



INFORME DE LA DIRECCIÓN DE LABORATORIO E INNOVACIÓN AMBIENTAL, DLIA

CONSECUTIVO INFORME:

46

TÍTULO DEL INFORME:

INFORME ESTUDIO DE DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN LA EDIFICACIÓN DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA FUSCA EN EL MUNICIPIO DE CHÍA.

OBJETIVO:

Realizar un estudio técnico de dimensionamiento de un Sistema Solar Fotovoltaico en la edificación de la Institución Educativa Fusca, con el fin de disminuir el consumo energético por parte de la red y complementarlo, además, en un proyecto que permita la reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero del municipio.

1. INTRODUCCIÓN:

En el marco del Plan de Acción 2020-2023 de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - CAR, se desarrolla el proyecto 15 "GESTIÓN ENERGÉTICA Y ECOSOSTENIBILIDAD AMBIENTAL", cuyo objetivo es promover, difundir e implementar proyectos de gestión energética y ecosostenibilidad ambiental, como estrategia de mitigación y adaptación al cambio climático en el territorio.

Durante el desarrollo del proyecto 15 de la Corporación y siguiendo los procedimientos internos se estableció como punto de partida la socialización del portafolio de servicios técnicos del grupo de Gestión Energética y Ecosostenibilidad Ambiental (GEEA) en los diferentes municipios pertenecientes a la jurisdicción CAR entre ellos el municipio de Chía. Durante la socialización de los servicios GEEA, el municipio resaltó su interés en el servicio de energía solar fotovoltaica y se compartió el proceso de solicitud del servicio.

Por lo tanto, el municipio solicita el apoyo del grupo GEEA, para el concepto técnico de dimensionamiento eléctrico de un sistema solar fotovoltaico en las instalaciones de la Institución Educativa Fusca, para el aprovechamiento de proyectos de energía solar, con el fin de disminuir el consumo energético por parte de la red y complementarlo, además, como un proyecto que permita la reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero del municipio.

Finalmente, con el apoyo de funcionarios de la administración se realizó el levantamiento de información técnica del lugar, donde se desarrolla un modelo de la zona junto con las necesidades energéticas planteadas por el municipio con el objetivo de plantear un dimensionamiento eléctrico de un sistema fotovoltaico conectado a la red y así disminuir el consumo de energía eléctrica convencional.

2. METODOLOGÍA:

Los análisis presentados a lo largo del presente documento se realizan ante condiciones normales mediante simulaciones de parámetros y tipologías eléctricas en el desarrollo de proyecto de generación fotovoltaica. Por lo tanto, se realizarán potenciales aplicaciones de energía solar y condiciones ambientales presentes en el municipio de Chía. Como base fundamental en todo proceso de diseño e implementación de proyectos, es pertinente realizar un diagnóstico que contenga la información de la zona necesaria para realizar el dimensionamiento para la futura implementación del proyecto; tanto de las condiciones ambientales del lugar, datos de radiación, horas de brillo solar y posibles equipos a implementar que cumpla con las necesidades de la comunidad.

Para el caso del diagnóstico de sistemas fotovoltaicos, se plantea la siguiente metodología que busca satisfacer la información como insumo base del futuro diseño:

- Determinar los datos históricos de la radiación, temperatura y horas de brillo solar, información necesaria para estimar el comportamiento de los módulos fotovoltaicos en el lugar. Dichos datos son tomados de las bases de datos reportada en el software Meteonorm V8.

INFORME DE LA DIRECCIÓN DE LABORATORIO E INNOVACIÓN AMBIENTAL, DLIA

- Indagar en el sitio y recolectar la información de los consumos que se proyecta alimentar con el sistema fotovoltaico dentro de las instalaciones donde se va a adecuar el sistema. Por lo tanto, se debe establecer el perfil de carga de consumo.
- Evaluar el espacio disponible para las instalaciones, puesto que se presentan diferentes posibles zonas de instalación dentro del lugar a analizar. Esta área debe contener las mejores condiciones meteorológicas del lugar.
- Estimar la condición de un sistema fotovoltaico donde se prevé alimentar la carga con el fin de adecuar unos requerimientos mínimos de la instalación que soporte la carga de la instalación del I.E Fusca.

La metodología propuesta se elaboró, de tal manera que pudiera responder al problema planteado para el uso de energía en la I.E Fusca mediante el aprovechamiento de energía solar.

3. DESCRIPCIÓN DEL LUGAR:

La Institución Educativa alcaldía municipal, se encuentra ubicada en las coordenadas Latitud 4.8377696 y Longitud -74.0307. Chía es un municipio colombiano del departamento de Cundinamarca, ubicado en la Provincia de Sabana Centro, se encuentra a 10 km al norte de Bogotá, y a una altitud de 2654 m s. n. m. La temperatura media anual es de 13 °C.

Dentro del formato de presolicitud, se identificó que la infraestructura cuenta con el espacio para poder llevar a cabo proyectos de energía solar fotovoltaica, se determinó que el área disponible para la instalación de un sistema solar fotovoltaico es el techo del edificio de la instalación educativa, que según información de los funcionarios está fabricado en lamina. Sin embargo, se recomienda la importancia de evaluar las condiciones de resistencia mecánica y las posibles adecuaciones que puedan mejorar la estructura que soporte los paneles.

Nota: Junto con el oficio radicado por parte de la administración municipal del Chía, se encuentra adjunto el formato de presolicitud, con toda la información requerida por parte del GEEA, lo cual se hace necesaria la visita de inspección al lugar.

Imagen 1. Lugar proyectado para la evaluación de potencial fotovoltaico.



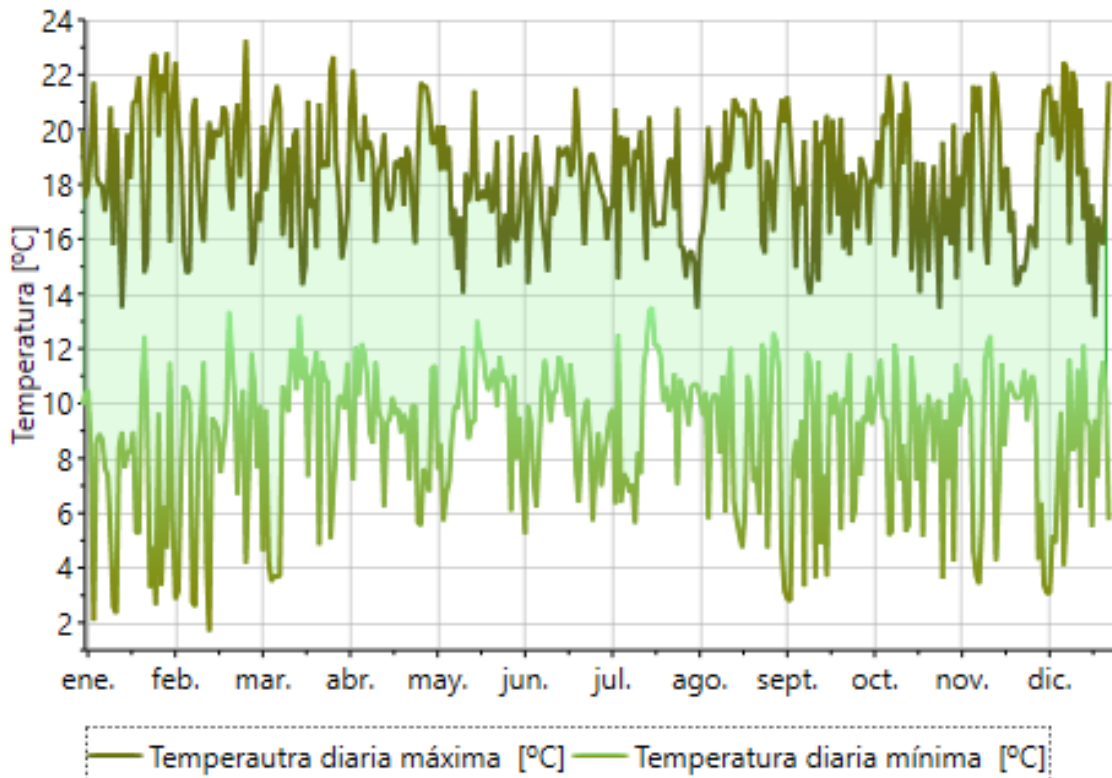
INFORME DE LA DIRECCIÓN DE LABORATORIO E INNOVACIÓN AMBIENTAL, DLIA

4. CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA DEL LUGAR

A través del software Meteonorm se evaluaron las condiciones ambientales del área disponible para la instalación de paneles solares designada por el personal del municipio de Chía; para la caracterización es pertinente el análisis de esas condiciones, comparadas con los datos enviados por el personal de la administración municipio.

Para iniciar con la estimación de las variables meteorológicas necesarias para un dimensionamiento preliminar del sistema solar fotovoltaico, se realizó lo establecido en la metodología con base en los datos recolectados por medio del software Meteonorm. Por lo tanto, para obtener la temperatura promedio del predio denominado I.E Fusca, se tomaron los datos meteorológicos reportados por el software Meteonorm V8. Según se relaciona a continuación.

Imagen 2. Perfiles de Temperatura ambiente máxima y mínima diaria. (2000-2019)

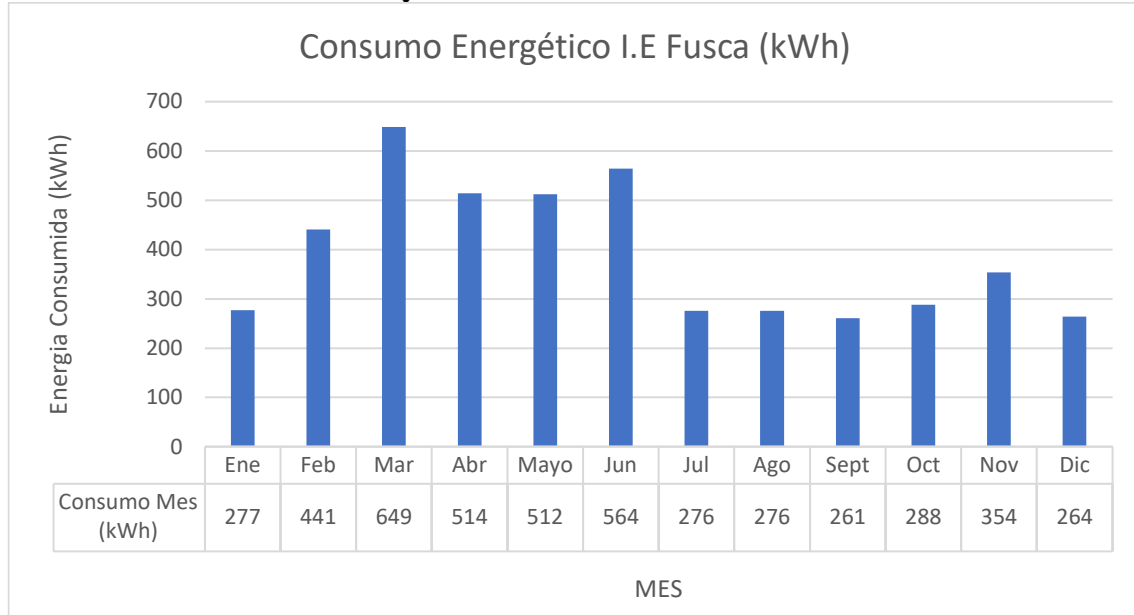


Con base en la Imagen 2, es posible determinar que los módulos fotovoltaicos trabajaran en el predio I.E Fusca con un promedio anual de temperatura de 13 °C; sin embargo, es importante que durante el transcurso de año se presentan temperaturas máximas cercanas a 24°C y temperaturas mínimas cercanas a 2°C. Estas variaciones de temperatura pueden afectar el comportamiento eléctrico de los módulos según las curvas I-V suministradas por el fabricante del posible módulo elegido, lo cual se ve reflejado en una disminución en la capacidad de generación de energía.

Por otro lado, la aplicación del sistema fotovoltaico y la dinámica energética mes a mes en la I.E Fusca se realizó por medio de la información suministrada por los funcionarios mediante los recibos de energía eléctrica con Enel-Codensa como operador de red. Por lo tanto, es posible realizar una estimación de la demanda energética donde se contemplan valores promedio de energía mensual de 389,67 kWh y un consumo total anual de 4676 kWh.

INFORME DE LA DIRECCIÓN DE LABORATORIO E INNOVACIÓN AMBIENTAL, DLIA

Imagen 3. Consumo eléctrico mensual de la I.E Fusca



Nota: Datos registrados en las facturas de energía durante los periodos Julio 2021 y Mayo 2022.

Imagen 4. Tabla de datos meteorológicos para la I.E. Fusca.

Mes	Energía Disponible (Solar) GHI	Valor promedio de Brillo Solar	Consumo de Energía (Usuario)	Cociente
	R_0 (KWh/m ² - día)	HBS	E_T (KWh/día)	R_0 / E_T
Enero	3,51	4,90	8,94	0,39
Febrero	3,60	4,29	15,75	0,23
Marzo	3,41	3,77	20,94	0,16
Abril	3,97	2,96	17,13	0,23
Mayo	4,05	2,99	16,52	0,25
Junio	4,08	2,96	18,80	0,22
Julio	4,13	3,66	8,90	0,46
Agosto	3,90	3,59	8,90	0,44
Septiembre	3,73	3,28	8,70	0,43
Octubre	3,28	3,10	9,29	0,35
Noviembre	2,83	3,57	11,80	0,24
Diciembre	3,20	4,28	8,52	0,38

Nota: Datos registrados en las facturas de energía durante los periodos Julio 2021 y Mayo 2022.

En la imagen 4, se observa los valores de energía solar disponible y el promedio de brillo solar para cada mes en el lugar de análisis. De lo anterior, es posible estimar que la relación entre la energía disponible y el consumo por parte del usuario determina el mes más crítico para el sistema solar fotovoltaico, donde las condiciones de radiación son mínimas y pueden afectar la capacidad de generación para esta época del año.

En este caso, se tiene que el mes que presenta un valor más bajo en la relación de energía disponible vs consumo, es el mes de marzo presentando una radiación global estimada de 3,41 [kWh/m²] por día y un consumo eléctrico de 20,94 [kWh] por día. Según lo expuesto anteriormente, la relación entre la energía disponible y el consumo de energía para marzo es menor a 1, este hecho nos permite interpretar que el lugar recibe menos energía solar que la energía requerida durante todo el día por m², por tanto, se deberá tener un área disponible para los módulos fotovoltaicos mayor a 1 m² para considerar un escenario propicio para el desarrollo del piloto de sistema fotovoltaico conectado a la red.

INFORME DE LA DIRECCIÓN DE LABORATORIO E INNOVACIÓN AMBIENTAL, DLIA

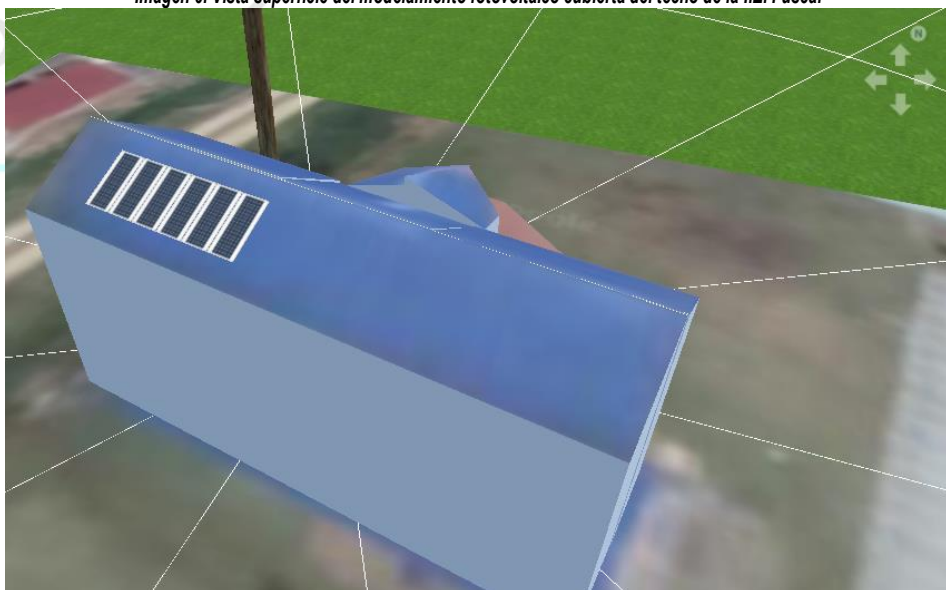
5. DIMENSIONAMIENTO Y MODELAMIENTO – PROPUESTA I.E FUSCA

Para el modelamiento del sistema solar fotovoltaico se tomará como referencia el modelo propuesto por los funcionarios de la alcaldía municipal que corresponde a sistema fotovoltaico de módulos fotovoltaicos, un sistema de microinversores y diferentes accesorios de conexión. Con base en la propuesta dimensionada, se estima una potencia de generación de 3,3 kWp con la adaptación de 6 módulos fotovoltaicos de potencia de 550 W con un área de ocupación estimada de 20 m² en el techo como se muestra en las siguientes imágenes. A través del software Meteonorm se evaluaron las condiciones ambientales del área disponible para la instalación de paneles solares designada por el personal del municipio de Chía; para la caracterización es pertinente el análisis de esas condiciones, comparadas con los datos enviados por el personal de la administración municipio.

Imagen 5. Vista general del modelamiento fotovoltaico del techo de la I.E. Fusca.



Imagen 6. Vista superficie del modelamiento fotovoltaico cubierta del techo de la I.E. Fusca.



INFORME DE LA DIRECCIÓN DE LABORATORIO E INNOVACIÓN AMBIENTAL, DLIA

6. ANÁLISIS DEL MODELAMIENTO – PROPUESTA I.E FUSCA

Con base en la caracterización y el modelamiento presentado en la propuesta para el municipio anteriormente, es posible estimar un sistema fotovoltaico conectado a la red con una capacidad instalada de 3,3 kWp. La propuesta de la instalación fotovoltaica consta de 6 módulos fotovoltaicos de 550 W que trabajarán con una irradiación global anual estimada de 1772 kWh/m² y temperatura media anual de 13,5 °C.

Por otro lado, el sistema fotovoltaico propuesto se plantea como un sistema trifásico con tensión 120 V con un sistema de inversión DC/AC con capacidad de 3,46 kVA, es decir, el sistema fotovoltaico cuenta con una potencia de salida máxima de 3,46 kVA.

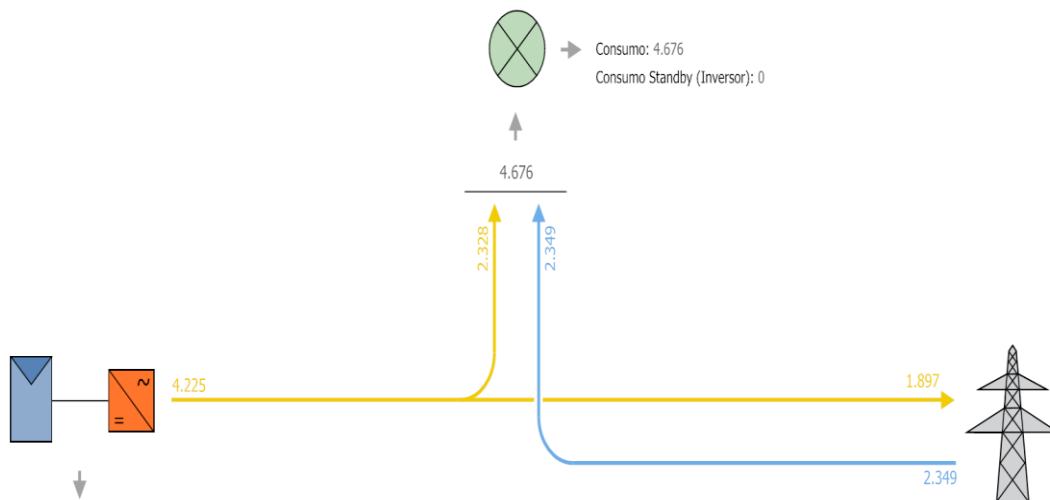
Con el potencial energético que se presenta ante el uso de energía solar en la I.E Fusca se espera disminuir el consumo energético mensual por los diferentes usos finales de la energía y la exportación de excedentes energía a la red; por lo tanto, disminuir la cantidad de los gases de efecto invernadero en la zona del municipio.

Con base en los datos suministrados por el municipio y los valores obtenidos en el modelamiento, el consumo total de la I.E. Fusca tiene un valor de 4225 kWh/año donde se estima un aporte de energía solar de 49.8% del consumo total. Por lo tanto, el consumo cubierto por la red es de 2349 kWh/año y el consumo cubierto por el sistema fotovoltaico corresponde a 2328 kWh/año. Con base en el flujo de energía, es posible establecer que con las características de la propuesta energética solar se generan alrededor de 4225 kWh/año, factor que busca disminuir alrededor de 2129 kgCO₂/año.

Imagen 7. Flujo de energía anual en el modelamiento fotovoltaico I.E. Fusca.

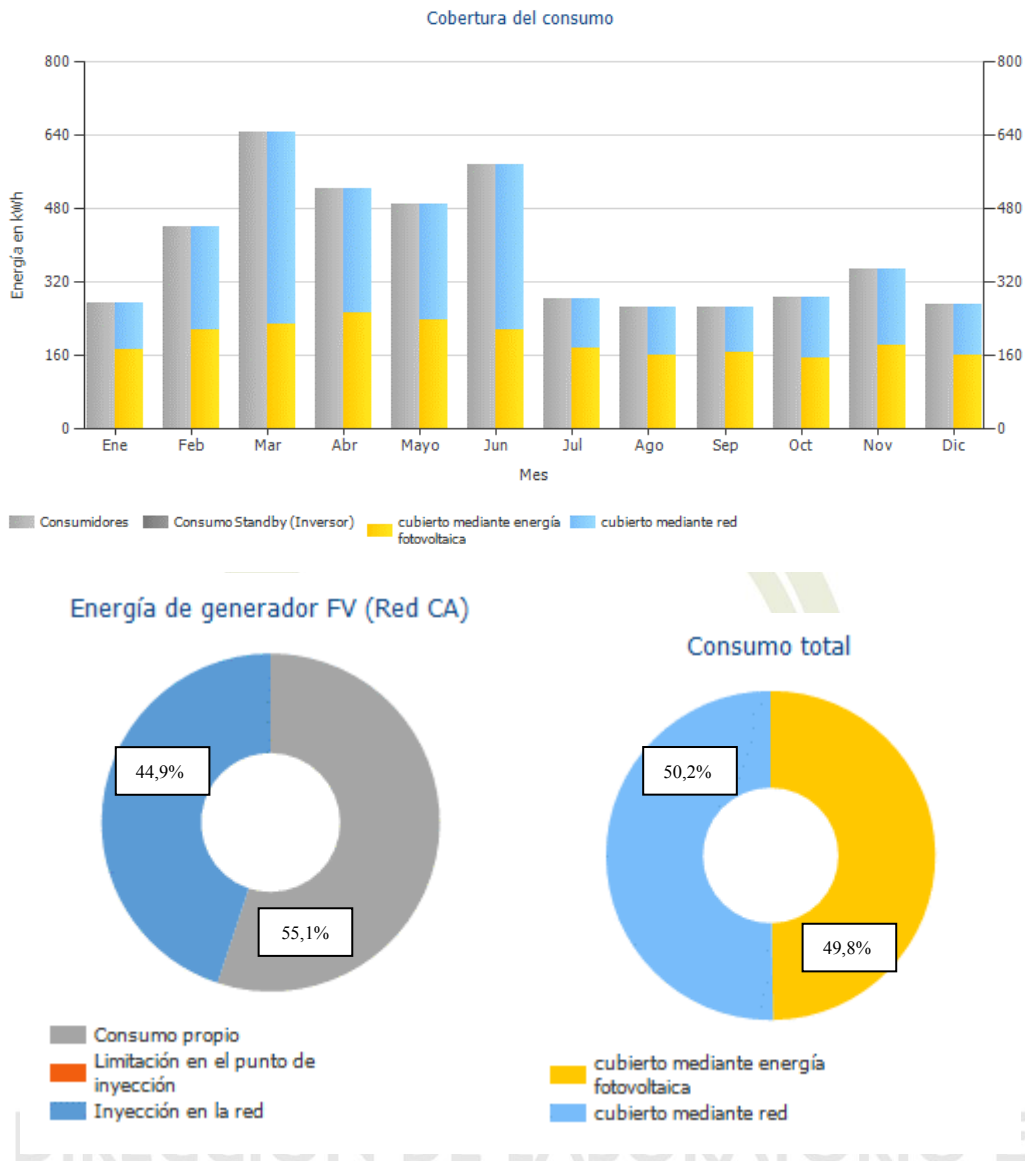
Gráfico de flujo de energía

Proyecto: Proyecto Fotovoltaico - Institución Educativa Fusca



INFORME DE LA DIRECCIÓN DE LABORATORIO E INNOVACIÓN AMBIENTAL, DLIA

Imagen 8. Cobertura del consumo de I.E. Fusca con el potencial fotovoltaico propuesto



Posteriormente, para una posible puesta en marcha de este tipo de sistema solar es necesario realizar adecuaciones eléctricas y civiles que deben incluir todo lo relacionado con NTC 2050 y RETIE; por lo tanto, para la visita técnica y ante una inspección preliminar es posible evidenciar que existen puntos críticos, donde los más relevantes son:

1. No fue posible verificar que la infraestructura actual de la I.E Fusca cuenta con planos eléctricos, civiles y arquitectónicos.
2. La ocupación de las canalizaciones subterráneas que alimentan la infraestructura donde se proyecta el sistema solar no cuenta con capacidad para agregar más conductores.
3. No fue posible verificar que la infraestructura actual cuenta con certificado RETIE.
4. Dentro de las adecuaciones completadas, es necesario adecuar un cuarto técnico para disponer los equipos y el tablero del sistema fotovoltaico.
5. Es necesario realizar cambio de tableros internos para cumplir con los requisitos dispuestos por RETIE.

INFORME DE LA DIRECCIÓN DE LABORATORIO E INNOVACIÓN AMBIENTAL, DLIA

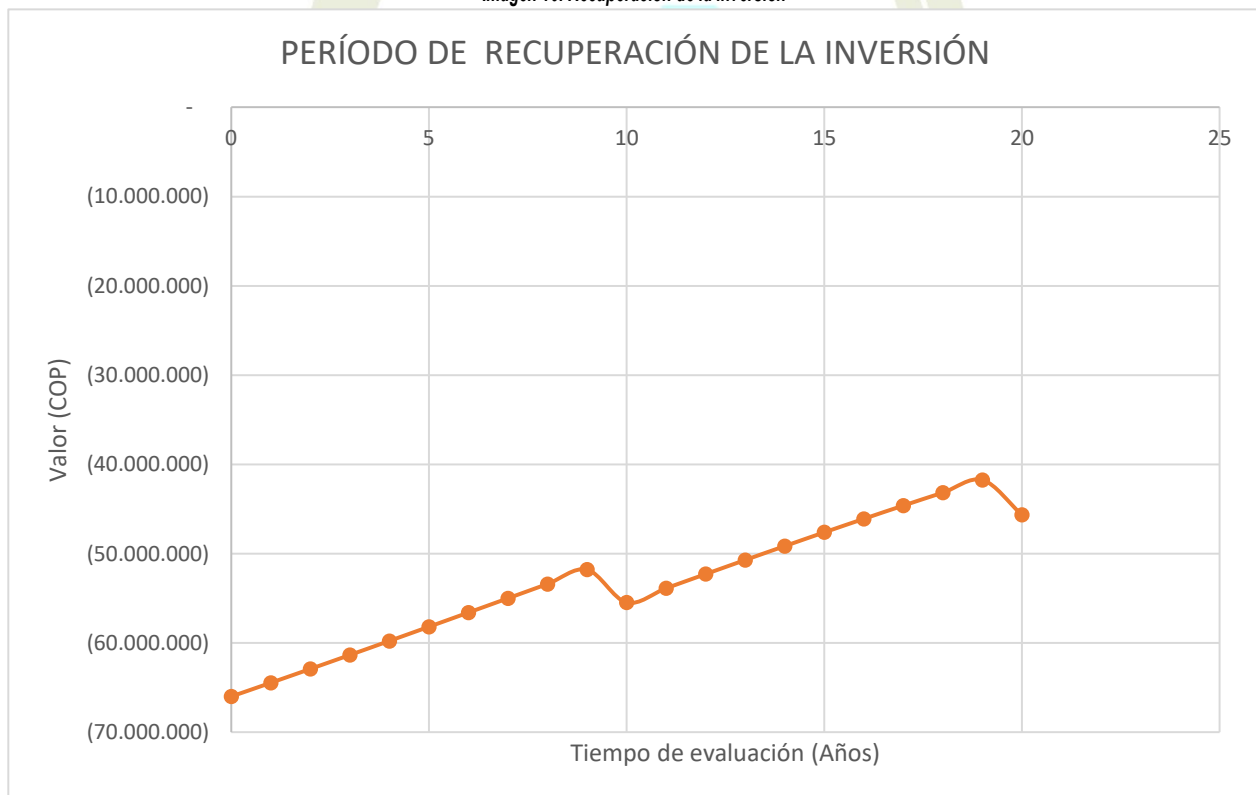
7. ANALISIS ECONOMICO – PROPUESTA I.E FUSCA

En la siguiente tabla se presenta de forma resumida un análisis económico del proyecto. Sin embargo, se debe tener en cuenta que este puede variar de acuerdo con las condiciones del mercado al momento de ejecutar el proyecto.

Imagen 9. Análisis económico del proyecto

PARAMETRO	UNIDADES	VALOR
Potencia Instalada	kWp	3,45
Generación de Energía	kWh/año	4.225
Perdida de Eficiencia	%	1,0%
Tarifa Eléctrica	\$/kWh	645
Costo por kWp	\$/kWp	20.000.000
CAPEX	\$	66.000.000
OPEX	\$/año	990.000
Seguros	\$/año	198.000
Cambio Inversor (año 10)	\$	5.280.000

Imagen 10. Recuperación de la inversión



En la imagen 10, se evidencia que en un periodo de 20 años basado en la vida útil estimada para un proyecto fotovoltaico se evidencia que no existe una recuperación de la inversión inicial del proyecto y la inversión no se recuperaría principalmente por el costo adicional requerido para realizar la adecuaciones civiles y eléctricas para cumplir con lineamientos regulatorios por la NTC 2050, RETIE y Res. CREG 174-2021.

INFORME DE LA DIRECCIÓN DE LABORATORIO E INNOVACIÓN AMBIENTAL, DLIA

8. RECOMENDACIONES

- El uso final de la energía proporcionada por el sistema solar fotovoltaico será exclusivamente para consumo eléctrico para diferentes actividades que implican uso, mantenimiento e inspección; por lo tanto, se debe cumplir con lo estipulado en la norma RETIE, NTC 2050 y otras normas que aplique en el sector eléctrico. Por otro lado, es importante determinar la capacidad de peso máximo de la cubierta para determinar un dimensionado con mayor capacidad por aumento en la cantidad de módulos fotovoltaicos.
- Previo a proceso de contratación, es importante contar con los planos eléctricos, estructurales y civiles de la infraestructura de la I.E Fusca, puesto que es un requisito para poder realizar los diseños definitivos así como la solicitud de conexión del proyecto ante un operador de red acorde a la Res. CREG 174-2021.
- El módulo fotovoltaico deberá estar orientado hacia al SUR, con una inclinación de 7° a 15° respecto al terreno, ubicado en un lugar libre de sombras. Es importante, mantener los módulos solares libres de polvo, deben ser limpiados periódicamente.
- El cambio de la potencia y cantidad de los módulos fotovoltaicos generará aumento en la capacidad de generación donde se requerirá un cambio en la aprobación del proyecto por parte del Operador de Red (OR) y por lo que probablemente los tiempos de ejecución, materiales, equipos y costos cambiarán.
- Durante la etapa de desarrollo del proyecto es importante analizar variables meteorológicas, eléctricas y civiles que afectan la generación solar. La elección de los inversores depende de la potencia, corriente y tensión transmitida por los módulos; por lo cual es necesario realizar análisis de los límites de tensión y corriente máximo analizados por los módulos fotovoltaicos. Adicionalmente, el peso de los módulos fotovoltaicos requiere una estructura sólida capaz de resistir el peso total de los módulos (aproximadamente 200 kg); por lo cual es necesario analizar la estructura de la propuesta de modelamiento o realizar un diseño de una sobre estructura.

9. CONCLUSIONES

- La información presentada a lo largo del informe muestra la información suministrada y recolectada durante la visita técnica, por lo que se considera el punto de inicio para el desarrollo de un proyecto fotovoltaico donde también se debe realizar etapas de caracterización de infraestructura civil, eléctrica y dinámicas de funcionamiento ante los cambios de temperatura mostrados en el informe.
- Para la aplicación de un proyecto fotovoltaico en la I.E Fusca, es necesario contar con la información civil, eléctrica y estructural con el fin de determinar una viabilidad para el proyecto. Sin esta información, el proyecto no será posible contemplar los procesos ante un operador de red.
- Durante los análisis presentados a lo largo del presente informe, se encontró que el sistema fotovoltaico con mejor comportamiento energético es un sistema con capacidad de generación de 3,3 kW por su mejor aprovechamiento en el consumo propio y menor cantidad de excedentes a la red. Sin embargo, para realizar la implementación de la propuesta dimensionada es necesario realizar una serie de actividades de obra civiles y eléctricas adicionales a las requeridas por este tipo de proyectos para cumplir con los establecido en la normatividad vigente.
- La infraestructura del lugar no es adecuada para la implementación de una solución energética basada en energía solar fotovoltaica conectada a la red con capacidad instalada de 3,3 kWp que consta de 6 módulos fotovoltaicos con capacidad de 550 W cada uno y sistema de inversión DC/AC con capacidad de 3,45 kW. Adicionalmente, se recomienda que el municipio de Chía en conjunto con el contratista que realizó la obra de la Institución puedan determinar



INFORME DE LA DIRECCIÓN DE LABORATORIO E INNOVACIÓN AMBIENTAL, DLIA

o estime la capacidad de carga estructural que puede soportar tejado de la I.E Fusca con el fin de conocer la resistencia de este.

- Con las características de la propuesta energética solar se estima generar alrededor de 10.251 kWh/año que representan un 49,8% de carga anual de la I.E Fusca y con dicha generación fotovoltaica se busca disminuir alrededor de 2129 kg1CO2/año.
- Con el fin de disminuir los gases de efecto invernadero (GEI) por el uso del recurso energético en la I.E Fusca, se recomienda la implementación de un sistema On-Grid, y así, reducir los consumos diurnos de energía, además con este sistema se evita el uso de baterías. A través del software Meteonorm se evaluaron las condiciones ambientales del área disponible para la instalación de paneles solares designada por el personal del municipio de Chía; para la caracterización es pertinente el análisis de esas condiciones, comparadas con los datos enviados por el personal de la administración municipio.

----- FIN DEL INFORME -----

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE INFORME SIN AUTORIZACIÓN PREVIA DE LA DIRECCION DEL LABORATORIO E INNOVACION AMBIENTAL DE LA CAR

Ciudad: Fecha:

	Nombre	Firma
Elaboró	Andrés Felipe Cantor Molina Contratista – Contrato N° 2644 de 2022 Juan Pablo Agudelo Silva Contratista – Contrato N° 2169 de 2022	
Aprobó	Nelly Paola Perez Novoa Líder del grupo de Gestión Energética y Ecosostenibilidad Ambiental Contratista – Contrato N° 2141 de 2022	

CONTROL DE CAMBIOS DEL FORMATO

Revisión	Descripción del cambio	Autor	Fecha
6	Se incluye espacio para consecutivo y para título y se adiciona control de cambios del formato	Giselle Rivera Pineda	2021-12-30