldas de Momil Córdoba.**

De acuerdo a la matriz DOFA, se eligió enfocar el sistema de generación de energía local, basado en la energía solar, debido a las características del sitio y las oportunidades técnicas que esta ofrece.

Inicialmente, se comparó las características del sitio, con las condiciones referidas por Hernández y Valbuena (2021) y expuestas en la Tabla 4. Dentro de estas destaca que, la temperatura del sitio se encuentra en los 26.23 °C, lo que se considera como una temperatura aceptable para la ejecución de dicho proyecto de aprovechamiento solar. Así mismo, la irradiación solar que se presenta en la zona, se encuentra en el rango entre 5.0 – 5.5 KWh/m<sup>2</sup>/día, lo que se considera como una irradiación muy aceptable, sumada a la precipitación, que en la zona se encuentra en 10,08 mm aproximadamente, es decir, se presentan lluvias moderadas (0 mm – 100 mm), lo que es completamente óptimo para los proyectos solares. Por último, considerando que la zona poca arborización o vegetación y el terreno es plano, las cuales son dos características extremadamente importantes y favorables para este tipo de proyectos.

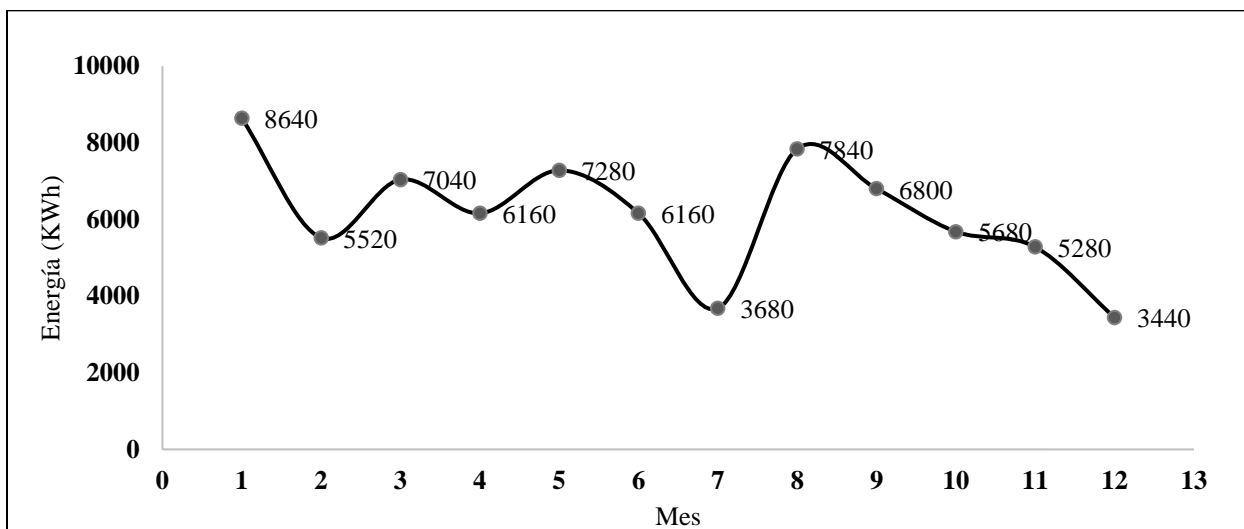
Por otro lado, de acuerdo con Mutombo y Numbi, (2019), los proyectos solares para la generación de energía eléctrica, resultan ser más económicos con respecto a sus fases de implantación y posterior mantenimiento, si se compara con otros como el eólico.

### 5.5. Diseño de un sistema de generación local de energía eléctrica mediante una fuente alternativa para el autoconsumo y la generación de excedentes de la I.E. Francisco José de Caldas de Momil Córdoba.

Para dimensionar el sistema se tuvo en cuenta la curva de demanda del colegio José Francisco de Caldas en Momil, Córdoba, Colombia, registrada en los consumos mensuales facturados por el Operador de Red Afinia durante los 12 meses del año 2022 (Figura 11).

**Figura 11.**

*Consumo de energía mensual en (kWh) de la I. E. Francisco José de Caldas de Momil Córdoba.*



El consumo promedio mensual de la institución es de 6.127 kWh/mes. Al ser un colegio, el consumo es considerablemente variable a razón de los periodos como las vacaciones de los estudiantes, semana santa o semana de receso. Omitiendo los dos meses de vacaciones largas de los estudiantes, julio y diciembre, el promedio de consumo es de 6.640 kWh/mes. Durante los periodos de baja ocupación, que son menores a un mes, no se presentan grandes implicaciones en

los equipos eléctricos. Estos periodos son ideales para realizar mantenimientos eléctricos, sobre todo intervenciones mayores, pues de esta manera no se afectaría la rutina de la comunidad.

Es por ello que además de analizar los consumos mensuales del colegio, se decide realizar un análisis de cargas horario, evaluando los consumos energéticos de la institución con ocupación, es decir, de un día de actividad estudiantil (Ver Apéndice 1). El resultado es un consumo energético diario de 301,5 kWh/día. Estos consumos se sacaron a partir de una curva de potencia que muestra una potencia instantánea pico de casi 23.800 W, con un consumo medio durante las 8 am a las 6 pm de 21.670 W (Tabla 18, Figura 12).

**Tabla 18.**

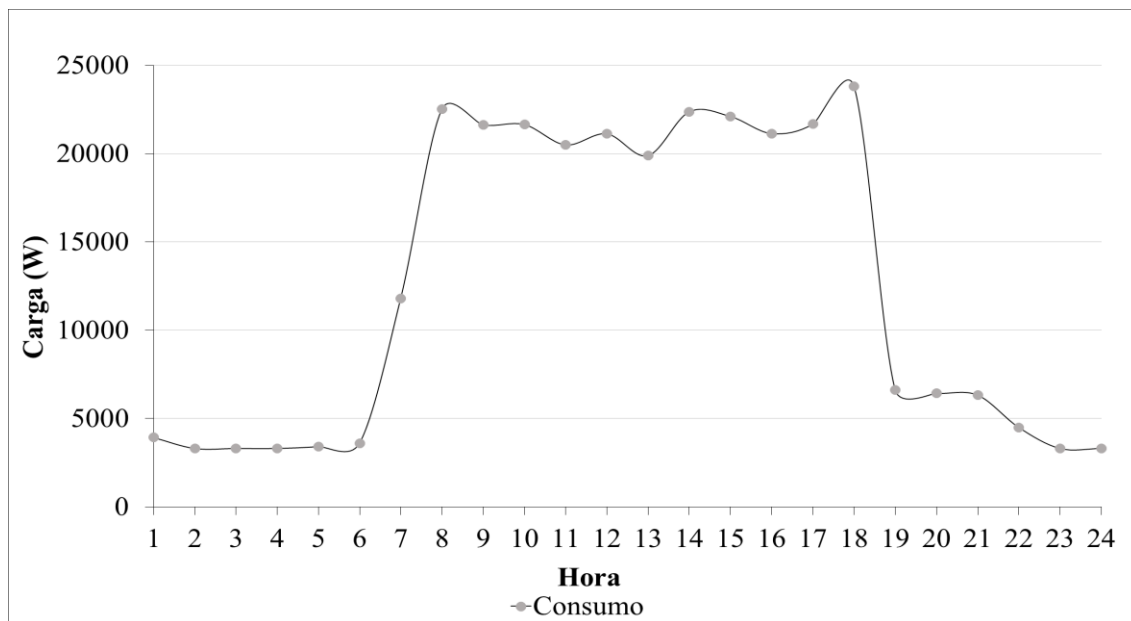
*Demanda horaria diaria de la IE Francisco José de Caldas de Momil Córdoba.*

Hora	Consumo (Wh/día)	Hora	Consumo (Wh/día)	Hora	Consumo (Wh/día)	Hora	Consumo (Wh/día)
1	3504	7	11866	13	19974	19	6580
2	3404	8	22576	14	22192	20	6380
3	3404	9	21804	15	22104	21	6280
4	3404	10	21592	16	21080	22	4592
5	3504	11	20842	17	21454	23	3404
6	3704	12	21066	18	23688	24	3404

Teniendo en cuenta que los sábados y domingos no hay actividad estudiantil, para calcular el consumo mensual se tienen en cuenta 22 días hábiles al mes, por lo que resulta en un consumo mensual de 6.640 kWh/mes.

**Figura 12.**

*Curva de demanda horaria diaria de la IE Francisco José de Caldas de Momil Córdoba.*



Evaluando la disponibilidad de equipos en el mercado, se observa que los paneles solares actualmente se encuentran en potencias entre los 400W y los 600W según los requerimientos del cliente. Por las dimensiones del techo y la facilidad para instalar en sitio (masa de los paneles) se decide utilizar paneles de una potencia similar a 500W. En este caso, paneles marca Trina Solar de 500W, modelo TSM-DE18M(II) con dimensiones de 1.102 m de ancho y 2.187 m de largo, con una masa de 26.5 kg, que se puede manipular con facilidad entre una o dos personas (Ver Apéndice 12). La marca y referencia seleccionadas además de estar disponibles en el mercado colombiano, tienen muy buena relación precio/vatio, como se ve en la Tabla 19. Todos los paneles analizados cumplen normas técnicas y eléctricas internacionales para sistemas fotovoltaicos, como son IEC61215 / IEC61730 / IEC61701 / IEC62716. Para decidir cuál panel utilizar, se realizó una comparativa entre diferentes potencias y marcas disponibles en el mercado colombiano y se evaluó la menor relación precio por vatio de potencia, como se puede ver en la siguiente tabla:

**Tabla 19.**

*Evaluación de los paneles solares disponibles en el mercado colombiano.*

Marca	Referencia	Eficiencia	Potencia [W]	Medidas [m]	Área [m <sup>2</sup> ]	Precio	Relación \$ / W
Trina Solar	TSM-DE09	20,80%	400	1,754 x 1,096	1,92	\$ 775.000	\$ 1.938
JA Solar	JAM72S10	20,70%	415	2,015 x 0,996	2,01	\$ 757.000	\$ 1.824
Jinko Solar	JKM450M-60HL4	20,85%	450	1,903 x 1,134	2,16	\$ 820.000	\$ 1.822
JA Solar	JAM72S20	20,40%	455	2,120 x 1,052	2,23	\$ 887.600	\$ 1.951
Trina solar	TSM-DE18M(II)	20,70%	500	2,187 x 1,102	2,41	\$ 910.500	\$ 1.821
JA Solar	JAM72S30	21,10%	545	2,278 x 1,134	2,58	\$ 1.038.700	\$ 1.906
Trina Solar	TSM-DE19	21,00%	550	2,384 x 1,096	2,61	\$ 1.046.000	\$ 1.902

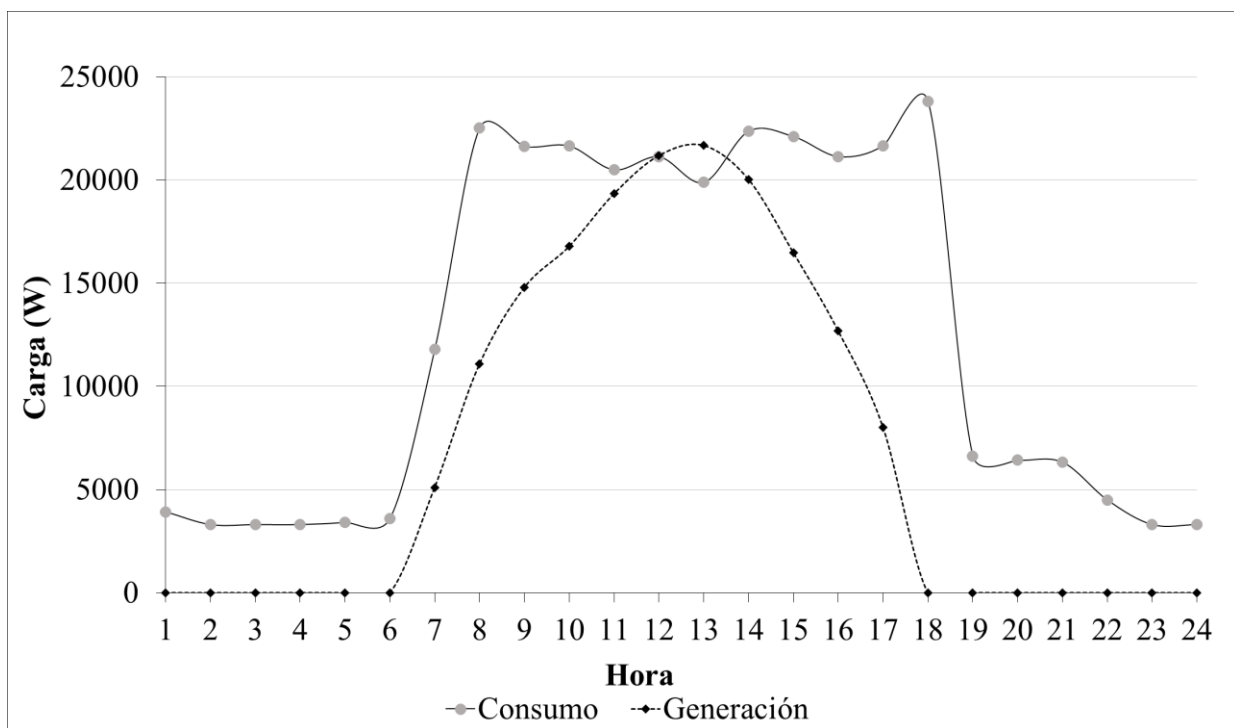
Para la selección del inversor, se evalúan inversores centrales y micro inversores. Los micro inversores son equipos que brindan mayor fiabilidad y vida útil para el sistema en general, pues cada panel está conectado únicamente a su micro inversor, los cuales están interconectados con los demás en paralelo, de modo que, si algún panel o micro inversor falla o tiene sombras, no afectará a los demás; además de que tienen garantías de 10 años y una vida útil estimada de 25 años (Sendy, 2023). Por otro lado, los inversores centrales tienen un costo significativamente menor que el de un sistema con micro inversores, pues en un sistema de 100 paneles, por ejemplo, en vez de utilizar 100 micro inversores podría utilizar 1, 2 o pocos inversores centrales, de modo que utilizando menos equipos se ahorran costos. Teniendo en cuenta la alta calidad de los inversores centrales hoy en día, se decide utilizar uno solo para todo el proyecto y no usar micro inversores debido a su alto costo.

Para calcular la cantidad de paneles e inversores necesaria, se calcula la producción de cada panel y con cuántos se cubre la demanda del cliente. Lo que queremos con este proyecto es cubrir la demanda de potencia que tiene la institución educativa durante las horas del día, es por ello que con los datos de producción de cada panel y posteriormente del conjunto de paneles, se genera una

curva de producción y se sobrepone con la curva de consumo para analizar su comportamiento (Figura 13). La curva de producción previamente mencionada tiene en cuenta la irradiación mensual de la zona de ejecución del proyecto, tomando los datos de PVGIS, que es una base de datos de la Unión Europea (Figura 14).

**Figura 13.**

*Comparativa diaria de curva de generación solar vs consumo.*



La razón de sobreponer las curvas de producción y consumo, es que así logramos que la potencia pico de producción del sistema solar sea similar a la potencia pico de la demanda del colegio. Para asegurarnos de ellos, se busca que la potencia máxima del sistema solar sea igual al promedio de las horas de mayor consumo en el día, es decir, el promedio de consumo entre las 8 am y las 6 pm. Los consumos horarios se pueden revisar en la Tabla 19.

Analizando la Tabla 19, se puede apreciar que la potencia máxima se encuentra a las 6 pm, cuando se comienzan a prender las luces y todavía hay personas en muchos salones, con una potencia instantánea requerida de 23.804 W o 23,8 kW. El promedio de potencia consumida en las horas de mayor consumo, entre las 8 am y las 6 pm es 21.670 W.

**Figura 14.**

*Curva de radiación difusa mensual en Momil Córdoba.*



*Nota: Tomada de PVGIS.*

Para saber la cantidad de paneles a utilizar, se necesita que la potencia por panel, que se seleccionó en la Tabla 19, así como la potencia objetivo que se estableció en la Tabla 18 sea la producida por el sistema a la hora de mayor producción del sistema, según la información de la base de datos PVGIS. Para ello, se suma la irradiación total del día y se calcula el porcentaje que representa cada hora en el total del día. Luego, según la cantidad de paneles utilizados y la generación de los mismos, la energía generada a la hora de mayor irradiación debe ser lo más

similar posible a la energía media (potencia en varias horas) demandada por el colegio entre las horas de mayor consumo. Para ello se debe iterar entre la cantidad de paneles a utilizar y con ellos calcular una generación estimada con una fórmula y del total, sacar el porcentaje correspondiente a la hora de mayor irradiación, como se muestra en la Tabla 19.

Para calcular la energía total generada diaria, es decir, los 167.200 Wh, se utilizó la fórmula:

$$\text{Generación} = \text{Potencia de paneles} * \text{Horas Pico Sol} * \text{Factor de seguridad}$$

En esta fórmula la potencia de paneles se iteró hasta concluir en 76 paneles, habiendo previamente decidido que cada panel tendría una potencia de 500 W, por lo tanto, la potencia total del sistema son 38.000 W o 38 kW de potencia en DC (Tabla 20, Figura 15). Para el factor de generación se utiliza de referencia el mapa de brillo solar del IDEAM (Ver Apéndice 13), en el que se indica que en la región en la que se ubica el proyecto hay entre 5 y 6 horas diarias de horas pico Sol a lo largo del año, a lo que se le aplica un factor de corrección del 80%, para tener en cuenta factores climáticos, ineficiencias implícitas en los equipos solares y eléctricos y factores externos como la suciedad de los paneles solares. Así, resulta utilizar un factor de generación de 4,4 kWh/día por cada kWp de potencia DC instalada. Cabe aclarar que 4,4 resulta de multiplicar 5,5 \* 0,8, siendo 5,5 la media entre 5 y 6 horas de sol diarias y 0,8 el factor de corrección mencionada.

**Tabla 20.***Generación horaria del sistema solar.*

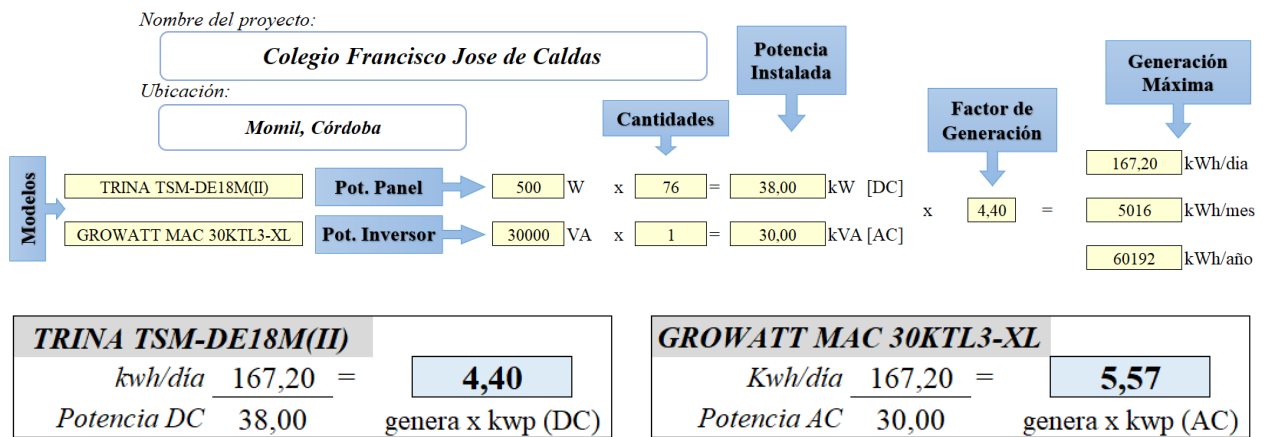
Hora	Irradiación	Porcentaje	Generación (Wh)
1	0	0,00%	0
2	0	0,00%	0
3	0	0,00%	0
4	0	0,00%	0
5	0	0,00%	0
6	0	0,00%	0
7	53,44	3,05%	5098,9
8	116,16	6,63%	11083,3
9	155,04	8,85%	14793,0
10	175,96	10,04%	16789,1
11	202,69	11,57%	19339,5
12	222,08	12,67%	21189,6
13	227,22	12,97%	21680,0
14	210	11,98%	20037,0
15	172,77	9,86%	16484,7
16	133,01	7,59%	12691,0
17	83,98	4,79%	8012,9
18	0,01	0,00%	1,0
19	0	0,00%	0
20	0	0,00%	0
21	0	0,00%	0
22	0	0,00%	0
23	0	0,00%	0
24	0	0,00%	0
Total	1752,36	100%	167200

**Tabla 21.***Cálculo de la cantidad de paneles e inversores necesarios para el sistema solar fotovoltaico.*

ÍTEM	PARÁMETRO	CANTIDAD	UNIDAD
1	Consumo o demanda de diseño	6640	kWh / mes
2	Generación mensual estimada	5016	kWh / mes
3	Porcentaje de demanda cubierto	75,5	%
4	Generación diaria estimada	167,2	kWh / día
5	Factor de Generación	4,4	kWh / día / kW
6	Capacidad a instalar en AC	30	kVA
7	Potencia de planta en DC	38	kW
8	Potencia de cada panel	500	W
9	Potencia de cada inversor	30000	VA
10	Cantidad de inversores a instalar	1	Unidades
11	Cantidad de paneles a instalar	76	Unidades

Figura 15.

Cálculo de la cantidad de paneles e inversores necesarios para el sistema solar fotovoltaico.



En la naturaleza de los sistemas solares está que la potencia DC instalada sea mayor a la potencia AC, en relaciones que varían según el fabricante entre el 30% y 50% de potencia mayor en DC. Teniendo esto en cuenta y los cálculos realizados en potencia DC, se busca un inversor disponible en el mercado y se encuentra que la marca Fronius de diseño y fabricación europea, que es de alta calidad, ofrece la referencia Fronius Eco 27.0-3-S de 27.000 VA de potencia AC, para el que sugieren una potencia DC de hasta 37.800 W DC. Sin embargo, la potencia de paneles en DC calculada es 38.000 W, por lo que se busca otra marca con una referencia que aguante la cantidad de paneles requerida y se encuentra otra marca muy comercial en los últimos años que es Growatt.

Teniendo en cuenta lo anterior, se sugiere el uso del inversor Growatt MAC 30KTL3-XL, para el que el fabricante recomienda una potencia DC pico de 39.000 W, suficiente para este proyecto. Los datos técnicos se pueden comprobar en su ficha técnica (Ver Apéndice 4).

Luego de calcular la cantidad de paneles necesarios y seleccionar el inversor, se evalúa cómo se deben agrupar según el espacio disponible en los techos del predio. Los planos se muestran más

adelante. Se debe tener en cuenta que el inversor seleccionado tiene dos entradas. Así, se podrían acomodar 2 circuitos de 38 paneles para cada entrada del inversor.

Es importante tener en cuenta que, para poder hacer el proyecto interconectado a la red pública se debe cumplir lo indicado en la Ley 1715 de 2014 y en la Resolución CREG 174 de 2021. Entre los requisitos, están que los inversores cumplan con la norma internacional UL 1741 y la IEEE 1547 o equivalentes. Así mismo, que los paneles cumplan con la normativa IEC 61215 o equivalentes. Los equipos previamente seleccionados cumplen estos estándares internacionales y son aceptados por el RETIE y los operadores de red a nivel nacional.

De otro lado, la CREG 174 de 2021 permite utilizar hasta el 50% de la potencia del transformador del operador de red al que se va a conectar el proyecto sin presentar estudio de conexión. El transformador al que se conectaría este proyecto tiene una potencia nominal de 75 kVA, por lo que se dispone de 37.5 kVA de potencia para instalar el proyecto solar. Ya que este diseño es de 30 kVA, no se hace necesario realizar un estudio de conexión que evalúe el proyecto, solo se debe hacer la Solicitud de Conexión Simplificada al operador de red.

Para calcular las protecciones, con 76 paneles en el inversor, cubriendo 38 kW de los 39 kW disponibles de entrada en el inversor, se asume que estamos cubriendo el 100% de la capacidad del mismo. Entonces se deben calcular las protecciones tanto en DC como en AC.

En primer lugar, se realizan los cálculos de las protecciones en DC, donde se utilizarán fusibles. Se calcula tanto el voltaje como la corriente requerida. Para el voltaje se utiliza un factor de corrección del 20%, mientras para la corriente el factor de corrección permitido es de 25% según la norma NTC-2050. Los cálculos de voltaje se realizan para cada circuito (string) de paneles, que en nuestro diseño tenemos circuitos de 13 paneles, así como otros de 12 paneles, todos conectados en serie dentro del circuito. La ficha técnica de los paneles (Apéndice 12) muestra que el voltaje de

cortocircuito de cada panel es 51,7 V, mientras la corriente de cortocircuito es 12,28 A. De modo que los cálculos se realizan así:

$$\text{Circuitos 13 paneles} \rightarrow V_{fusible} = 13 * 51,7 V * 1,2 = 806,5 V$$

$$\text{Circuitos 12 paneles} \rightarrow V_{fusible} = 12 * 51,7 V * 1,2 = 744,5 V$$

$$\text{Todos los circuitos} \rightarrow A_{fusible} = 12,28 * 1,25 = \mathbf{15,4 A}$$

Teniendo en cuenta los cálculos anteriores, para cada circuito se pueden utilizar los mismos fusibles, que deben ser de por lo menos 744 V, así que se pueden utilizar fusibles que soporten 1.000 V. Y lo más importante, que sean de 15 A para que se accionen con esta corriente.

Por otro lado, se deben calcular las protecciones en potencia AC, que será la potencia efectiva de salida del inversor y se utilizan interruptores electromagnéticos (breakers). En este caso se tienen 30 kVA completamente utilizados y se asume un factor de potencia de 1. Además, se debe tener en cuenta que el voltaje de la I.E. son 208 V al tener un sistema trifásico y al utilizar un inversor igualmente trifásico. Finalmente, la norma NTC-2050 permite utilizar un factor de sobrecorriente de 25%, por lo que los cálculos de corriente para las protecciones son los siguientes:

$$\frac{30.000 W * 1,25}{208 V * \sqrt{3}} = \mathbf{104,1 A}$$

Así, como protección general para el sistema se debe utilizar la protección comercial más cercana a 105 A, para lo que seguramente se deberá buscar un breaker que se pueda regular a 105 o 110 A. A esta protección corresponden cables #1 AWG según los artículos 210-20 y 310-15 de la NTC-2050. El diseño realizado se presenta en el Apéndice 2.

En cuanto a la distribución de los paneles, la institución educativa dispone de varios techos en los que se pueden ubicar arreglos de paneles y tiene área suficiente. Sin embargo, se decide utilizar los techos más cercanos al tablero eléctrico del predio para evitar caídas de voltaje considerables (Ver Apéndice 3). También se tiene en cuenta que para la caída de voltaje sea lo menor posible, los circuitos más lejanos deben ser los de menor cantidad de paneles.

Finalmente, se debe tener en cuenta que no todos los meses el sistema solar genera lo mismo, por lo que, utilizando datos históricos de la base de datos PVGIS, la producción mensual esperada en el primer año se presenta en la Tabla 21 y en la Figura 16.

**Tabla 22.**

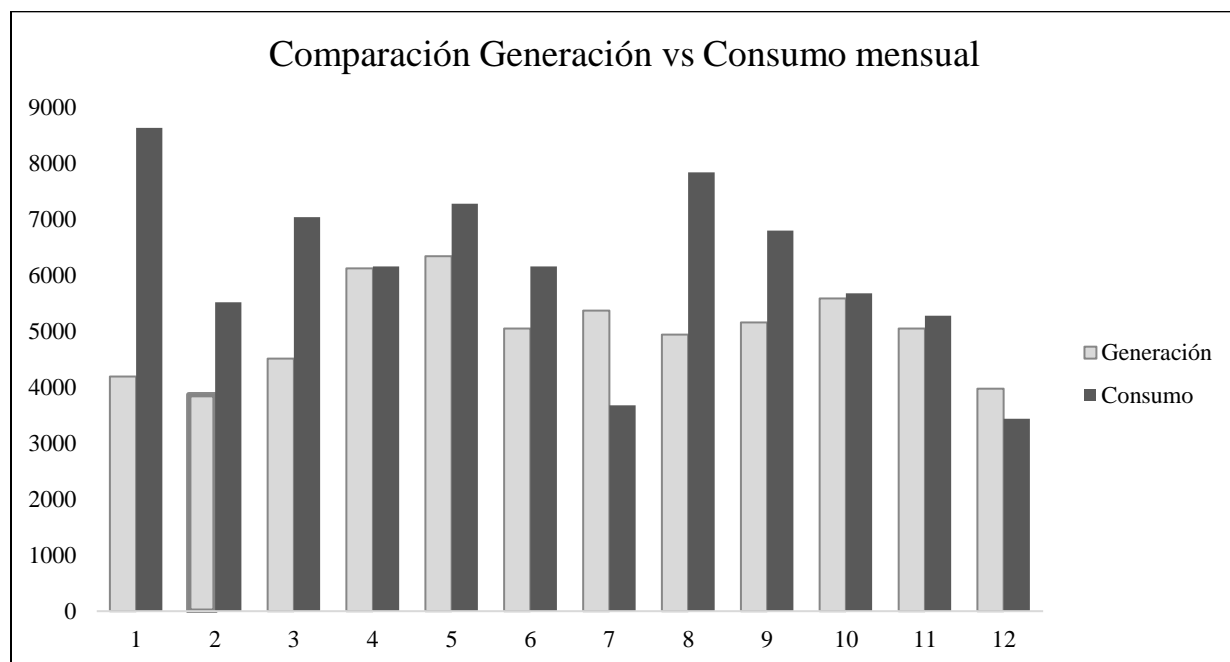
*Cumplimiento de la demanda mensual y generación mensual esperada.*

Mes	Nivel de cumplimiento de la demanda (%)	kWh/mes
Enero	48,5%	4192
Febrero	70,1%	3869
Marzo	64,1%	4514
Abril	99,5%	6127
Mayo	87,1%	6342
Junio	82,0%	5052
Julio	146,0%	5374
Agosto	63,1%	4944
Septiembre	75,9%	5159
Octubre	98,4%	5589
Noviembre	95,7%	5052
Diciembre	115,6%	3977
Total generado año	87,2%	60192

Se analiza que, los meses de julio y diciembre la generación de energía solar superará el 100% de la demanda consumida, por lo que la I.E. venderá al operador de red Excedentes Tipo II a precio de bolsa. El resto de los meses, se deberá suplir los faltantes con la red eléctrica local. De igual manera, todos los meses habrá Excedentes Tipo I generados durante los fines de semana, que serán vendidos a la electrificadora de la zona (Afinia) al mismo precio al que se le compra al proveedor de energía, omitiendo el costo de la comercialización del costo unitario del kilovatio-hora (Figura 16).

**Figura 16.**

*Curva de generación Vs. consumo de energía en la I.E. Francisco José de Caldas.*



Finalmente, si se realiza un pequeño análisis económico del proyecto solar, se encuentra que un panel solar de 500 W a precios de 2023 cuesta alrededor de \$1'000.000, mientras el inversor sugerido puede costar casi \$20'000.000. Si se tiene en cuenta los demás materiales del proyecto, como estructura, accesorios del sistema solar y adecuaciones eléctricas, solo en materiales se

gastan más de \$110'000.000, por lo que el proyecto podría llegar a costa, según la empresa contratada, entre \$170'000.000 y \$180'000.000.

Si se realiza un análisis con los precios actuales de la energía, se encuentra que la empresa eléctrica Afinia cobró en el último recibo del cliente cada kWh a 853,31 \$/kWh. Además, se debe tener en cuenta los excedentes Tipo I y Tipo II. Los excedentes Tipo I se estima que sean apenas el 10% de la generación solar de los días en los que el colegio está ocupado, que son 22 días al mes, y el 90% de la producción en los días en los que no hay actividad estudiantil, es decir los 8 días restantes. Teniendo en cuenta las estimaciones anteriores, el porcentaje de excedentes Tipo I con respecto a la producción solar sería:

$$\% \text{ Exc Tipo I} = \frac{(10\% * 22 \text{ días}) + (90\% * 8 \text{ días})}{30 \text{ días}} = 31,3\%$$

Se debe tener en cuenta que los excedentes Tipo I, el Operador los paga al precio del kWh, sin considerar el precio del costo de comercialización, que el último mes fue \$126,65 de los \$853,51 totales del kWh. Y los excedentes Tipo II los pagan a precio de bolsa, que varía hora a hora, pero se utilizará como aproximación promedio del precio anual, el costo del componente de generación de la factura que es \$270,66. Los excedentes Tipo II solo se encontrarán en los meses de julio y diciembre, y aproximándolos con los datos de la Tabla 21, el cálculo sería el siguiente:

$$\text{Exc Tipo II} = \frac{5374 \text{ kWh} * 46\%}{146\%} + \frac{3977 \text{ kWh} * 15,6\%}{115,6\%} = 2\,230 \text{ kWh}$$

2.230 kWh representa el 3,7% de la energía total generada en el año por el sistema solar, es decir que en el año 1 el dinero ahorrado será de la siguiente manera:

**Tabla 23.**

*Análisis de ahorro de energía en el año 1 del proyecto fotovoltaico propuesto.*

<b>Tipo de ahorro</b>	<b>Porcentaje del año</b>	<b>kWh por tipo</b>	<b>Precio del kWh</b>	<b>Dinero ahorrado en el año</b>
Consumo directo	65,0%	39125	853,31	\$ 33.385.583,09
Excedentes Tipo I	31,3%	18840	726,56	\$ 13.688.460,15
Excedentes Tipo II	3,7%	2227	270,66	\$ 602.787,97
<b>Total</b>		<b>60192</b>		<b>\$ 47.676.831,21</b>

Teniendo en cuenta el análisis anterior, el dinero invertido en el proyecto fotovoltaico se recuperaría en menos de 4 años, lo que lo hace un proyecto muy atractivo económicamente teniendo en cuenta que tiene una vida útil de más de 20 años.

## 6. Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos en el presente trabajo y su análisis, es posible concluir, que:

- Los proyectos de generación de energía eléctrica por medio de recursos renovables o energías limpias, están estrictamente determinados por las características climáticas de la zona donde se pretende ejecutar dichos sistemas. Por lo tanto, su respectivo estudio es fundamental, lo cual permitirá la toma de decisiones para las estrategias más favorables.
- Además de considerar la producción o uso de energías sustentables en la I.E, también es apropiado que se realicen algunas mejoras en cuanto a la infraestructura, tanto física como eléctrica, que garanticen el óptimo uso energético. En este trabajo, se realizó un diagnóstico que generó una serie de medidas para mejorar el uso eficiente de energía en la institución.
- Bajo las condiciones que presenta el municipio de Momil Córdoba y específicamente el área de estudio que era la I.E Francisco José de Caldas, en este trabajo se identificaron dos posibles estrategias para la generación del uso de energía eléctrica en el plantel. Estas son, un sistema de energía solar y sistema de generación de energía eólica. Sin embargo, de acuerdo a las condiciones de la zona y por los supuestos económicos que representa la implementación de un sistema solar fotovoltaico, esta se recomienda como las más favorable para la I.E.
- Basados en la generación de energía eléctrica mediante sistemas fotovoltaicos, se realizó el diseño de un sistema eficiente, que cubre el 75,5% de necesidades energéticas de la institución. Se requeriría de 76 paneles solares, que producirán alrededor de 5016

kWh/mes y que cubrirá gran parte de la demanda actual de energía de la institución que se sabe que es de 6.640 kWh/mes, omitiendo los meses de vacaciones. La vida útil de dicho sistema se calcula en 25 años, cuya eficiencia será del 100% al 80% con el paso de los años.

- Se recomienda utilizar un inversore teniendo en cuenta las características técnicas del proyecto y las posibilidades económicas de la Institución.
- En esta investigación, se pudo establecer que la normativa con la que se debe diseñar el tipo de sistemas a implantar es relevante, por lo que todos los materiales y equipos deben cumplir con lo dispuesto por la RETIE y normas internacionales, aspectos que se consideraron para la selección de los equipos, conductores y protecciones.
- Mediante el sistema solar propuesto, se garantiza mejorar el sistema eléctrico en la Institución Educativa Francisco José de Caldas del municipio de Momil Córdoba mediante el análisis de retos y oportunidades energéticas con fuentes alternativas.
- La aplicación de este tipo de proyectos, aun cuando la entidad a beneficiar tenga el máximo interés en desarrollarlos como es el caso de la IE Francisco José de Caldas, se ven limitadas por los costos que estos requieren. Por lo tanto, dependen del involucramiento del estado, específicamente, de la alcaldía municipal. Lo que nos permite sugerir un acercamiento de los entes gubernamentales, para garantizar el derecho a la educación de la población.

### Referencias Bibliográficas

- Abdelrazik, M. K., Abdelaziz, S. E., Hassan, M. F., & Hatem, T. M. (2022). Climate action: Prospects of solar energy in Africa. *Energy Reports*, 8, 11363–11377. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.08.252>
- Aristizabal Alzate, C.E. (2018). *Energía Azul: generación de potencia a través de la Ósmosis por Presión Retardada (PRO)*. Ingenierías USBMed, 9(1), 3-8. <http://revistas.usbbog.edu.co/index.php/IngUSBmed/article/view/3069>
- CEPAL. (2013). *Energía: una visión sobre los retos y oportunidades en América Latina y el Caribe*. CAF. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/1505>
- El Bourakadi, D., Yahyaouy, A., & Boumhidi, J. (2022). Intelligent energy management for micro-grid based on deep learning LSTM prediction model and fuzzy decision-making. *Sustainable Computing Informatics and Systems*, 35(100709), 100709. <https://doi.org/10.1016/j.suscom.2022.100709>
- Escuela Nacional de Geografía – ESGEO. (2011). Geografía de Colombia, Departamentos de Colombia, Córdoba. ESGEO. <https://www.sogeocol.edu.co/cordoba.htm>
- Gómez, L. M. J., Prins, N. M. A., & López, M. D. R. (2016). Valoración de opción real en proyectos de generación de energía eólica en Colombia. *Revista ESPACIOS/ Vol. 37 (Nº 26) Año 2016.* <https://revistaespacios.com/a16v37n26/16372626.html>
- Giraldo, M., Vacca Ramírez, R., & Urrego Quintanilla, A. (2018). LAS ENERGÍAS ALTERNATIVAS ¿UNA OPORTUNIDAD PARA COLOMBIA? *Punto de Vista*, 9(13). <https://doi.org/10.15765/pdv.v9i13.1117>

- Hidalgo, Carlos. (2019). *La Encrucijada Energética, Estrategias Para el Desarrollo Energético Sostenible*. Méthode Science Studies Journal, 100(1), 57-63. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6841348>
- Kaldellis, J. K. (2022). Introduction to wind energy. In *Comprehensive Renewable Energy* (pp. 1–12). Elsevier.
- Kiunke, T., Gemignani, N., Malheiro, P., & Brudermann, T. (2022). Key factors influencing onshore wind energy development: A case study from the German North Sea region. *Energy Policy*, 165(112962), 112962. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.112962>
- Li, J., Shen, J., Wang, X., & Xu, J. (2021). Layout and power generation estimation of 50 MW wind turbine in Dayingpo. *Energy Reports*, 7, 979–989. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2021.09.175>
- Meteoblue, K. (2021). Clima Montería. meteoblue. [https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/monter%C3%ADa\\_colombia\\_3674453](https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/monter%C3%ADa_colombia_3674453)
- Mutombo, N. M.-A., & Numbi, B. P. (2019). Assessment of renewable energy potential in Kwazulu-Natal province, South Africa. *Energy Reports*, 5, 874–881. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2019.07.003>
- Niño-Vega, J. A., Fernández-Morales, F. H., & Duarte, J. E. (2019). Diseño de un recurso educativo digital para fomentar el uso racional de la energía eléctrica en comunidades rurales. *Saber Ciencia y Libertad*, 14(2). <https://doi.org/10.18041/2382-3240/saber.2019v14n2.5889>

Norma Técnica Colombiana NTC 4595. (2006). Ingeniería Civil y Arquitectura, Planeamiento y Diseño de Instalaciones y Ambientes Escolares.

Pantoja, A., Guerrero, K. y Fajardo, D. (2015). *Hacia el Análisis de Oportunidades Energéticas con Fuentes Alternativas en el Departamento de Nariño*. Universidad de Nariño. <https://1library.co/document/y86x1v5q-hacia-analisis-oportunidades-energeticas-fuentes-alternativas-departamento-narino.html>

Prias C., O., & Montaña S., D. (2014). Modelo estratégico de innovación para impulsar la gestión energética en Colombia. *Energética*, 44, 61–68. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=147040027006>

Quiwa, D., & Vera G, L. J. (2010). La educación ambiental como herramienta para promover el desarrollo sostenible. *Telos*, 12(3), 378–394. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3391360>

Ramful, R., & Sowaruth, N. (2022). Low-cost solar tracker to maximize the capture of solar energy in tropical countries. *Energy Reports*, 8, 295–302. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.10.145>

Sánchez Durán, R. (2020). *El futuro y la demanda energética*. (Tesis Doctoral Inédita). Universidad de Sevilla, Sevilla. <https://hdl.handle.net/11441/102598>

Serrano Guzmán, M. F., Pérez Ruiz, D. D., Galvis Martínez, J. F., Rodríguez Sierra, M. L., & Correa Torres, S. N. (2017). Análisis prospectivo del uso de energía solar: Caso Colombia. *Investigación y Ciencia de La Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 71, 85–93. <https://doi.org/10.33064/iycuaa201771604>

Srinivas, B. A., Nagababu, G., Kachhwaha, S. S., & Puppala, H. (2022). Climate change impacts the future offshore wind energy resources in India: Evidence drawn from CORDEX-SA Regional Climate Models. *Regional Studies in Marine Science*, 102717, 102717. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2022.102717>

Unidad de Planeación Minero Energética - Upme. (2021). *Balance Energético Colombiano (BECO)* Año 2020. Upme. <https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Paginas/BECO.aspx>

Valdés-González, G. D., Rodríguez-Ponce, E. R., Miranda-Visa, C. y Lillo-Sotomayor, J. (2020). *Estudio de viabilidad de sistemas fotovoltaicos como fuentes de energía distribuida en la ciudad de Arica, Chile*. *Inf. tecnol.*, 31(3), 249-256. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642020000300249>

Weather Spark. (2016). El clima en Córdoba, el tiempo por mes, temperatura promedio (Colombia). Weather Spark. <https://es.weatherspark.com/y/22407/Clima-promedio-en-C%C3%B3rdoba-Colombia-durante-todo-el-a%C3%B1o>

Weather Spark. (2023). El clima en Momil, el tiempo por mes, temperatura promedio (Colombia). Weather Spark. <https://es.weatherspark.com/y/22596/Clima-promedio-en-Momil-Colombia-durante-todo-el-a%C3%B1o>

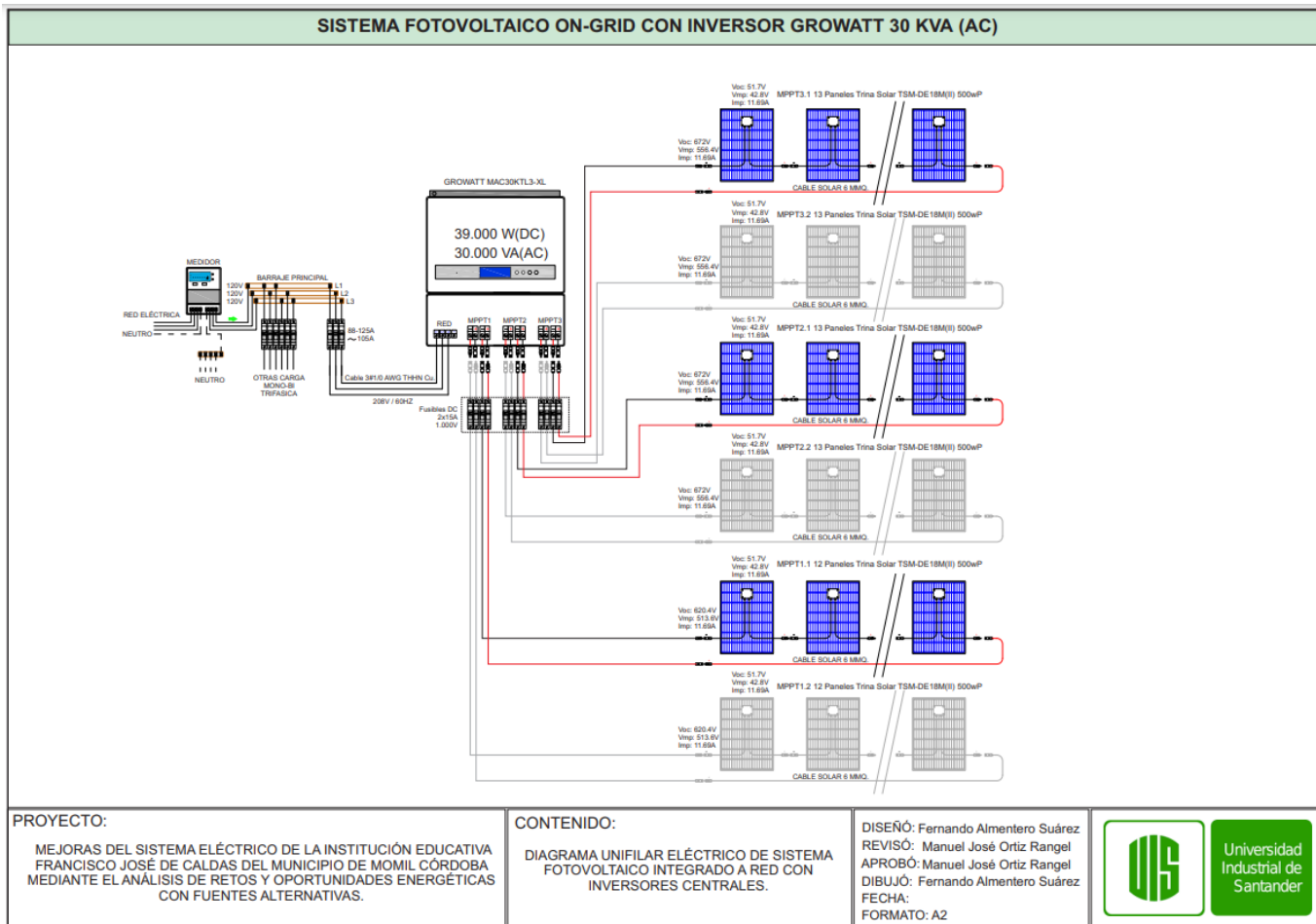
Apéndices

Apéndice 1. Demanda diaria de energía de la IE Francisco José de Caldas, según área o recinto del plantel.

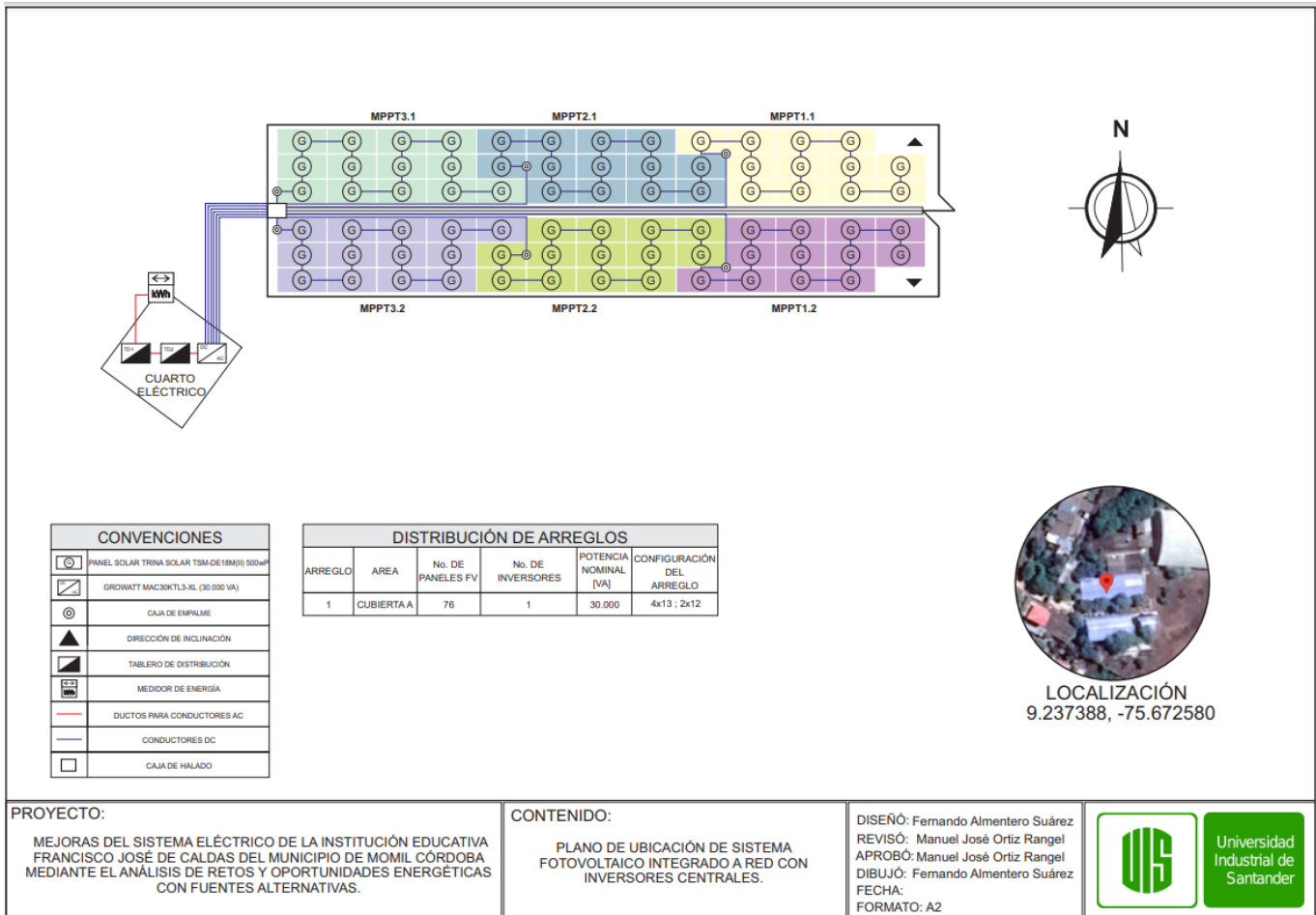
RECINTO	EQUIPO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
SALAS DE INFORMÁTICA	Tubo doble LED Antipolvo							2	4	8	8	8	4	4	4	8	8	4	4						
	Computador de Escritorio							1	1	1	2	2	2	1	2	2	2	2	1						
	Computador Portátil							10	20	20	30	20	20	20	30	30	30	20	20						
	Aire acondicionado							2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4						
	Tomacorriente								1	1	2	1	2	1	3	1	3	1	1						
	Video beam											1						1							
ÁREA ADMINISTRATIVA	Bombillo LED 30W							2	6	6	6	4	4	4	4	6	6	6	6						
	Computador de Escritorio							1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3						
	Aire acondicionado							2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4						
	Impresora								1			1			1				1						
	Timbre													1											
	Video beam											1						1							
	Tomacorriente							1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
	Router de internet	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Televisor										1					1									
	AULAS - PABELLÓN 1	Ventilador							16	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	24	24	24	12	
Tubo doble LED Antipolvo		4	4	4	4	4	4	16	32	32	32	32	32	20	24	32	32	32	32	20	20	20	12	4	4
Tomacorriente								2	2	1	2	2	3	2	3	2	3	2	3						
AULAS - PABELLÓN 2	Ventilador							8	16	16	12	16	16	12	16	16	12	16	16						
	Tubo doble LED Antipolvo	4	4	4	4	4	4	8	16	4	4	4	4	4	4	4	4	4	16	4	4	4	4	4	4
	Tomacorriente								1	2	1	1	1	2	2	3	1	1	1						
AULAS - PABELLÓN 3	Ventilador							8	16	16	16	12	16	12	16	16	12	16	16						
	Tubo doble LED Antipolvo	4	4	4	4	4	4	8	16	4	4	4	4	4	4	4	4	4	16	4	4	4	4	4	4
	Tomacorriente							1	2	1	3	1	2	1	1	1	1	1	1						
AULAS - PABELLÓN 4	Ventilador							8	16	16	12	16	16	16	16	16	12	12	16						
	Bombillo incandescente	4	4	4	4	4	4													4	4	4	4	4	4
	Tubo doble LED Antipolvo							8	16	4	4	4	4	4	4	4	4	4	16						
	Tomacorriente								2	1	1	2	1	1	1	2	1	3	1						
AULAS - PABELLÓN 5	Ventilador							8	16	16	12	16	16	12	16	16	12	16	16						
	Bombillo incandescente	4	4	4	4	4	4													4	4	4	4	4	4
	Tubo doble LED Antipolvo							8	16	4	4	4	4	4	4	4	4	4	16						



Apéndice 2. Plano del diseño del sistema de generación de energía eléctrica mediante paneles solares. También puede verse en un documento adjunto.



Apéndice 3. Plano de ubicación del sistema fotovoltaico integrado a red con inversores centrales.



**PROYECTO:**  
MEJORAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS DEL MUNICIPIO DE MOMIL CÓRDOBA MEDIANTE EL ANÁLISIS DE RETOS Y OPORTUNIDADES ENERGÉTICAS CON FUENTES ALTERNATIVAS.

**CONTENIDO:**  
PLANO DE UBICACIÓN DE SISTEMA FOTOVOLTAICO INTEGRADO A RED CON INVERSORES CENTRALES.

**DISEÑO:** Fernando Almentero Suárez  
**REVISÓ:** Manuel José Ortiz Rangel  
**APROBÓ:** Manuel José Ortiz Rangel  
**DIBUJÓ:** Fernando Almentero Suárez  
**FECHA:**  
**FORMATO:** A2



**Apéndice 4. Constancia de visita de campo a la IE Francisco José de Caldas de Momil, Córdoba.**

**INSTITUCIÓN EDUCATIVA FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS**  
**CIENCIA, ESTUDIO Y RESPONSABILIDAD**



Reconocimiento de carácter oficial por Resolución 0430 de 02 de abril 2013, para los niveles de Preescolar, Básica y Media Académica y Ciclos Le Especiales Integrados III, IV, V y VI de la Jornada Nocturna emanada de la Secretaría de Educación Departamental de Córdoba.

DANE No. 123464000016 - NIT. 812007597-2 - Código 031823

*El suscrito Rector de la Institución "Francisco José de Caldas" de Momil Córdoba, aprobado por Resolución No: 001263 de Septiembre 20 de 2002 por la Secretaria de Educación Departamental de Córdoba y ratificada por Resolución 226 de Junio 11 de 2011, para los estudios correspondiente al grado 0 a 5ª Primaria, 6º a 11º de Educación Secundaria y Ciclos Jornada Nocturna:*

**CERTIFICA:**

Por medio de la presente hago constar que el joven Fernando Rafael Almentero Suarez egresado de la Institución Francisco José de Caldas del municipio de Momil Córdoba e identificado con la Cedula de Ciudadanía 1065379959 se encuentra realizando su Proyecto de grado Titulado MEJORAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS DEL MUNICIPIO DE MOMIL CÓRDOBA MEDIANTE EL ANÁLISIS DE RETOS Y OPORTUNIDADES ENERGÉTICAS CON FUENTES ALTERNATIVAS, en nuestra institución donde adelanta varias visitas para reconocimiento del lugar y obtener información y evidencia para la ejecución de su proyecto.

Dado en Momil, 4 de Abril de 2023.

**WILSON DE JESUS CHAMORRO NIEBLES**

Rector  
CC N° 12592694 de Plato (Magdalena)  
[chamorrowilson@gmail.com](mailto:chamorrowilson@gmail.com)






**Apéndice 5.** Ficha técnica de diagnóstico del área de aulas de clase de la IE Francisco José de Caldas de Momil, Córdoba.

FICHA TÉCNICA DE DIAGNÓSTICO					
<b>PROYECTO: MEJORAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS DEL MUNICIPIO DE MOMIL CÓRDOBA MEDIANTE EL ANÁLISIS DE RETOS Y OPORTUNIDADES ENERGÉTICAS CON FUENTES ALTERNATIVAS</b>			<b>VERSIÓN:</b>	1	
			<b>FECHA</b>	28/03/2023	
<b>1.1 LOCALIZACIÓN</b>		<b>2.0 INFORMACIÓN GENERAL</b>			
<p>Este proyecto se llevó a cabo en el departamento de Córdoba, Municipio de Momil en la Institución Educativa Francisco José de Caldas exactamente en Cra 7 # 10 – 28. Barrio San Antonio con coordenadas 9.240012, -75.676478. El diagnóstico del estado de la institución se llevó a cabo por áreas o espacios del mismo. Específicamente, esta ficha corresponde al área de las aulas de clase.</p>		<b>2.1 DATOS GENERALES</b>			
		<b>NOMBRE DEL ESPACIO:</b>	Institución Educativa Francisco José De Caldas		
		<b>LOCALIZACIÓN:</b>	Momil Córdoba		
		<b>ÁREA DIAGNOSTICADA:</b>	Aulas de clase		
		<b>PISO:</b>	1 y 2		
		<b>FUNCIONAMIENTO:</b>	Aulas de formación académica.		
		<b>2.2 USO ACTUAL</b>		<b>2.3 INFRAESTRUCTURA</b>	
		<b>RESIDENCIAL</b>		<b>RED MT AÉREA</b>	x
		<b>COMERCIAL</b>		<b>RED MT SUBT.</b>	
		<b>RECREATIVO</b>		<b>TRANSFORMADOR</b>	x
<b>DOTACIONAL</b>		<b>RED BT AÉREA</b>			
<b>DEPÓSITO</b>		<b>RED BT SUBT.</b>			
<b>MIXTO</b>		<b>RED COM. AÉREA</b>			
<b>OTRO</b>	x	<b>RED COM SUBT.</b>			
<b>3. DESCRIPCIÓN DE LOS HALLAZGOS</b>					
<b>3.1 DIAGNÓSTICO</b>		<b>3.2 PRONÓSTICO</b>		<b>3.3 CONTROL AL DIAGNÓSTICO</b>	
<p>Se realiza visita de inspección visual y técnica con recolección de datos y evidencia fotográfica notando un deterioro en el sistema eléctrico del área de las aulas de clases y muchas falencias en la distribución de este mismo, señaladas a continuación:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Falta de lámparas.</li> <li>El cableado se encuentra en mal estado y a la intemperie.</li> <li>Plafón de lámparas partidos y cableado expuesto.</li> <li>Falta de mantenimiento en el tablero de potencia.</li> <li>Falta de mantenimiento en los techos. Presentan humedad y goteras.</li> <li>El tablero no cuenta con un sistema puesta a tierra.</li> <li>El cableado no cumple el código de colores establecidos por la normativa.</li> <li>Falta de señalización.</li> <li>Color de las paredes con baja reflectancia.</li> </ol>		<p>Dentro de los riesgos observados en el diagnóstico de las aulas de clases, se aprecia que la falta de implementación de especificaciones técnicas contempladas en las normativas correspondientes puede ocasionar daños considerables al sistema eléctrico, cortocircuitos, exposición de los estudiantes a riesgo eléctrica, entre otros. Además, la falta de iluminaría perjudica la calidad de la educación impartida. El deterioro de las redes y accesorios, y la falta de señalización puede generar un mayor gasto de energía por consumo extra y riesgo a la comunidad estudiantil.</p>		<p>Es importante que la institución realice esfuerzos en acoplar las especificaciones dispuestas en la NTC 105, NTC 2050 y el RETIE (artículos 20.6 y 20.6.1) relacionadas con el tipo de tuberías y los métodos de cableado que se deben usar de acuerdo al tipo de escenarios donde se ubiquen las redes eléctricas. Adicionalmente, se sugiere realizar una inversión que contemple la renovación del cableado, lámparas, plafón de lámparas, así como el mantenimiento de los tableros de potencia, de techos y la implementación de la señalización de acuerdo al tipo de riesgo eléctrico (NTC 4596). También es importante, que la institución ponga en funcionamiento de una puesta a tierra, según lo establece la NTC 2050, Sección 250, literal C. Por último, es recomendable que el colegio disponga y haga uso del código de colores de los circuito de distribución eléctrica, dispuestos en la NTC 2050, sección 210, literal A, numeral 210-5.</p>	

4. REGISTROS					
4.1 REFERENTE TÉCNICO POR ANOMALIAS			4.2 REGISTRO FOTOGRÁFICO		
<p>RETIE, Artículo 20.6, establece el tipo de cajas y conduletas (encerramientos) que se deben implementar, y específicamente el 20.6.1, establece los requisitos de productos. NTC 4596, establece el tipo y orientaciones para la señalización de acuerdo a cada espacio público, incluyendo los ambientes escolares. NTC 2050, Sección 250, literal C, establece los lineamientos para la implementación y funcionamiento de una puesta a tierra. NTC 2050, Sección 2010, literal A, numeral 210-5, establece el código de colores de los circuito de distribución eléctrica que se deben usar.</p>			 <p>Falta de lámparas</p>	 <p>Cables expuestos</p>	 <p>Plafón de lámparas partidas</p>
			 <p>Tablero de potencia sin mantenimiento</p>	 <p>Techos sin mantenimiento</p>	 <p>Falta un sistema puesto a tierra</p>
			 <p>Incumplimiento del código de colores</p>	 <p>Falta de señalización</p>	 <p>Paredes con color de baja reflectancia</p>
			<p><b>ELABORÓ:</b></p> <p>NOMBRE Fernando Almentero</p> <p>C.C. 1065379959</p> <p>FIRMA</p>		







**Apéndice 6.** Ficha técnica de diagnóstico del área administrativa de la IE Francisco José de Caldas de Momil, Córdoba.

FICHA TÉCNICA DE DIAGNÓSTICO							
<b>PROYECTO: MEJORAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS DEL MUNICIPIO DE MOMIL CÓRDOBA MEDIANTE EL ANÁLISIS DE RETOS Y OPORTUNIDADES ENERGÉTICAS CON FUENTES ALTERNATIVAS</b>				VERS IÓN:	1		
				FECH A	28/03/2023		
1.1 LOCALIZACIÓN		2.0 INFORMACIÓN GENERAL					
<p>Este proyecto se llevó a cabo en el departamento de Córdoba, Municipio de Momil en la Institución Educativa Francisco José de Caldas exactamente en Cra 7 # 10 – 28. Barrio San Antonio con coordenadas 9.240012, -75.676478. El diagnóstico del estado de la institución se llevó a cabo por áreas o espacios del mismo. Específicamente, esta ficha corresponde al área administrativa.</p>		2.1 DATOS GENERALES					
		<b>NOMBRE DEL ESPACIO:</b>		Institución Educativa Francisco José De Caldas			
		<b>LOCALIZACIÓN:</b>		Momil Córdoba			
		<b>ÁREA DIAGNOSTICADA:</b>		Administrativa			
		<b>PISO:</b>		1			
		<b>FUNCIONAMIENTO:</b>		Rectoría, secretaría, sala de docentes, biblioteca, archivo, etc.			
		2.2 USO ACTUAL		2.3 INFRAESTRUCTURA			
		<b>RESIDENCIAL</b>			RED MT AÉREA	x	
		<b>COMERCIAL</b>			RED MT SUBT.		
		<b>RECREATIVO</b>			TRANSFORMADOR	x	
<b>DOTACIONAL</b>			RED BT AÉREA				
<b>DEPÓSITO</b>			RED BT SUBT.				
<b>MIXTO</b>			RED COM. AÉREA				
<b>OTRO</b>	x		RED COM SUBT.				
3. DESCRIPCIÓN DE LOS HALLAZGOS							
3.1 DIAGNÓSTICO		3.2 PRONÓSTICO		3.3 CONTROL AL DIAGNÓSTICO			
<p>Se realiza visita de inspección visual y técnica con recolección de datos y evidencia fotográfica notando un deterioro en el sistema eléctrico del área administrativa y muchas falencias en la distribución de este mismo, señaladas a continuación:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. El cableado no cumple el código de colores establecidos por la normativa.</li> <li>2. Lámparas quemadas en algunas oficinas.</li> <li>3. Falta de mantenimiento en interruptores termomagnéticos.</li> <li>4. Falta de toma corrientes de acuerdo a la demanda de equipos.</li> <li>5. Falta de señalización.</li> </ol>		<p>Dentro de los riesgos observados en el diagnóstico del área administrativa, se aprecia que la falta de implementación de especificaciones técnicas contempladas en las normativas correspondientes puede ocasionar daños considerables al sistema eléctrico, cortocircuitos, exposición de los estudiantes a riesgo eléctrico, entre otros. Además, la falta de iluminación perjudica la calidad de la educación impartida. El deterioro de las redes y accesorios, y la falta de señalización puede generar un mayor gasto de energía por consumo extra y riesgo a la comunidad estudiantil.</p>		<p>Es importante que la institución realice esfuerzos en acoplar las especificaciones dispuestas en la NTC 105, NTC 2050 y el RETIE (artículos 20.6 y 20.6.1). Adicionalmente, se sugiere realizar una inversión que contemple la renovación del cableado, lámparas, plafón de lámparas, así como el mantenimiento de los tableros de potencia, de techos y la implementación de la señalización de acuerdo al tipo de riesgo eléctrico (NTC 4596). Por último, es recomendable que el colegio disponga y haga uso del código de colores de los circuito de distribución eléctrica, dispuestos en la NTC 2050, sección 210, literal A, numeral 210-5.</p>			
4. REGISTROS							
4.1 REFERENTE TÉCNICO POR ANOMALIAS			4.2 REGISTRO FOTOGRÁFICO				
<p>RETIE, Artículo 20.6, establece el tipo de cajas y conduletas (encerramientos) que se deben implementar, y específicamente el 20.6.1, establece los requisitos de productos.</p>							

<p>NTC 4596, establece el tipo y orientaciones para la señalización de acuerdo a cada espacio público, incluyendo los ambientes escolares. NTC 2050, Sección 250, literal C, establece los lineamientos para la implementación y funcionamiento de una puesta a tierra. NTC 2050, Sección 2010, literal A, numeral 210-5, establece el código de colores de los circuito de distribución eléctrica que se deben usar.</p>			 <p>Incumplimiento del código de colores</p>	 <p>Lámparas quemadas</p>	 <p>Falta de mantenimiento a interruptores</p>			
			 <p>Falta de tomacorrientes</p>	 <p>Falta de señalización</p>				
<b>ELABORÓ:</b>			<b>REVISÓ:</b>			<b>EVALUÓ:</b>		
NOMBRE	Fernando Almentero	NOMBRE		NOMBRE				
C.C.	1065379959	C.C.		C.C.				
FIRMA		FIRMA		FIRMA				


**Apéndice 7.** *Ficha técnica de diagnóstico del área de cafetería y comedor estudiantil de la IE Francisco José de Caldas de Momil, Córdoba.*

FICHA TÉCNICA DE DIAGNÓSTICO						
<b>PROYECTO: MEJORAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS DEL MUNICIPIO DE MOMIL CÓRDOBA MEDIANTE EL ANÁLISIS DE RETOS Y OPORTUNIDADES ENERGÉTICAS CON FUENTES ALTERNATIVAS</b>				<b>VERSIÓN:</b> 1		
				<b>FECHA:</b> 28/03/2023		
1.1 LOCALIZACIÓN		2.0 INFORMACIÓN GENERAL				
<p>Este proyecto se llevó a cabo en el departamento de Córdoba, Municipio de Momil en la Institución Educativa Francisco José de Caldas exactamente en Cra 7 # 10 – 28. Barrio San Antonio con coordenadas 9.240012, -75.676478. El diagnóstico del estado de la institución se llevó a cabo por áreas o espacios del mismo. Específicamente, esta ficha corresponde al área cafetería y comedor.</p>		2.1 DATOS GENERALES				
		<b>NOMBRE DEL ESPACIO:</b>	Institución Educativa Francisco José De Caldas			
		<b>LOCALIZACIÓN:</b>	Momil Córdoba			
		<b>ÁREA DIAGNOSTICADA:</b>	Cafetería y comedor estudiantil			
		<b>PISO:</b>	1			
		<b>FUNCIONAMIENTO:</b>	Cafetería y comedor estudiantil			
		2.2 USO ACTUAL		2.3 INFRAESTRUCTURA		
		<b>RESIDENCIAL</b>			<b>RED MT AÉREA</b>	x
		<b>COMERCIAL</b>			<b>RED MT SUBT.</b>	
		<b>RECREATIVO</b>			<b>TRANSFORMADOR</b>	x
<b>DOTACIONAL</b>			<b>RED BT AÉREA</b>			
<b>DEPÓSITO</b>			<b>RED BT SUBT.</b>			
<b>MIXTO</b>			<b>RED COM. AÉREA</b>			
<b>OTRO</b>	x		<b>RED COM SUBT.</b>			
3. DESCRIPCIÓN DE LOS HALLAZGOS						
3.1 DIAGNÓSTICO		3.2 PRONÓSTICO		3.3 CONTROL AL DIAGNÓSTICO		
<p>Se realiza visita de inspección visual y técnica con recolección de datos y evidencia fotográfica notando un deterioro en el sistema eléctrico del área cafetería y comedor y muchas fallencias en la distribución de este mismo, señaladas a continuación:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Falta de lámparas.</li> <li>2. El cableado se encuentra en mal estado y a la intemperie.</li> <li>3. Falta de mantenimiento en los techos. Presentan humedad y goteras.</li> <li>4. El cableado no cumple el código de colores establecidos por la normativa.</li> <li>5. Interruptores quemados y algunos en mal estado.</li> <li>6. Falta de señalización.</li> </ol>		<p>Dentro de los riesgos observados en el diagnóstico del área de cafetería y comedor, se aprecia que la falta de implementación de especificaciones técnicas contempladas en las normativas correspondientes puede ocasionar daños considerables al sistema eléctrico, cortocircuitos, exposición de los estudiantes a riesgo eléctrica, entre otros. Además, la falta de iluminación perjudica la calidad de la educación impartida. El deterioro de las redes y accesorios, y la falta de señalización puede generar un mayor gasto de energía por consumo extra y riesgo a la comunidad estudiantil.</p>		<p>Es importante que la institución realice esfuerzos en acoplar las especificaciones dispuestas en la NTC 105, NTC 2050 y el RETIE (artículos 20.6 y 20.6.1). Adicionalmente, se sugiere realizar una inversión que contemple la renovación del cableado, lámparas, plafón de lámparas, así como el mantenimiento de los tableros de potencia, de techos y la implementación de la señalización de acuerdo al tipo de riesgo eléctrico (NTC 4596). Por último, es recomendable que el colegio disponga y haga uso del código de colores de los circuitos de distribución eléctrica, dispuestos en la NTC 2050, sección 210, literal A, numeral 210-5.</p>		
4. REGISTROS						
4.1 REFERENTE TÉCNICO POR ANOMALIAS			4.2 REGISTRO FOTOGRÁFICO			

<p>RETIE, Artículo 20.6, establece el tipo de cajas y conducktas (encerramientos) que se deben implementar, y específicamente el 20.6.1, establece los requisitos de productos. NTC 4596, establece el tipo y orientaciones para la señalización de acuerdo a cada espacio público, incluyendo los ambientes escolares. NTC 2050, Sección 250, literal C, establece los lineamientos para la implementación y funcionamiento de una puesta a tierra. NTC 2050, Sección 2010, literal A, numeral 210-5, establece el código de colores de los circuito de distribución eléctrica que se deben usar.</p>			 <p>Falta de lámparas y descompuestas</p>	 <p>Cableado expuesto y en mal estado</p>	 <p>Falta de mantenimiento de los techos</p>
			 <p>Incumplimiento código de colores</p>	 <p>Toma corrientes en mal estado</p>	 <p>Falta de señalización</p>
<b>ELABORÓ:</b>		<b>REVISÓ:</b>		<b>EVALUÓ:</b>	
NOMBRE	Fernando Almentero	NOMBRE		NOMBRE	
C.C.	1065379959	C.C.		C.C.	
FIRMA		FIRMA		FIRMA	

**Apéndice 8.** *Ficha técnica de diagnóstico del área de aulas de informática y laboratorios de la IE Francisco José de Caldas de Momil, Córdoba.*

FICHA TÉCNICA DE DIAGNÓSTICO						
<b>PROYECTO: MEJORAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS DEL MUNICIPIO DE MOMIL CÓRDOBA MEDIANTE EL ANÁLISIS DE RETOS Y OPORTUNIDADES ENERGÉTICAS CON FUENTES ALTERNATIVAS</b>				<b>VERSIÓN:</b>	1	
				<b>FECHA</b>	28/03/2023	
1.1 LOCALIZACIÓN		2.0 INFORMACIÓN GENERAL				
<p>Este proyecto se llevó a cabo en el departamento de Córdoba, Municipio de Momil en la Institución Educativa Francisco José de Caldas exactamente en Cra 7 # 10 – 28. Barrio San Antonio con coordenadas 9.240012, -75.676478. El diagnóstico del estado de la institución se llevó a cabo por áreas o espacios del mismo. Específicamente, esta ficha corresponde al área de aulas de informática y laboratorios.</p>		2.1 DATOS GENERALES				
		<b>NOMBRE DEL ESPACIO:</b>	Institución Educativa Francisco José De Caldas			
		<b>LOCALIZACIÓN:</b>	Momil Córdoba			
		<b>ÁREA DIAGNOSTICADA:</b>	Aulas de informática y laboratorios			
		<b>PISO:</b>	1 y 2			
		<b>FUNCIONAMIENTO:</b>	Aulas de formación académica			
		2.2 USO ACTUAL		2.3 INFRAESTRUCTURA		
		<b>RESIDENCIAL</b>			<b>RED MT AÉREA</b>	x
		<b>COMERCIAL</b>			<b>RED MT SUBT.</b>	
		<b>RECREATIVO</b>			<b>TRANSFORMADOR</b>	x
<b>DOTACIONAL</b>			<b>RED BT AÉREA</b>			
<b>DEPÓSITO</b>			<b>RED BT SUBT.</b>			
<b>MIXTO</b>			<b>RED COM. AÉREA</b>			
<b>OTRO</b>	x		<b>RED COM SUBT.</b>			
3. DESCRIPCIÓN DE LOS HALLAZGOS						
3.1 DIAGNÓSTICO		3.2 PRONÓSTICO		3.3 CONTROL AL DIAGNÓSTICO		
<p>Se realiza visita de inspección visual y técnica con recolección de datos y evidencia fotográfica notando un deterioro en el sistema eléctrico del área de aulas de informática y laboratorios y muchas falencias en la distribución de este mismo, señaladas a continuación:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Falta de lámparas y las existentes tienen un uso obsoleto.</li> <li>2. El cableado se encuentra en mal estado y a la intemperie.</li> <li>3. Falta de mantenimiento en los techos. Presentan humedad y goteras.</li> <li>4. El cableado no cumple el código de colores establecidos por la normativa.</li> <li>5. Interruptores quemados y algunos en mal estado.</li> <li>6. Toma corrientes en mal estado.</li> <li>7. Campana de terminación de ventiladores en mal estado y el cableado se encuentra expuesto.</li> <li>8. Falta de mantenimiento a los interruptores termomagnéticos.</li> <li>9. Falta de señalización.</li> </ol>		<p>Dentro de los riesgos observados en el diagnóstico del área de aulas de informática y laboratorios, se aprecia que la falta de implementación de especificaciones técnicas contempladas en las normativas correspondientes puede ocasionar daños considerables al sistema eléctrico, cortocircuitos, exposición de los estudiantes a riesgo eléctrica, entre otros. Además, la falta de iluminaría perjudica la calidad de la educación impartida. El deterioro de las redes y accesorios, y la falta de señalización puede generar un mayor gasto de energía por consumo extra y riesgo a la comunidad estudiantil.</p>		<p>Es importante que la institución realice esfuerzos en acoplar las especificaciones dispuestas en la NTC 105, NTC 2050 y el RETIE (artículos 20.6 y 20.6.1). Adicionalmente, se sugiere realizar una inversión que contemple la renovación del cableado, lámparas, plafón de lámparas, así como el mantenimiento de los tableros de potencia, de techos y la implementación de la señalización de acuerdo al tipo de riesgo eléctrico (NTC 4596). Por último, es recomendable que el colegio disponga y haga uso del código de colores de los circuito de distribución eléctrica, dispuestos en la NTC 2050, sección 210, literal A, numeral 210-5.</p>		
4. REGISTROS						
4.1 REFERENTE TÉCNICO POR ANOMALIAS			4.2 REGISTRO FOTOGRÁFICO			

<p>RETIE, Artículo 20.6, establece el tipo de cajas y conduletas (encerramientos) que se deben implementar, y específicamente el 20.6.1, establece los requisitos de productos. NTC 4596, establece el tipo y orientaciones para la señalización de acuerdo a cada espacio público, incluyendo los ambientes escolares. NTC 2050, Sección 250, literal C, establece los lineamientos para la implementación y funcionamiento de una puesta a tierra. NTC 2050, Sección 2010, literal A, numeral 210-5, establece el código de colores de los circuito de distribución eléctrica que se deben usar.</p>	 <p>Falta de lámparas y no existen ventanas</p>	 <p>Falta de lámparas y humedad en el techo</p>	 <p>Cableado a la intemperie y tomacorrientes en mal estado</p>		
	 <p>Incumplimiento del código de colores</p>	 <p>Campana de terminación de ventiladores en mal estado y cableado expuesto</p>	 <p>Falta de mantenimiento de interruptores termomagnéticos y falta de señalización</p>		
<b>ELABORÓ:</b>		<b>REVISÓ:</b>		<b>EVALUÓ:</b>	
NOMBRE	Fernando Almentero	NOMBRE		NOMBRE	
C.C.	1065379959	C.C.		C.C.	
FIRMA		FIRMA		FIRMA	







**Apéndice 9.** *Ficha técnica de diagnóstico del área deportiva y auditorios de eventos de la IE Francisco José de Caldas de Momil, Córdoba.*

FICHA TÉCNICA DE DIAGNÓSTICO						
<b>PROYECTO: MEJORAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS DEL MUNICIPIO DE MOMIL CÓRDOBA MEDIANTE EL ANÁLISIS DE RETOS Y OPORTUNIDADES ENERGÉTICAS CON FUENTES ALTERNATIVAS</b>					<b>VERSIÓN:</b> 1	
					<b>FECHA:</b> 28/03/2023	
1.1 LOCALIZACIÓN		2.0 INFORMACIÓN GENERAL				
<p>Este proyecto se llevó a cabo en el departamento de Córdoba, Municipio de Momil en la Institución Educativa Francisco José de Caldas exactamente en Cra 7 # 10 – 28. Barrio San Antonio con coordenadas 9.240012, -75.676478. El diagnóstico del estado de la institución se llevó a cabo por áreas o espacios del mismo. Específicamente, esta ficha corresponde a las áreas deportivas y auditorios de eventos.</p>		2.1 DATOS GENERALES				
		<b>NOMBRE DEL ESPACIO:</b>		Institución Educativa Francisco José De Caldas		
		<b>LOCALIZACIÓN:</b>		Momil Córdoba		
		<b>ÁREA DIAGNOSTICADA:</b>		Deportivas y auditorios		
		<b>PISO:</b>		1		
		<b>FUNCIONAMIENTO:</b>		Canchas deportivas y auditorios de eventos		
		2.2 USO ACTUAL		2.3 INFRAESTRUCTURA		
		<b>RESIDENCIAL</b>		RED MT AÉREA	x	
		<b>COMERCIAL</b>		RED MT SUBT.		
		<b>RECREATIVO</b>		TRANSFORMADOR	x	
<b>DOTACIONAL</b>		RED BT AÉREA				
<b>DEPÓSITO</b>		RED BT SUBT.				
<b>MIXTO</b>		RED COM. AÉREA				
<b>OTRO</b>	x	RED COM SUBT.				
3. DESCRIPCIÓN DE LOS HALLAZGOS						
3.1 DIAGNÓSTICO		3.2 PRONÓSTICO		3.3 CONTROL AL DIAGNÓSTICO		
<p>Se realiza visita de inspección visual y técnica con recolección de datos y evidencia fotográfica notando un deterioro en el sistema eléctrico de las áreas deportivas y auditorios de eventos y muchas falencias en la distribución de este mismo, señaladas a continuación:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Falta de lámparas y las existentes tienen un uso obsoleto.</li> <li>2. El cableado se encuentra en mal estado y a la intemperie.</li> <li>3. El cableado no cumple el código de colores establecidos por la normativa.</li> <li>4. Interruptores quemados y algunos en mal estado.</li> <li>5. Toma corrientes en mal estado.</li> <li>6. Falta de mantenimiento a los interruptores termomagnéticos.</li> <li>7. Falta de señalización.</li> <li>8. La arborización llega a la altura de algunas líneas y se entre ponen.</li> </ol>		<p>Dentro de los riesgos observados en el diagnóstico de las áreas deportivas y auditorios de eventos, se aprecia que la falta de implementación de especificaciones técnicas contempladas en las normativas correspondientes puede ocasionar daños considerables al sistema eléctrico, cortocircuitos, exposición de los estudiantes a riesgo eléctrica, entre otros. Además, la falta de iluminaría perjudica la calidad de la educación impartida. El deterioro de las redes y accesorios, y la falta de señalización puede generar un mayor gasto de energía por consumo extra y riesgo a la comunidad estudiantil.</p>		<p>Es importante que la institución realice esfuerzos en acoplar las especificaciones dispuestas en la NTC 105, NTC 2050 y el RETIE (artículos 20.6 y 20.6.1). Adicionalmente, se sugiere realizar una inversión que contemple la renovación del cableado, lámparas, plafón de lámparas, así como el mantenimiento de los tableros de potencia, de techos y la implementación de la señalización de acuerdo al tipo de riesgo eléctrico (NTC 4596). Por último, es recomendable que el colegio disponga y haga uso del código de colores de los circuito de distribución eléctrica, dispuestos en la NTC 2050, sección 210, literal A, numeral 210-5.</p>		
4. REGISTROS						
4.1 REFERENTE TÉCNICO POR ANOMALIAS			4.2 REGISTRO FOTOGRÁFICO			

<p>RETIE, Artículo 20.6, establece el tipo de cajas y conducktas (encerramientos) que se deben implementar, y específicamente el 20.6.1, establece los requisitos de productos. NTC 4596, establece el tipo y orientaciones para la señalización de acuerdo a cada espacio público, incluyendo los ambientes escolares. NTC 2050, Sección 250, literal C, establece los lineamientos para la implementación y funcionamiento de una puesta a tierra. NTC 2050, Sección 2010, literal A, numeral 210-5, establece el código de colores de los circuito de distribución eléctrica que se deben usar.</p>		 <p>Falta de lámparas</p>	 <p>Falta de mantenimiento de interruptores termomagnéticos y falta de señalización</p>	 <p>Cableado a la intemperie y tomacorrientes en mal estado. No se cumple con el código de colores.</p>	
		 <p>Las líneas se entrecruzan con los árboles.</p>			
<b>ELABORÓ:</b>		<b>REVISÓ:</b>		<b>EVALUÓ:</b>	
NOMBRE	Fernando Almentero	NOMBRE		NOMBRE	
C.C.	1065379959	C.C.		C.C.	
FIRMA		FIRMA		FIRMA	

**Apéndice 10.** *Ficha técnica de diagnóstico del área de servicios de la IE Francisco José de Caldas de Momil, Córdoba.*

FICHA TÉCNICA DE DIAGNÓSTICO						
<b>PROYECTO: MEJORAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS DEL MUNICIPIO DE MOMIL CÓRDOBA MEDIANTE EL ANÁLISIS DE RETOS Y OPORTUNIDADES ENERGÉTICAS CON FUENTES ALTERNATIVAS</b>					<b>VERSIÓN:</b> 1	
					<b>FECHA:</b> 28/03/2023	
<b>1.1 LOCALIZACIÓN</b>		<b>2.0 INFORMACIÓN GENERAL</b>				
<p>Este proyecto se llevó a cabo en el departamento de Córdoba, Municipio de Momil en la Institución Educativa Francisco José de Caldas exactamente en Cra 7 # 10 – 28. Barrio San Antonio con coordenadas 9.240012, -75.676478. El diagnóstico del estado de la institución se llevó a cabo por áreas o espacios del mismo. Específicamente, esta ficha corresponde al área de servicios.</p>		<b>2.1 DATOS GENERALES</b>				
		<b>NOMBRE DEL ESPACIO:</b>	Institución Educativa Francisco José De Caldas			
		<b>LOCALIZACIÓN:</b>	Momil Córdoba			
		<b>ÁREA DIAGNOSTICADA:</b>	Servicio			
		<b>PISO:</b>	1 y 2			
		<b>FUNCIONAMIENTO:</b>	Baños, zonas de lavado y servicio en general			
		<b>2.2 USO ACTUAL</b>		<b>2.3 INFRAESTRUCTURA</b>		
		<b>RESIDENCIAL</b>			<b>RED MT AÉREA</b>	x
		<b>COMERCIAL</b>			<b>RED MT SUBT.</b>	
		<b>RECREATIVO</b>			<b>TRANSFORMADOR</b>	x
<b>DOTACIONAL</b>			<b>RED BT AÉREA</b>			
<b>DEPÓSITO</b>			<b>RED BT SUBT.</b>			
<b>MIXTO</b>			<b>RED COM. AÉREA</b>			
<b>OTRO</b>	x		<b>RED COM SUBT.</b>			
<b>3. DESCRIPCIÓN DE LOS HALLAZGOS</b>						
<b>3.1 DIAGNÓSTICO</b>		<b>3.2 PRONÓSTICO</b>		<b>3.3 CONTROL AL DIAGNÓSTICO</b>		
<p>Se realiza visita de inspección visual y técnica con recolección de datos y evidencia fotográfica notando un deterioro en el sistema eléctrico del área de servicios y muchas fallencias en la distribución de este mismo, señaladas a continuación:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Falta de lámparas y las existentes tienen un uso obsoleto.</li> <li>2. El cableado se encuentra en mal estado y a la intemperie.</li> <li>3. El cableado no cumple el código de colores establecidos por la normativa.</li> <li>4. Interruptores quemados y algunos en mal estado.</li> <li>5. Toma corrientes en mal estado.</li> <li>6. Falta de señalización.</li> <li>7. Humedad y goteras en los techos.</li> </ol>		<p>Dentro de los riesgos observados en el diagnóstico del área de servicios, se aprecia que la falta de implementación de especificaciones técnicas contempladas en las normativas correspondientes puede ocasionar daños considerables al sistema eléctrico, cortocircuitos, exposición de los estudiantes a riesgo eléctrica, entre otros. Además, la falta de iluminación perjudica la calidad de la educación impartida. El deterioro de las redes y accesorios, y la falta de señalización puede generar un mayor gasto de energía por consumo extra y riesgo a la comunidad estudiantil.</p>		<p>Es importante que la institución realice esfuerzos en acoplar las especificaciones dispuestas en la NTC 105, NTC 2050 y el RETIE (artículos 20.6 y 20.6.1). Adicionalmente, se sugiere realizar una inversión que contemple la renovación del cableado, lámparas, plafón de lámparas, así como el mantenimiento de los tableros de potencia, de techos y la implementación de la señalización de acuerdo al tipo de riesgo eléctrico (NTC 4596). Por último, es recomendable que el colegio disponga y haga uso del código de colores de los circuito de distribución eléctrica, dispuestos en la NTC 2050, sección 210, literal A, numeral 210-5.</p>		
<b>4. REGISTROS</b>						
<b>4.1 REFERENTE TÉCNICO POR ANOMALIAS</b>			<b>4.2 REGISTRO FOTOGRÁFICO</b>			

<p>RETIE, Artículo 20.6, establece el tipo de cajas y conducktas (encerramientos) que se deben implementar, y específicamente el 20.6.1, establece los requisitos de productos. NTC 4596, establece el tipo y orientaciones para la señalización de acuerdo a cada espacio público, incluyendo los ambientes escolares. NTC 2050, Sección 250, literal C, establece los lineamientos para la implementación y funcionamiento de una puesta a tierra. NTC 2050, Sección 2010, literal A, numeral 210-5, establece el código de colores de los circuito de distribución eléctrica que se deben usar.</p>	 <p>Falta de lámparas</p>	 <p>Cableado e interruptores en mal estado.</p>	 <p>Cableado en mal estado y falta de código de colores</p>		
	 <p>Mal estado de los tomacorrientes.</p>	 <p>Falta de señalización.</p>	 <p>Goteras y humedad en techos</p>		
<b>ELABORÓ:</b>		<b>REVISÓ:</b>		<b>EVALUÓ:</b>	
NOMBRE	Fernando Almentero	NOMBRE		NOMBRE	
C.C.	1065379959	C.C.		C.C.	
FIRMA		FIRMA		FIRMA	

**Apéndice 11.** *Inventario de dispositivos y/o artefactos por área o recinto de la I.E.*

<b>RECINTO</b>	<b>EQUIPO</b>	<b>CANTIDAD</b>
SALAS DE INFORMÁTICA	Tubo doble LED Antipolvo	8
	Computador de Escritorio	2
	Computador Portátil	30
	Aire acondicionado	4
	Tomacorriente	3
	Video beam	1
ÁREA ADMINISTRATIVA	Bombillo LED 30W	6
	Computador de Escritorio	3
	Aire acondicionado	4
	Impresora	1
	Timbre	1
	Video beam	1
	Tomacorriente	1
	Router de internet	1
	Televisor	1
AULAS - PABELLÓN 1	Ventilador	32
	Tubo doble LED Antipolvo	32
	Tomacorriente	3
AULAS - PABELLÓN 2	Ventilador	16
	Tubo doble LED Antipolvo	16
	Tomacorriente	3
AULAS - PABELLÓN 3	Ventilador	16
	Tubo doble LED Antipolvo	16
	Tomacorriente	3
AULAS - PABELLÓN 4	Ventilador	16
	Bombillo incandescente	4
	Tubo doble LED Antipolvo	16
	Tomacorriente	3
AULAS - PABELLÓN 5	Ventilador	16
	Bombillo incandescente	4
	Tubo doble LED Antipolvo	16
	Tomacorriente	3
ÁREAS COMUNES	Tubo doble LED Antipolvo	10
	Bombillo fluorescente	1
VIGILANCIA	Tubo doble LED Antipolvo	2
	Televisor	1
	Tomacorriente	1
	Ventilador	1
	Cámaras de seguridad	6
CAFETERÍA Y COMEDOR	Bombillo fluorescente	2
	Nevera	2
ÁREA DEPORTIVA	Reflector LED 100 W	6
LABORATORIOS	Bombillo fluorescente	3
AUDITORIO	Tubo fluorescente	6
	Ventilador	4
ILUMINACIÓN EXTERIOR	Luminaria exterior	10

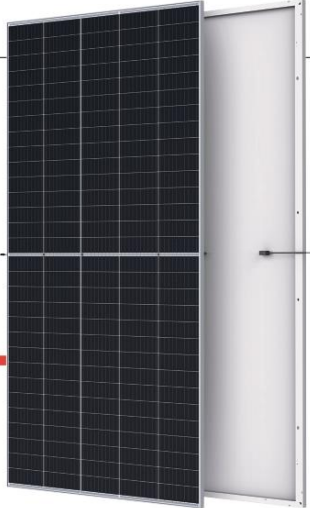
Apéndice 12. Ficha técnica de los paneles solares fotovoltaicos.

Mono   Multi   Solutions

THE

# Vertex

BACKSHEET MONOCRYSTALLINE MODULE



510W

MAXIMUM POWER OUTPUT

---

21.2%

MAXIMUM EFFICIENCY

---

0~+5W






POSITIVE POWER TOLERANCE


<p>PRODUCTS</p> <p style="color: red; font-weight: bold;">TSM-DE18M(II)</p>	<p>POWER RANGE</p> <p style="color: red; font-weight: bold;">485-510W</p>
---	---

Founded in 1997, Trina Solar is the world's leading total solution provider for solar energy. With local presence around the globe, Trina Solar is able to provide exceptional service to each customer in each market and deliver our innovative, reliable products with the backing of Trina as a strong, bankable brand. Trina Solar now distributes its PV products to over 100 countries all over the world. We are committed to building strategic, mutually beneficial collaborations with installers, developers, distributors and other partners in driving smart energy together.

**Comprehensive Products and System Certificates**

IEC61215/IEC61730/IEC61701/IEC62716  
 ISO 9001: Quality Management System  
 ISO 14001: Environmental Management System  
 ISO14064: Greenhouse Gases Emissions Verification  
 ISO45001: Occupational Health and Safety Management System



\$

High customer value

- Lower LCOE (Levelized Cost Of Energy), reduced BOS (Balance Of System) cost, shorter payback time
- Lower guaranteed first year and annual degradation
- Designed for compatibility with existing mainstream system components
- Higher return on Investment

☀️

High power up to 510W

- Large area cells based on 210mm silicon wafers and 1/3-cut cell technology
- Up to 21.2% module efficiency with high density interconnect technology
- Multi-busbar technology for better light trapping effect, lower series resistance and improved current collection

🛡️

High reliability

- Minimized micro-cracks with innovative non-destructive cutting technology
- Ensured PID resistance through cell process and module material control
- Resistant to harsh environments such as salt, ammonia, sand, high temperature and high humidity areas
- Mechanical performance up to 5400 Pa positive load and 2400 Pa negative load

⚡

High energy yield

- Excellent IAM (Incident Angle Modifier) and low irradiation performance, validated by 3rd party certifications
- The unique design provides optimized energy production under inter-row shading conditions

Trina Solar's Vertex Backsheet Performance Warranty

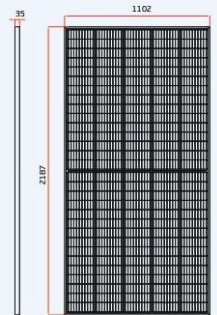


Years	Guaranteed Power (%)
0	98.0%
25	84.8%

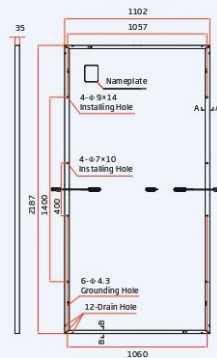


**BACKSHEET MONOCRYSTALLINE MODULE**

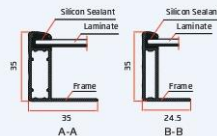
**DIMENSIONS OF PV MODULE(mm)**



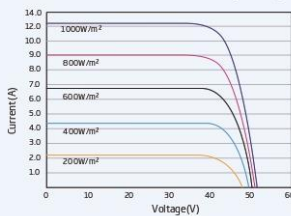
Front View



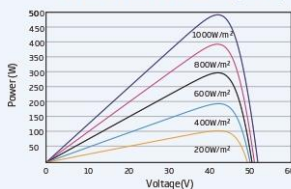
Back View



**I-V CURVES OF PV MODULE(495W)**



**P-V CURVES OF PV MODULE(495W)**



**ELECTRICAL DATA (STC)**

Peak Power Watts- $P_{MAX}$ (Wp)*	485	490	495	500	505	510
Power Tolerance- $P_{MAX}$ (W)	0 ~ +5					
Maximum Power Voltage- $V_{MPP}$ (V)	42.2	42.4	42.6	42.8	43.0	43.2
Maximum Power Current- $I_{MPP}$ (A)	11.49	11.56	11.63	11.69	11.75	11.81
Open Circuit Voltage- $V_{OC}$ (V)	51.1	51.3	51.5	51.7	51.9	52.1
Short Circuit Current- $I_{SC}$ (A)	12.07	12.14	12.21	12.28	12.35	12.42
Module Efficiency $\eta_m$ (%)	20.1	20.3	20.5	20.7	21.0	21.2

STC: Irradiance 1000W/m<sup>2</sup>, Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5.  
\*Measuring tolerance: ± 3%.

**ELECTRICAL DATA (NOCT)**

Maximum Power- $P_{MAX}$ (Wp)	365	369	373	377	381	385
Maximum Power Voltage- $V_{MPP}$ (V)	39.9	40.0	40.2	40.4	40.6	40.5
Maximum Power Current- $I_{MPP}$ (A)	9.17	9.22	9.28	9.33	9.38	9.50
Open Circuit Voltage- $V_{OC}$ (V)	48.1	48.2	48.4	48.6	48.8	49.0
Short Circuit Current- $I_{SC}$ (A)	9.73	9.78	9.84	9.90	9.95	10.01

NOCT: Irradiance at 800W/m<sup>2</sup>, Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1m/s.

**MECHANICAL DATA**

Solar Cells	Monocrystalline
Cell Orientation	150 cells
Module Dimensions	2187×1102×35 mm (86.10×43.39×1.38 inches)
Weight	26.5 kg (58.4 lb)
Glass	3.2 mm (0.13 inches), High Transmission, AR Coated Heat Strengthened Glass
Encapsulant Material	EVA
Backsheet	White
Frame	35 mm (1.38 inches) Anodized Aluminium Alloy
J-Box	IP 68 rated
Cables	Photovoltaic Technology Cable 4.0mm <sup>2</sup> (0.006 inches <sup>2</sup> ). Portrait: N 280mm/P 280mm(11.02/11.02inches) Landscape: N 1400 mm /P 1400 mm (55.12/55.12 inches)
Connector	MC4 EVO2 / TS4*

\*Please refer to regional datasheet for specified connector.

**TEMPERATURE RATINGS**

NOCT (Nominal Operating Cell Temperature)	43°C (±2°C)
Temperature Coefficient of $P_{MAX}$	- 0.34%/°C
Temperature Coefficient of $V_{OC}$	- 0.25%/°C
Temperature Coefficient of $I_{SC}$	0.04%/°C

**MAXIMUM RATINGS**

Operational Temperature	-40 ~ +85 °C
Maximum System Voltage	1500V DC (IEC)
Max Series Fuse Rating	20A

(Do not connect Fuse in Combiner Box with two or more strings in parallel connection)

**WARRANTY**

- 12 year Product Workmanship Warranty
- 25 year Power Warranty
- 2% first year degradation
- 0.55% Annual Power Attenuation

(Please refer to product warranty for details)

**PACKAGING CONFIGURATION**

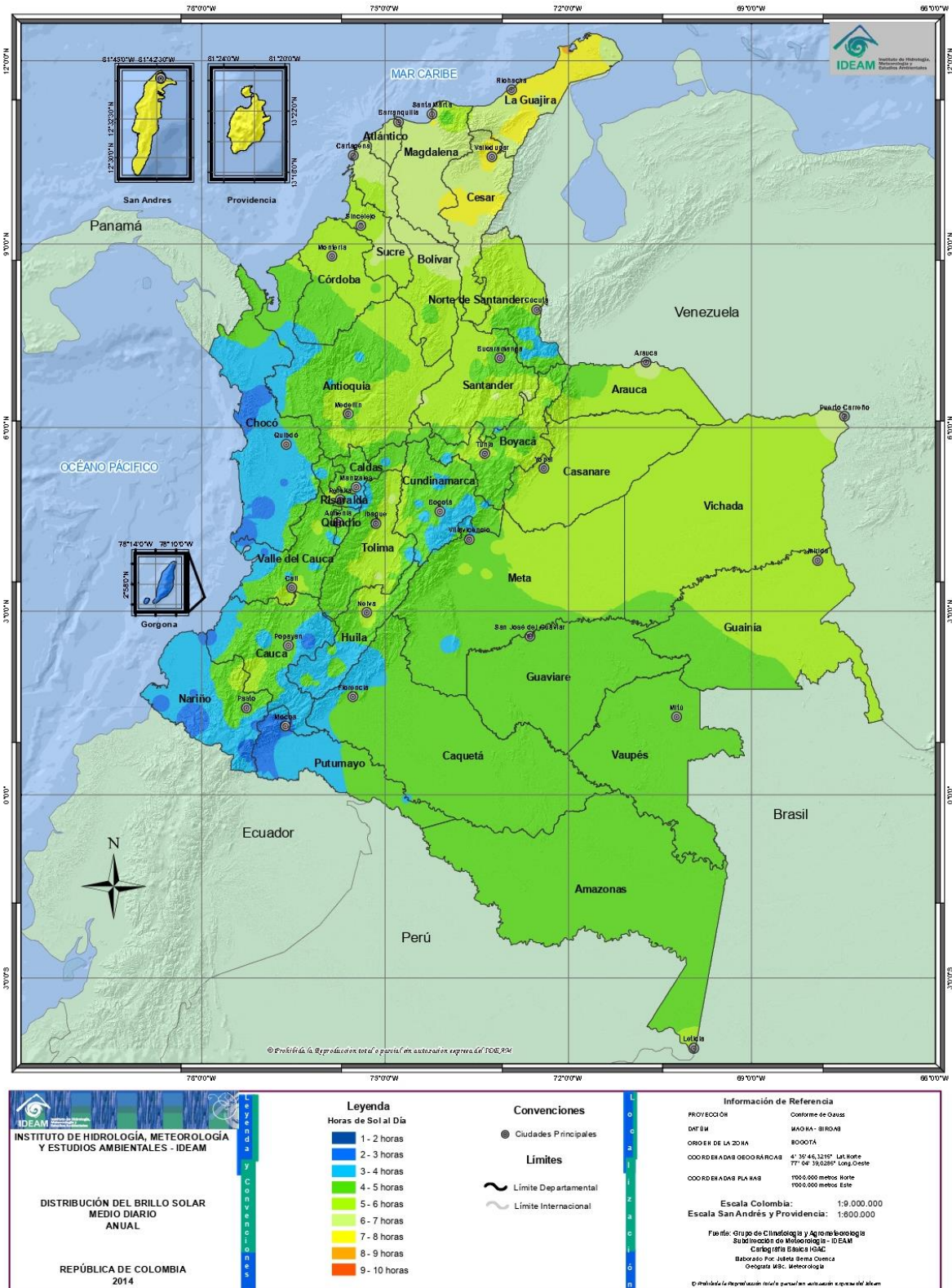
- Modules per box: 31 pieces
- Modules per 40' container: 620 pieces



CAUTION: READ SAFETY AND INSTALLATION INSTRUCTIONS BEFORE USING THE PRODUCT.

© 2021 Trina Solar Co., Ltd. All rights reserved. Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.  
Version number: TSM\_EN\_2021\_A [www.trinasolar.com](http://www.trinasolar.com)

Apéndice 13. Escala de brillo solar en Colombia.



Nota: Tomado de IDEAM

**Anexo 1. Ficha técnica de inversor seleccionado (Ref. MAC-15K-36-TL3-XL).**

GROWATT · PRODUCT

Datasheet	MAC 15KTL3-XL	MAC 20KTL3-XL	MAC 22KTL3-XL	MAC 25KTL3-XL	MAC 30KTL3-XL	MAC 36KTL3-XL
<b>Input Data(DC)</b>						
Max. recommended PV power (for module 51C)	19500W	26000W	28600W	32500W	39000W	46800W
Max.DC voltage	1100V					
Start voltage	250V					
Nominal voltage	360V					
MPPT voltage range	200V-1000V					
No. of MPP trackers	3					
No. of PV strings per MPP tracker	4/4/4					
Max. input current per MPP tracker	46A/46A/46A					
Max. short-circuit current per MPP tracker	50A/50A/50A					
<b>Output Data(AC)</b>						
Rated AC output power	15000W	20000W	22000W	25000W	30000W	36000W
Max. AC apparent power	16600VA@220VAC	22200VA@220VAC	24400VA@220VAC	27800VA@220VAC	33300VA@220VAC	36000VA@220VAC 39200VA@240VAC
Nominal AC voltage (range*)	127V/220V(101.6-139.7V)					
AC grid frequency (range*)	50/60 Hz(46~54/56~64Hz)					
Nominal AC output current	39.4A	52.5A	57.7A	65.6A	78.8A	94.5A
Max. output current	43.6A	58.3A	64.0A	73.0A	87.4A	94.5A
Power factor(@nominal power)	>0.99					
Adjustable power factor	0.8leading ...0.8lagging					
THDI	<3%					
AC grid connection type	3W+N+PE					
<b>Efficiency</b>						
Max. efficiency	98.8%					
European efficiency	98.2%					
<b>Protection Devices</b>						
DC reverse polarity protection	Yes					
DC switch	Yes					
DC surge protection	Type II					
Insulation resistance monitoring	Yes					
AC surge protection	Type II					
AC short-circuit protection	Yes					
Grid monitoring	Yes					
Anti-islanding protection	Yes					
Residual-current monitoring unit	Yes					
String fuse protection	No					
String monitoring	No					
Anti-PID function	No					
AFCI protection	Yes					
<b>General Data</b>						
Dimensions(W / H / D)	680/508/281mm					
Weight	≤52kg					
Operating temperature range	-25°C ... +60°C (>45°C Derating)					
Noise emission(typical)	≤60dB(A)					
Altitude	4000m					
Nighttime power consumption	1W					
Topology	Transformerless					
Cooling	Smart air cooling					
Protection degree	IP65					
Relative humidity	0~100%					
DC connection	H4(OPT)					
AC connection	OT Terminal					
Display	OLED+LED/WIFI+APP					
Interfaces:RS485/USB /WIFI/GPRS	Yes/Yes /Optional/Optional/Optional					
CE, IEC62116, IEC61727, IEC 60068, IEC 61683, IEC60529IEE1547, UL1741, IEEE1547						

Nota: Tomado de GROWATT (2020). [https://www.energiaestrategica.com/wp-content/uploads/2020/12/MAC-15\\_36KTL3-XL-Espanol.pdf](https://www.energiaestrategica.com/wp-content/uploads/2020/12/MAC-15_36KTL3-XL-Espanol.pdf)