



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE ELECTRICIDAD

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN
SISTEMA DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA EN LA IGLESIA BEATO
JOSÉ GREGORIO HERNÁNDEZ

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de Ingeniero Eléctrico

AUTORES: Edison Isaías Pazmiño Monserrate

TUTOR: Ing. Julio Manuel Silva Becheran.

GUAYAQUIL – ECUADOR

2025

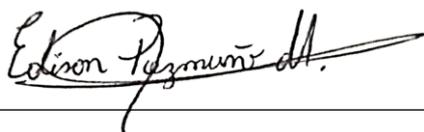
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Edison Isaias Pazmiño Monserrate con documento de identificación N° 0953445400, manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo y autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 5 de febrero0 del año 2025

Atentamente;

A handwritten signature in black ink, reading "Edison Isaias Pazmiño Monserrate", written over a horizontal line.

Edison Isaias Pazmiño Monserrate

0953445400

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Yo, Edison Isaias Pazmiño Monserrate con número de identificación N° 0953445400, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy el autor del proyecto técnico: **“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA EN LA IGLESIA BEATO JOSÉ GREGORIO HERNÁNDEZ”**, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de INGENIERO EN ELECTRICIDAD, en la universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que se hace la entrega del trabajo final en el formato digital a la biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 5 de febrero del 2025

Atentamente;



Edison Isaias Pazmiño Monserrate

0953445400

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Julio Manuel Silva Becheran con documento de identificación N° 0959623422 docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el proyecto técnico: **“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA EN LA IGLESIA BEATO JOSÉ GREGORIO HERNÁNDEZ”**, realizado por Edison Isaias Pazmiño Monserrate con número de identificación N° 0953445400, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 5 de febrero del año 2025

Atentamente;



Júlio Silva Manuel Becheran

0959623422

DEDICATORIA

A través de este trabajo, le dedico a Dios por haber sido guía en este largo camino, por mantenerme lleno de salud y energía, A mi Papá Edison Pazmiño y mi mamá Isidora Monserrate, que desde pequeño me inculcaron valores que son importantes en el progreso como persona, a mis tías y tíos por apoyarme y guiarme para continuar por el buen camino.

A mi abuelito Gilberto y mi abuelita Lucía, por ser un pilar fundamental en mi crecimiento como persona para llevar a cabo el cumplir mi meta.

Edison Isaias Pazmiño Monserrate

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, a mi madre y padre, por todo el esfuerzo que me brindaron, por los valores que me inculcaron desde pequeño, por impulsarme a no rendirme y cumplir mi propósito de ser Ingeniero, a mis tías y tíos por estar presente y compartirme su sabiduría y conocimientos, a mis amigos, compañeros y profesores por apoyarme y orientarme en este trayecto como estudiante, por compartir sus conocimientos y consejos adquiridos por su experiencia como profesional.

A toda la familia por ser una base fundamental en mi carrera y por todo el amor ofrecido.

Edison Isaias Pazmiño Monserrate

ÍNDICE

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	ii
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	iii
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
CAPÍTULO I	16
1.1. TÍTULO	16
1.2. PROBLEMÁTICA	16
1.3. JUSTIFICACIÓN	16
1.4. OBJETIVOS	18
1.4.1. Objetivo general :	18
1.4.2. Objetivos específicos:	18
CAPITUILO II	19
2.1. ENERGÍA SOLAR	19
2.1.1. Características de la energía solar	19
2.1.2. Tipos de energía solar	19
2.1.3. Beneficios de la energía solar	22

2.2. COMPONENTES y FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS FOTVOLTAICOS _____	23
2.2.1. Paneles Solares: _____	23
2.2.3. Inversor _____	24
2.2.4. Controlador de carga _____	24
2.2.5. Medidor bidireccional _____	25
2.2.6. Estructura de montaje: _____	26
2.3. FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA FOTVOLTAICO _____	26
2.4. EFICIENCIA DE LOS PANELES SOLARES _____	27
2.5. FACTORES QUE INFLUYEN A LA GENERACIÓN FOTVOLTAICA ____	28
2.5.1. Radiación Solar _____	28
2.5.2. Inclinación _____	29
2.5.3. Orientación _____	30
2.6. VIDA ÚTIL DEL SISTEMA FOTVOLTAICO _____	31
2.6.1. La ubicación del sistema fotovoltaico _____	31
2.6.2. Mantenimiento adecuado _____	31
2.7. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA FOTVOLTAICA (PVGIS) 32	
2.7.1. PVGIS cómo funciona _____	33
2.8. NORMATIVAS. _____	33
2.8.1. Instalaciones eléctricas _____	33
2.8.2. Factores de demanda en toma Corrientes e iluminacion. _____	34
2.8.3. Circuito de iluminacion _____	35
2.8.4. Circuitos de tomacorrientes _____	35
2.8.5. Circuitos especiales _____	35
2.8.6. Dimensionamiento de paneles solares y baterías. _____	36
CAPITULO III _____	39
3.1. CARGA TOTAL _____	39
3.1.1. Carga estimada de la parroquia _____	39
3.1.2. Carga estimada de las aulas de catequesis. _____	39
3.1.2. Cuadro de cargas de la Planta baja _____	44

3.1.3.	Cuadro de cargas de la Planta Alta _____	45
3.1.4.	Potencia estimada de las aulas de catequesis _____	46
3.1.5.	Potencia estimada de la casa parroquial _____	46
3.1.6.	Cuadro de cargas, planta baja de la casa Parroquial _____	48
3.1.7.	Cuadro de cargas, planta alta de la casa Parroquial _____	49
3.1.8.	Carga estimada de la casa Parroquial _____	50
3.1.9.	Carga total de la iglesia _____	50
3.1.10.	Potencia estimada para el exterior _____	52
3.1.11.	Total estimado para la parroquia _____	53
3.2.	NÚMERO DE PANELES _____	56
3.2.1.	Horas pico solar del día _____	57
3.2.2.	Orientación _____	59
3.2.3.	Dimensionamiento del número óptimo de paneles en la ubicación _____	61
3.2.4.	Calculó del panel solar _____	62
3.2.5.	Cálculo de inversor _____	69
3.2.6.	Dimensionamiento del cableado. _____	71
3.2.7.	Protecciones eléctricas _____	76
3.2.8.	Diagrama Unifilar del generador fotovoltaico en AutoCAD. _____	77
3.2.9.	Diagrama unifilar, detalle del string box de CC a CA _____	78
3.2.10.	Simulación mediante el software RETScreen _____	79
3.3.	INVERSIÓN DEL PROYECTO _____	83
3.3.1.	Costo de la inversión del sistema fotovoltaico _____	84
3.3.2.	Costo de mano de obra y otros gastos _____	85
3.3.3.	Retorno de inversión _____	85
3.4.	IMPACTO AMBIENTAL _____	86
3.4.1.	Reducción de emisiones de CO2 _____	87
3.4.2.	Huella de carbono en los equipos _____	88
CAPITULO IV _____		91
4.1.	PROPUESTA _____	91
4.1.1.	Descripción del sistema fotovoltaica _____	91

4.1.2. Beneficios del sistema _____	91
4.1.3. Recomendaciones para la implementación. _____	91
4.1.4. Análisis económico _____	92
4.2. CONCLUSIÓN _____	93

ÍNDICE DE FIGURAS

	20
Figura 1. Paneles para obtención de energía solar fotovoltaica _____	20
Figura 2. Paneles térmicos. _____	20
Figura 3. Diferencia entre solar – térmica. _____	21
Figura 4. Planta de energía solar concentrada _____	21
Figura 5. Beneficios del sistema fotovoltaico _____	23
Figura 6. Panel solar _____	23
Figura 7. Inversor _____	24
Figura 8. Controlador de carga _____	24
Figura 9. Medidor bidireccional _____	25
Figura 10. Estructura de montaje _____	26
Figura 11. Sistema fotovoltaico _____	26
Figura 12. Inclinación respecto al sol _____	29
Figura 13. Orientación ubicada en Sevilla _____	30
Figura 14. Herramienta en línea PVGIS _____	32
Figura 15. Datos climatológicos PVGIS _____	57
Figura 16. Gráfico de Irradiación solar (PVGIS) _____	57
Figura 17. Azumit e inclinación del panel _____	60
Figura 18. Latitud y longitud de la Parroquia. _____	60
Figura 19. Dimensionamiento del panel _____	61
Figura 20. Dimensionamiento del tejado. _____	61
Figura 21. Panel solar monocristalino. _____	62
Figura 22. Datos eléctricos del panel solar STC. _____	63

Figura 23. Datos eléctricos del panel solar NOCT. _____	63
Figura 24. Especificaciones mecánicas del panel. _____	64
Figura 25. Inversor solar 12kW. _____	70
Figura 26. Diagrama unifilar del sistema fotovoltaico. _____	77
Figura 27. Diagrama unifilar del sistema de protección CC - CA. _____	78
Figura 28. Condiciones del sitio _____	79
Figura 29. Datos climatológicos. _____	80
_____	81
Figura 30. Información de la instalación. _____	81
Figura 31. Especificaciones técnicas del panel e inversor. _____	82
Figura 32. Datos de generación _____	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de las viviendas según el área de construcción_____	34
Tabla 2. Factores de demanda_____	34
Tabla 3. Cargas únicas. _____	35
Tabla 4. Tipos de proyectores y su consumo. _____	39
Tabla 5. Carga total de la P.B. _____	44
Tabla 6. Carga total de la P.A. _____	45
Tabla 7. Carga total P.B. casa Parroquial. _____	48
Tabla 8. Carga total P.A. casa Parroquial. _____	49
Tabla 9. Horas reales de uso de la Parroquia _____	55
Tabla 10. Horas pico solar de cada mes _____	58
Tabla 11. Inclinación dependiente de la latitud _____	59
Tabla 12. Panel solar/generado al día _____	64
Tabla 13. 40 paneles/generado al día _____	66
Tabla 14. Producción generada al mes de los paneles. _____	67
Tabla 15. Consumo Parroquia – generado por los paneles. _____	68
Tabla 16. Especificaciones técnicas del inversor 12kW. _____	71
Tabla 17. Conductores seleccionados para el sistema. _____	74
Tabla 18. Conductores seleccionados para el sistema. _____	75
Tabla 19. Dependencia de la temperatura del coeficiente de conductividad. _____	75
Tabla 20. Costo del sistema fotovoltaico. _____	84
Tabla 21. Ahorro y ganancias del sistema fotovoltaico. _____	92

RESUMEN

El estudio propuesto evalúa la factibilidad de una futura implementación de energía solar en la iglesia Beato José Gregorio Hernández ubicado en Ecuador, provincia del guayas, Guayaquil. Con el objetivo de demostrar que es factible su implementación dando a conocer un resultado optimo del consumo energético, Para eso se realizó un análisis de la demanda eléctrica del templo y todas sus instalaciones, considerando el uso de tecnología LED y el potencial de generación solar en la zona. Obteniendo costos de inversión, beneficios económicos y ambientales. Así como el tiempo de retorno de la inversión. Los resultados obtenidos demuestran que es viable una futura instalación de energía solar, así contribuyendo a la sostenibilidad de la iglesia y promoviendo el uso de energías limpias.

ABSTRACT

This study evaluates the feasibility of a future implementation of solar energy in the Beato José Gregorio Hernández church located in Ecuador, province of Guayas, Guayaquil. With the aim of demonstrating that its implementation is feasible, revealing an optimal result of energy consumption, an analysis of the electrical demand of the temple and all its facilities was carried out, considering the use of LED technology and the potential for solar generation in the area. Investment costs, economic and environmental benefits were estimated. As well as the return on investment time. The results obtained demonstrate that a future solar energy installation is viable, thus contributing to the sustainability of the church and promoting the use of clean energy.

CAPÍTULO I

1.1. TÍTULO

Estudio de factibilidad para la implementación de un sistema de energía fotovoltaica en la Iglesia Beato José Gregorio Hernández.

1.2. PROBLEMÁTICA

La iglesia que está en planes de construcción de acuerdo a su diseño y cálculos eléctricos se conoce que el consumo eléctrico será elevado y va a depender de la red eléctrica convencional, lo que va a generar costos elevados en el pago del servicio eléctrico. Esto se verá afectado por el uso constante de sus instalaciones como la misa, las reuniones de grupos, las clases de catequesis y la casa parroquial.

Además, en el futuro el aumento de tarifas eléctricas puede llegar a subir por muchos aspectos y también las posibles fallas en el suministro de energía llegan afectar el normal funcionamiento de las actividades que se hacen diario en la iglesia.

1.3. JUSTIFICACIÓN

En un futuro se enfrentará los altos costos asociados al consumo eléctrico en la Iglesia Beato José Gregorio Hernández lo que genera la necesidad de explorar alternativas sostenibles que permitan mejorar la eficiencia energética y reducir los gastos operativos. la iglesia va a depender exclusivamente de la red eléctrica convencional, lo que la hace vulnerable a incrementos en las tarifas y posibles interrupciones en el suministro.

En este contexto, la implementación de un sistema de energía fotovoltaica se presenta como una solución viable para garantizar un suministro energético más estable, sostenible y económico. Este estudio busca determinar la factibilidad de dicha implementación, considerando aspectos técnicos, económicos y ambientales, con el fin de proporcionar información relevante para la toma de decisiones.

Desde un punto de vista económico, el uso de energía solar permitiría una reducción en los costos de electricidad a mediano y largo plazo, generando un ahorro significativo en los gastos de la iglesia. A nivel ambiental, la adopción de esta tecnología contribuiría a la reducción de la huella de carbono y al uso responsable de los recursos naturales, alineándose con las políticas globales de sostenibilidad.

Además, este estudio tiene una relevancia social, ya que la iglesia no solo cumple una función religiosa, sino que también sirve como un centro comunitario donde se realizan actividades educativas y sociales. La implementación de un sistema fotovoltaico podría convertirse en un modelo para otras instituciones religiosas y comunitarias interesadas en adoptar energías renovables.

Por lo tanto, esta investigación es fundamental para evaluar la viabilidad de un sistema fotovoltaico en la iglesia, proporcionando datos que respalden una posible inversión y fomentando el uso de energías limpias en el sector religioso y comunitario.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general :

Hacer un análisis de la factibilidad para una futura implementación de energía fotovoltaica en la iglesia Beato José Gregorio Hernández, teniendo en cuenta los aspectos técnicos, económicos y ambientales. Con el fin de determinar que es viable como una alternativa sostenible para el suministro eléctrico de la Parroquia.

1.4.2. Objetivos específicos:

- Analizar la demanda que la iglesia tendrá, incluyendo el consumo de sus distintas instalaciones (templo, salas de catequesis, casa parroquial y áreas exteriores).
- Determinar el potencial de generación de energía solar fotovoltaica, considerando factores como la radiación solar en la zona y el espacio disponible para la instalación de los paneles solares.
- Realizar un estudio técnico para identificar los componentes adecuados del sistema fotovoltaico (paneles solares, inversores, etc.) y su configuración óptima.
- Evaluar la viabilidad económica del sistema, calculando costos de inversión, ahorros en la facturación eléctrica, retorno de inversión y beneficios financieros a largo plazo.
- Examinar el impacto ambiental de la implementación del sistema fotovoltaico, en términos de reducción de emisiones de CO₂ y contribución a la sostenibilidad.
- Elaborar una propuesta de implementación basada en los resultados del estudio, con recomendaciones para la puesta en marcha del sistema de energía solar en la iglesia.

CAPITULO II

2.1. ENERGÍA SOLAR

La energía solar es una fuente de energía renovable que se obtiene a través del sol, esto funciona por que el sol emite una cantidad enorme de energía en forma de radiación electromagnética, como la luz y el calor. Así llega a la tierra y se puede aprovechar de diversas formas [1].

2.1.1. Características de la energía solar

- Es una energía limpia.
- Es una energía renovable.
- Es una energía inagotable.
- Es una energía silenciosa.
- Es una energía accesible.
- Su origen viene del sol por fusión nuclear [2].

2.1.2. Tipos de energía solar

- **Energía solar fotovoltaica:** Este solo funciona por un sistema fotovoltaico. Se trata de una instalación de paneles solares que convierten directamente la luz del sol en electricidad.

Cuando este pega sobre los paneles, se produce un flujo de electrones que genera una corriente eléctrica.

Esto tipo de energía solar se puede implementar en hogares, edificios comerciales, para cargar sus vehículos, sistemas aislados como casas de campo y etc.



Figura 1. Paneles para obtención de energía solar fotovoltaica

Fuente: (Endesa, 2020)

- **Energía solar térmica:** El funcionamiento de ésta implica que el calor que emite el sol sea utilizado para calentar agua u otros fluidos. Este calor se puede almacenar y utilizarse para diversas aplicaciones.

Tipos de utilización:

De baja temperatura : para calentamiento de agua sanitaria.

De media temperatura: Para procesos industriales.

De alta temperatura: Para generar electricidad a gran escalas.



Figura 2. Paneles térmicos.

Fuente: (APREAN, 2024)

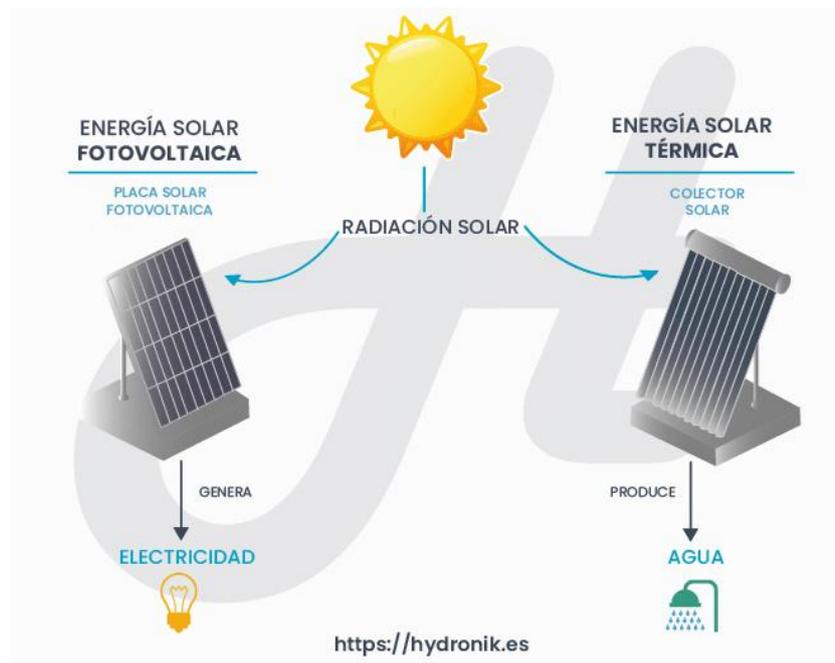


Figura 3. Diferencia entre solar – térmica.

Fuente: (Hydronik, 2022)

- **Energía solar concentrada:** la función es atrapar la luz a través de espejos o lentes, así la concentra en un solo punto generando altas concentraciones de temperatura, este calor es utilizado para producir vapor y mover turbinas que generan electricidad [3].

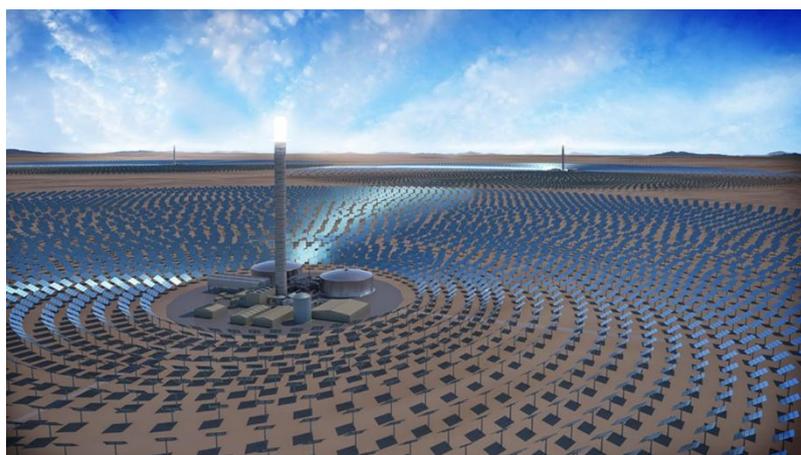


Figura 4. Planta de energía solar concentrada

Fuente: (Gubinelli, 2020)

2.1.3. Beneficios de la energía solar

La energía solar tiene para ofrecer una amplia gama de beneficios tanto para el medio ambiente como la economía.

Beneficios ambientales: estos beneficios tienen varios puntos a su favor como la reducción de emisiones, la conservación de recursos naturales y una menor contaminación:

Reducción de emisiones: La energía solar no produce gases de efecto invernadero porque es una energía limpia y natural, lo que ayuda a combatir el cambio climático y mejorar la calidad del aire.

Conservación de recursos naturales: Al hacer uso de esta energía limpia, se disminuye la dependencia de combustibles fósiles y ayuda a preservar recursos no renovables como el petróleo y el gas.

Menor contaminación: la energía solar no implica la emisión de contaminantes que dañan el suelo y el agua.

Beneficios económicos: en el tema económico tenemos el ahorro a largo plazo, la independencia energética, valorización de la propiedad y la generación de empleo.

Ahorro a largo plazo: a pesar que se necesita una inversión inicial para esta implementación, los sistemas solares generan ahorros en las facturas eléctricas que a largo plazo se podrá recuperar e incluso si hay un sobrante de energía esta se puede vender al Estado, de tal manera que la inversión inicial pueda ser recuperada.

Independencia energética: Al estar produciendo tu propia energía, reduces la dependencia de las compañías eléctricas y te proteges de las fluctuaciones en los precios de la energía.

Valorización de la propiedad: Las viviendas con estos sistemas suelen tener un mayor valor de mercado.

Generación de empleo: la instalación y el mantenimiento de estos genera empleo en las industrias de energía renovable [4].



Figura 5. Beneficios del sistema fotovoltaico

Fuente: (Insola, 2021)

2.2. COMPONENTES y FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Un sistema de energía solar fotovoltaico está compuesto por varios elementos que ayudan a la conversión de energía solar en electricidad que se pueda usar. A continuación te detallo cada uno de ellos:

2.2.1. Paneles Solares:

Estos son el corazón del sistema. Son los encargados de capturar la luz solar y convertirla en corriente continua (CC). Están compuestas por células solares que al ser expuesta a la luz, generan una pequeña corriente eléctrica .



Figura 6. Panel solar

Fuente: (Energy dcac, 2023)

2.2.3. Inversor

Está encargado de transformar la corriente (CC) que es captada por los paneles en corriente alterna (CA), que es la que se utiliza en nuestros hogares, hay varios tipos de inversores como los inversores de cadena y los micro inversores.



Figura 7. Inversor

Fuente: (ogrenovables, 2023)

2.2.4. Controlador de carga

Este controlador tal como dice su nombre es el que se encarga de evitar que las baterías se sobrecarguen o descarguen en exceso. Protege las baterías y optimiza su rendimiento.



Figura 8. Controlador de carga

Fuente: (prostar, 2020)

2.2.5. Medidor bidireccional

Un medidor bidireccional es un dispositivo utilizado en sistemas de energía renovable, como los sistemas fotovoltaicos, para medir tanto la energía consumida como la energía generada y devuelta a la red eléctrica. Su principal función es registrar el flujo de electricidad en ambas direcciones, lo que es esencial cuando se tiene un sistema de generación de energía en el que, además de consumir electricidad de la red, también se puede inyectar energía excedente de vuelta a la misma.

- **Consumo de energía:** Cuando el sistema fotovoltaico no está generando suficiente electricidad (por ejemplo, en la noche o durante días nublados), el medidor registrará el consumo de energía de la red eléctrica.

- **Generación y exportación de energía:** Cuando el sistema fotovoltaico produce más energía de la que la parroquia necesita, el medidor mide el exceso de electricidad y lo "devuelve" a la red. En algunos países, las compañías eléctricas pueden ofrecer un sistema de compensación, como el *net metering*, donde el usuario recibe créditos por la energía exportada, lo que ayuda a reducir la factura eléctrica.

El medidor bidireccional permite a la compañía eléctrica medir la cantidad de energía que fluye en ambas direcciones y calcular la facturación de manera precisa, aplicando las tarifas correspondientes tanto para la electricidad consumida como para la generada.

Es importante que, al instalar un sistema fotovoltaico, este medidor esté en funcionamiento, ya que garantiza un control adecuado del flujo de energía y asegura que el sistema esté cumpliendo con las normativas locales.



Figura 9. Medidor bidireccional

Fuente: (energia2050, 2021)

2.2.6. Estructura de montaje:

tal como dice se encarga de sujetar los paneles solares en una posición adecuada para maximizar la captación de luz solar. Esta puede ser fija o con seguimiento de luz solar.



Figura 10. Estructura de montaje

Fuente: (Jumply, 2024)

2.3. FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO

Los paneles captan la luz solar convirtiéndolas en corriente continua, La corriente pasa a través del controlador de carga, que regula su flujo y carga las baterías

Cuando se necesita la energía, el inversor la convierte la corriente que esta almacenada en las baterías en corriente alterna.

La corriente ya pasa a los paneles de distribución principal del edificio o casa para alimentar los dispositivos eléctricos que se necesiten usar [5].

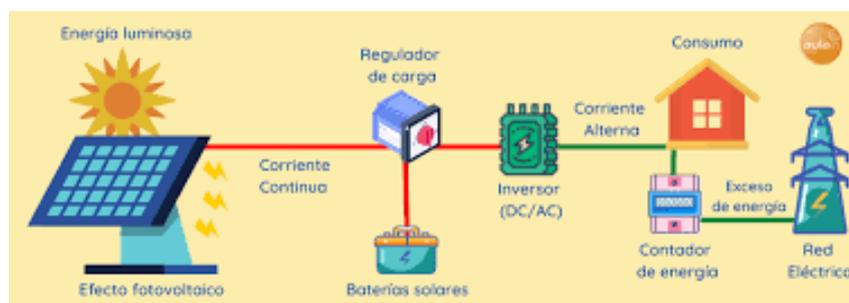


Figura 11. Sistema fotovoltaico

Fuente: (Aula21, 2023)

2.4. EFICIENCIA DE LOS PANELES SOLARES

En los últimos años, la eficiencia de los paneles solares ha mejorado significativamente, aumentando de un promedio del 15 % en la conversión de luz solar en energía a cerca del 20 %. Los modelos de mayor rendimiento pueden alcanzar hasta un 23 %. Además, la potencia nominal de los paneles de tamaño estándar ha pasado de 250W a 370W.

La eficiencia de un panel solar depende tanto de la tecnología y el diseño de sus células fotovoltaicas como de factores adicionales, como la disposición y el tamaño del panel. Para evaluar su eficiencia, una opción sencilla es revisar el índice de eficiencia proporcionado por el fabricante, el cual se basa en condiciones de prueba estándar y brinda una referencia confiable del desempeño del panel.

Cuanto mayor sea la eficiencia de un panel solar, más energía podrá generar en comparación con uno de menor eficiencia, lo que reduce la cantidad de paneles necesarios para alcanzar la misma producción.

Aunque los paneles de alto rendimiento tienen un costo más elevado, resultan especialmente beneficiosos en espacios reducidos, ya que permiten maximizar la generación de energía en una superficie limitada. Al mismo tiempo, la disminución en los precios de los paneles solares ha mejorado su rentabilidad, convirtiéndolos en una opción cada vez más atractiva para hogares y empresas.

Estos sistemas pueden integrarse con herramientas de monitoreo energético que facilitan la recopilación, el análisis y la comparación de datos en tiempo real sobre el consumo eléctrico.

Además, el software de gestión energética puede identificar oportunidades de ahorro al evaluar el uso real frente al consumo ideal, permitiendo a los usuarios tomar medidas correctivas para optimizar su eficiencia energética [6].

2.5. FACTORES QUE INFLUYEN A LA GENERACIÓN FOTOVOLTAICA

Los paneles solares fotovoltaicos, al igual que cualquier otro dispositivo tecnológico, no tienen el mismo rendimiento en todas las condiciones. Factores como el clima, el desgaste con el tiempo y la orientación pueden influir significativamente en su capacidad de generación de energía.

Por ello, es fundamental contar con asesoramiento profesional tanto en la instalación como en el mantenimiento de los paneles solares. Una correcta orientación y un adecuado mantenimiento permitirán maximizar su eficiencia y optimizar su rendimiento. En consecuencia, una instalación bien planificada puede traducirse en una recuperación de la inversión más rápida en un sistema de autoconsumo energético [7].

2.5.1. Radiación Solar

Existen distintos métodos para evaluar el recurso solar en un sitio específico, pero cuando se trata de paneles solares, se utiliza el concepto de Horas Sol Pico (HSP). Este parámetro indica la cantidad de radiación solar que recibe un área determinada en un día promedio del mes, asumiendo que la irradiancia alcanza o supera los 1000 W/m².

Se emplea esta medición porque la cantidad de energía que genera un panel fotovoltaico depende directamente de la irradiancia recibida, la cual varía a lo largo del día. Los fabricantes determinan la potencia de los paneles bajo condiciones estándar de prueba (STC), que corresponden a una irradiancia de 1000 W/m² y una temperatura de operación de 25 °C, lo que facilita la estimación de su rendimiento real.

Por ejemplo, aunque un panel solar puede estar expuesto a la luz solar entre 13 y 15 horas al día, no operará a su máxima capacidad durante todo ese tiempo debido a la variabilidad en la irradiancia. Tomando como ejemplo una localidad con una superficie que recibe 8,16 HPS recibiendo en total 1000 W/m².

Este valor puede calcularse sumando la irradiancia por hora y dividiéndola entre 1000. No obstante, un método más práctico consiste en dividir la energía total recibida por metro cuadrado durante el mes (253 kWh/m²) entre la cantidad de días del mes (31 días).

La disponibilidad de energía solar en una región depende principalmente de su latitud (las zonas más cercanas al ecuador reciben mayor radiación) y de las condiciones climáticas (como la nubosidad). Sin embargo, hay otros factores que también influyen en el rendimiento de un sistema fotovoltaico.

su máximo desempeño, logrando así un ahorro tanto en tiempo como en costos [8].

2.5.2. Inclinación

La inclinación de los paneles solares es un factor esencial, ya que permite que la luz solar incida de la manera más eficiente, mejorando la generación de energía.

En términos generales, se considera que el ángulo de inclinación ideal para optimizar la producción fotovoltaica anual se obtiene restando 10° a la latitud del lugar donde se instalen los paneles. Por ejemplo, en uno de los países que esta más desarrollado en la energía solar fotovoltaica como es España, con una latitud aproximada de 40° N, la inclinación recomendada para los paneles solares varía entre 25° y 35°.

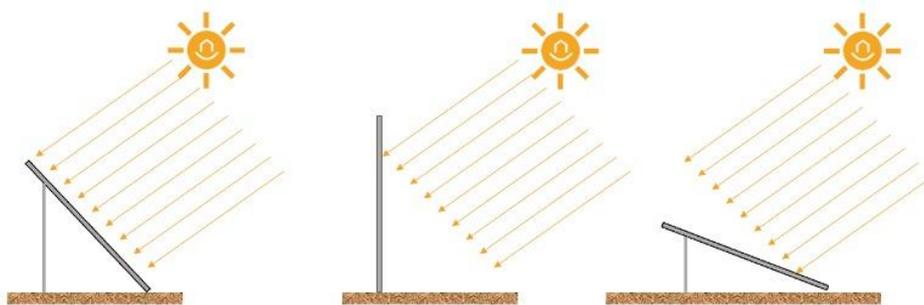


Figura 12. Inclinación respecto al sol

Fuente: (Desenchufados, 2024)

Aunque esta opción es excelente para una optimización general, no siempre es la más adecuada en todos los casos. Si el consumo energético de una persona se concentra en ciertos meses del año, podría resultar más rentable ajustar la inclinación de los paneles.

Un ángulo de inclinación elevado disminuye la radiación recibida durante los meses de primavera y verano, pero la incrementa en otoño e invierno. Por el contrario, un ángulo de inclinación bajo aumenta la radiación en los meses cálidos y la reduce en los fríos [9].

2.5.3. Orientación

La orientación más favorable para cualquier edificio es hacia el sur, ya que maximiza la captación de luz y calor. Lo mismo ocurre con los paneles solares: cuando su orientación se aleja del sur, se producen pérdidas, y estas pérdidas aumentan a medida que la inclinación del panel es mayor, como se ilustra en la siguiente imagen.

Ubicación - Sevilla (37.389, -5.995) - Desviación respecto al Sur de 45°	
Inclinación	Pérdidas
0°	0,00%
15°	3,40%
30°	4,69%
45°	5,74%
60°	6,19%

Figura 13. Orientación ubicada en Sevilla

Fuente: (AutoSolar, 2024)

Aunque en general un panel solar desviado del sur produce menos energía, su impacto es mucho menor en comparación con el efecto de la inclinación. Si un panel está orientado hacia el este, generará más energía en las primeras horas del día, mientras que si está orientado hacia el oeste, lo hará principalmente al final del día. Sin embargo, las pérdidas son similares para cualquier desviación específica.

Para observar el efecto de la orientación, se ha utilizado una desviación de 90° , ya que sin esta referencia es difícil notar la diferencia. Este fenómeno puede influir de manera positiva o negativa.

en los resultados de una instalación, dependiendo de las horas del día en las que se registren los mayores consumos de energía [10].

2.6. VIDA ÚTIL DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

La vida útil de un sistema fotovoltaico va a depender varios factores, como su ubicación, su cuidado y el mantenimiento.

La vida útil promedio de un sistema de estos es de 25 años y con algunos paneles que llegan alcanzar 30 años de vida útil.

A continuación se mencionan los factores que influyen en su vida útil:

2.6.1. La ubicación del sistema fotovoltaico

Si este sistema es instalado en un lugar donde está expuesto directamente al sol durante la mayor parte del año, estos tendrán una vida útil mayor. Si estos están expuestos a la intemperie durante mucho tiempo sufrirán daños a largo plazo y su vida útil será menor.

2.6.2. Mantenimiento adecuado

los paneles deben limpiarse regularmente para eliminar la suciedad y el polvo. Si hay mucho polvo y suciedad esto impedirá que la luz solar sea captada por los paneles dándole una menor vida. Además los paneles se deben inspeccionar periódicamente por si tiene algún daño como grietas o abolladuras [11].

2.7. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA FOTOVOLTAICA (PVGIS)

es un recurso digital creado por el Centro Común de Investigación (JRC) de la Comisión Europea. Está concebida para examinar la capacidad de energía solar en cualquier lugar del planeta.

El PVGIS sirve para el cálculo de la producción fotovoltaica, Facilita calcular la cantidad de energía que un sistema solar puede producir en un lugar concreto.

Toma en cuenta elementos como la inclinación, la orientación y la clase de panel.

Evalúa la irradiación del Sol, ofreciendo información acerca de la cantidad de radiación solar que una superficie absorbe durante un año, mes o día.

Optimiza los sistemas fotovoltaicos, Asiste en la identificación de la orientación y la inclinación óptimas para optimizar la generación de energía.

Examina la manera en que la temperatura y otras circunstancias influyen en el desempeño de los paneles solares.



Figura 14. Herramienta en línea PVGIS

Fuente: (PVGIS, 2024).

2.7.1. PVGIS cómo funciona

- Indica la localización (puede ser por coordenadas o por elección en el mapa).
- Establece los parámetros del sistema (clase de panel, ángulo, potencia incorporada).
- Recabar datos (estimación de producción mensual/anual, pérdidas del sistema, etc.) [12].

2.8. NORMATIVAS.

Estas normativas se basan esencialmente en el cálculo de demanda, el cálculo de iluminación, dimensionamiento de paneles solares y baterías y el cálculo de carga por equipos especiales.

2.8.1. Instalaciones eléctricas

Respecto a la demanda de la Parroquia, objeto del presente trabajo, se utilizan los principios de cálculos de cargas eléctricas conforme a los estándares generales. Para el cálculo de la potencia instalada (P.I) y el cálculo de carga total se recomienda seguir lo siguiente:

- **Reglamento de Instalaciones Eléctricas (REI):** El REI regula cómo se debe dimensionar la carga eléctrica de los diferentes espacios, en función de su tipo de uso y la demanda esperada.
- **NTE INEN 2 135:** Esta normativa ecuatoriana establece los requisitos para la instalación eléctrica de edificios y la distribución de la carga.

Esta normativa dicta las condiciones para calcular la carga eléctrica, de acuerdo con el uso de los espacios, el tipo de aparatos eléctricos (iluminación, equipos especiales, etc.), y los factores de demanda.

- **Para los cálculos de diseño se considera lo siguiente.**

De acuerdo a la normativa **NTE INEN 2 233** que regula el cálculo de iluminación en edificios, tanto de uso residencial como comercial.

Para la iluminación se debe considerar cada salida con una carga máxima de 100 W.

Para tomacorrientes se debe considerar cada salida con una carga máxima de 200 W.

Las cargas especiales se consideran para aquellas salidas que sobrepasen una potencia de 1.500 W, como lo es la cocina eléctrica, calefacción, ducha eléctrica, equipos hidroneumáticos, acondicionadores de aire, vehículos eléctricos, entre otros; teniendo en cuenta la placa del equipo y la cantidad a utilizarse.

Considerando que las demandas máximas de las diferentes cargas, en general, no son la misma que las potencias de las placas, se considera lo siguiente:

Esto es de acuerdo al área de construcción, como se indica en la Tabla No 1.

Tipo de vivienda	Área de construcción	Número Mínimo de Circuitos	
		Iluminación	tomacorrientes
Pequeña	$A < 80$	1	1
Mediana	$80 < A < 200$	2	2
Mediana grande	$201 < A < 300$	3	3
Grande	$301 < A < 400$	4	4
Especial	$A > 400$	1 por cada 100 m ² o fracción de	1 por cada 100 m ² o fracción de 100 m ²

Tabla 1. Clasificación de las viviendas según el área de construcción

Fuente: (Arconel, 2022).

2.8.2. Factores de demanda en toma Corrientes e iluminación.

Los factores que se deben considerar para los toma e iluminación dependiendo del tipo de vivienda se detallan en la Tabla No 2.

Vivienda tipo	FD iluminación	FD Tomacorrientes
Pequeña - mediana	0,7	0,5
Mediana grande - grande	0,55	0,4
Especial	0,53	0,3

Tabla 2. Factores de demanda

Fuente: (Arconel, 2022).

A demás de tener las cargas comunes como iluminacion y tomacorrientes comunes se deben consideras las cargas especiales. A falta de los valores que no se obtengan en placas o para un estimación de carga se pueden considerar los valores dados en la Tabla No 3.

Equipos electricos	Potencia Media (W)
Ducha eléctrica	3.500
Horno eléctrica	3.000
Cocina eléctrica	6.000
Calefón eléctrico	8.000
Aire acondicionado	2.500
Calentador eléctrico	3.000
Cargador para vehículo eléctrico	7.500

Tabla 3. Cargas únicas.

Fuente: (Arconel, 2022).

La demanda de las cargas especiales se determina en función de las cargas instalada, si la carga especial es una sola su factor de demanda será 1; si su equipos son 2 o más mayor a 10Kw, su factor será de 0.80; para 2 cargas a más mayor a 20Kw, su factor será de 0,65.

2.8.3. Circuito de iluminacion

Para los circuitos de iluminacion deben ser diseñados para alimentar una carga máxima de 15 A y no exceder de 15 puntos de iluminacion para evitar saturación en el circuito.

2.8.4. Circuitos de tomacorrientes

Los circuitos de tomas deben ser diseñados considerando salidas polarizadas (fase, neutro, tierra), para aguantar una capacidad de 20 A; y no exceder de 10 salidas.

2.8.5. Circuitos especiales

Los circuitos para cargas únicas como los mencionados anteriormente, deben ser diseñados como único circuito para soportar la carga nominal única.

Teniendo presente que el uso de circuitos únicos para esto es obligatorio como el uso de circuito único para la cocina y ducha eléctrica [13].

2.8.6. Dimensionamiento de paneles solares y baterías.

Para lograr el dimensionamiento y los cálculos se sigue los siguiente principios comunes en los estándares internacionales.

De acuerdo a la normativa **IEC 61215** especifica los requisitos de los módulos fotovoltaicos. Establece las condiciones de prueba y la eficiencia de los paneles solares.

La norma **IEC 61727** define los estándares de conexión de sistemas fotovoltaicos a la red pública, lo cual es útil si se llega a conectar a la red.

La **IEC 62109** especifica los requisitos de seguridad para inversores solares.

IEC 60896-21/22 Regula baterías estacionarias de plomo-ácido y de ion de litio usadas en almacenamiento de energía.

De acuerdo al **código eléctrico Ecuatoriano (CEE)**, establece que los requisitos generales para instalaciones eléctricas en el país incluyendo generación distribuida con energía solar.

La norma **NTE INEN 2 135** que regula la instalación eléctrica en edificios y la integración de fuentes renovables.

IEC 61215

- **Prueba de resistencia térmica:** Expone los paneles a temperaturas extremas para evaluar su durabilidad.
- **Prueba de carga mecánica:** Simula condiciones de viento y nieve para verificar la resistencia estructural.
- **Prueba de humedad y congelamiento:** Mide el efecto de la humedad y cambios bruscos de temperatura.
- **Prueba de impacto de granizo:** Simula el impacto de piedras de hielo en la superficie del panel.

En resumen esta norma te garantiza que los paneles seleccionados son aptos para trabajar con el clima ecuatoriano y que tengan una vida útil mínima de 25 años.

IEC 61727

- **Frecuencia y voltaje:** El inversor debe mantener una salida estable de 60 Hz y 120/220 V según el estándar ecuatoriano.
- **Protección contra inyección inversa:** Evita que la energía del sistema fotovoltaico fluya hacia la red cuando hay un corte de energía (islanding).
- **Armónicos de corriente:** Limita la distorsión armónica para evitar interferencias con otros equipos eléctricos.

En resumen, este proyecto se trata a futuro de ver valores altos luego de la inversión inicial, esto se logra con la venta de energía a la red pública, este estándar es clave para que sea compatible con la empresa eléctrica.

IEC 62109

- **Protección contra sobre corriente:** Evita daños por picos de voltaje o corriente excesiva.
- **Protección contra fallas a tierra:** Detecta y desconecta el sistema si hay fugas de corriente.
- **Requisitos de aislamiento:** Asegura que no haya riesgo de descargas eléctricas en la carcasa del inversor.

En resumen, teniendo en cuenta que el inversor es el componente más crítico del sistema. Este se encarga de que el equipo que se vaya a usar sea seguro y confiable.

IEC 60896-21/22

- **Capacidad y vida útil:** Determina cómo deben medirse la capacidad y la degradación de la batería con el tiempo.

- **Prueba de ciclo de carga/descarga:** Evalúa cuántos ciclos de carga soporta la batería antes de perder eficiencia.
- **Resistencia a altas temperaturas:** Evalúa cómo responde la batería a ambientes calurosos o de alta humedad.

En resumen, Esta norma se encarga de revisar que las baterías garanticen que soportaran las condiciones climáticas y ofrecerán el almacenamiento necesario para los días de radiación solar baja.

Código Eléctrico Ecuatoriano (CEE)

- **Distancias mínimas de seguridad:** Determina la ubicación de inversores y baterías lejos de fuentes inflamables.
- **Dimensionamiento de conductores:** Obliga a usar cables adecuados para la corriente generada por los paneles.
- **Protección contra sobre corriente y cortocircuitos:** Establece el uso de fusibles y breakers para evitar incendios o fallas eléctricas.

En resumen, es muy importante seguir este reglamento para mantener y no comprometer a la parroquia con daños, si no de garantizar la seguridad.

NTE INEN 2 135

- **Requisitos de eficiencia energética:** Promueve el uso de **tecnología LED** para iluminación y equipos de bajo consumo.
- **Normas para estructuras de soporte:** Define materiales y métodos de instalación de paneles solares en techos o estructuras elevadas.
- **Evaluación de impacto ambiental:** Requiere un análisis de la reducción de emisiones de CO₂ con el uso de paneles solares.

En resumen, Justifica la elección de tecnología eficiente y la correcta instalación de los paneles en la infraestructura de la parroquia.

CAPITULO III

3.1. CARGA TOTAL

Para determinar la carga total instalada hay que tener varios puntos en cuenta, el primero es que la iglesia está en futuros planes de construcción, en segundo la iglesia consta solo de planos arquitectónicos, en tercer punto este estudio se desarrolla a través de cálculos de una carga estimada de la parroquia teniendo en cuenta que es un estudio para ver si es factible una implementación de energía fotovoltaica.

3.1.1. Carga estimada de la parroquia

La carga estimada se va a dividir en 4 zonas para luego sacar una carga estimada total de la parroquia, porque esta consta de las aulas para catequesis, la casa parroquial, la iglesia y el exterior.

3.1.2. Carga estimada de las aulas de catequesis.

Para comenzar hacer este cálculo hay que tener en cuenta que este cuenta con una planta baja y un primer piso; en las aulas de catequesis sabemos que constara de un proyector y una computadora, sabiendo esto, de acuerdo a la norma NTE INEN 2 233 se dicta que las cargas especiales deben tener su circuito independiente. Se describe a continuación los tipos de proyectores en la tabla No 4.

Tipos de proyectores	Consumo Aproximado
Proyector LED pequeño	50 - 150 W
Proyector estándar (LCD/DLP)	200 W - 300 W
Proyector de alta potencia (eventos/salas grandas)	350 W - 500 W

Tabla 4. Tipos de proyectores y su consumo.

Fuente: (Arconel, 2022).

Con los datos que se obtuvieron al consultar al sacerdote a cargo de la parroquia, se sabe que el proyector será de tipo estándar de 200 W – 300 W.

Su planta baja tiene 3 aulas y baños de h/m; su primer piso tiene 4 aulas. En cada sala ira un proyector que es una carga especial, entonces se usa la siguiente ecuación 1 para el cálculo de carga:

$$\mathbf{P_{total} = N \times P_{unidad}} \quad (1)$$

Donde:

Ptotal: potencia total en Watts (W)

N: numero de proyectores

Punidad: Potencia de cada proyector en Watts

$$\mathbf{P_{total} = 3 \times 250 W}$$

$$\mathbf{P_{total} = 750 W}$$

Teniendo una potencia de 750 W por las 3 aulas de la planta baja para los proyectores, este es un circuito único y de acuerdo a la norma NTE INEN 2 233 su factor de demanda será 1. (100%), se calcula utilizando la ecuación 1.

$$\mathbf{P_{total} = 4 \times 250 W}$$

$$\mathbf{P_{total} = 1000 W}$$

Para las computadoras que se usaran en ambos pisos, todas conectadas a 110 V, teniendo en cuenta que se va a ocupar una Pc o laptop con una potencia de (30 a 350 W) se usa la potencia más alta de 350 W, utilizando la ecuación 1.

$$\mathbf{P_{total} = 3 \times 350 W}$$

$$\mathbf{P_{total} = 1050 W}$$

Para calcular la potencia en la planta alta se utiliza la ecuación 1.

$$P_{total} = 4 \times 350 W$$

$$P_{total} = 1400 W$$

Para determinar el número de luminarias que se quiere poner en cada aula se usa el método de lúmenes, pero siguiendo la normativa que se recomienda entre 300 y 500 lux (lm/m^2), utilizando la ecuación 2.

$$F_{luminoso Total} = A \times Lux_{lm/m^2} \quad (2)$$

Donde:

F_{luminoso Total}: Es el flujo luminoso que se quiere determinar.

A: 32,88

Lux: 300 lm/m^2

$$F_{luminoso Total} = 32,88 \times 300$$

$$F_{luminoso Total} = 9,864 lm$$

Una luminaria Led de 18W genera aproximadamente 1600 – 1800 lm para tener una iluminación estándar y que este dentro de la normativa, se usara 6 luminaria de 18W.

$$Lm = 6 \times 1800 = 10.800 lm$$

Seis luminarias de 18 w llegan a generar en el área del aula, una cantidad de 10.800 lúmenes, que está dentro de las normativas.

De acuerdo al resultado obtenido, se usa ecuación 1 para determinar la potencia estimada de las luminarias por aula y por planta.

Planta baja:

$$\mathbf{P_{total}} = 6 \times 18 \text{ W} = 108 \text{ W}$$

$$\mathbf{P_{total}(3 \text{ aulas})} = 3 \times 108 \text{ W} = 324 \text{ W}$$

Planta alta:

$$\mathbf{P_{total}(4 \text{ aulas})} = 4 \times 108 \text{ W} = 432 \text{ W}$$

Para los tomacorrientes de uso común, se utiliza 2 tomacorrientes dobles de 110 V por sala; cada tomacorriente puede alimentar dispositivos pequeños, respetando la norma NTE INEN 2 233 que menciona que los toma tendrán una carga máxima de 200 W.

Carga estimada por sala se determina usando la ecuación 1.

Planta baja:

$$\mathbf{P_{total}} = 4 \times 200 \text{ W} = 800 \text{ W}$$

$$\mathbf{P_{total}(3 \text{ aulas y baños})} = 4 \times 800 \text{ W} = 3200 \text{ W}$$

Planta alta:

$$\mathbf{P_{total}(4 \text{ aulas})} = 4 \times 800 \text{ W} = 3200 \text{ W}$$

Para la parte exterior del aula que también ocupa luminarias, de acuerdo al dimensionamiento de se usan 6 luminarias LED de 10 W.

$$\mathbf{P_{total} = 6 \times 10 W = 60 W}$$

3.1.2. Cuadro de cargas de la Planta baja

PLANTA BAJA						
Círculo	Descripción	Cantidad	Potencia (W)	Potencia Instalada (P.I) W	Factor de demanda (F.D)	M.D. (W)
1	Proyector	3	250	750	0,8	600
2	Computadora u laptop	3	350	1050	0,8	840
3	Tomacorrientes de uso comun	8	200	1600	1	1600
4	Lamparas LED	18	18	324	1	324
5	Lamparas LED	6	10	60	1	60
SUBTOTAL				3784		3424
				P.I.		M.D.
				(KW)		(KW)
				3,8		3.4

Tabla 5. Carga total de la P.B.

Fuente: (Pazmiño, Excel, 2024).

3.1.3. Cuadro de cargas de la Planta Alta

PLANTA ALTA						
Circuito	Descripción	Cantidad	Potencia (W)	Potencia Instalada (P.I) W	Factor de demanda (F.D)	M.D. (W)
1	Proyector	4	250	1000	0,8	800
2	Computadora u laptop	4	350	1400	0,8	1120
3	Tomacorrientes de uso comun	8	200	1600	1	1600
4	Lamparas LED	24	18	432	1	432
5	Lamparas LED	4	10	40	1	40
SUBTOTAL				4472		3992
				P.I.		M.D.
				(KW)		(KW)
				4.5		4

Tabla 6. Carga total de la P.A.

Fuente: (Pazmiño, Excel, 2024).

3.1.4. Potencia estimada de las aulas de catequesis

Se obtuvo la potencia total instalada de ambas plantas, para hallar la potencia total instalada de todo el edificio se hace una suma de la planta baja y planta alta.

$$\mathbf{P_{total}} = P_{total} P.B + P_{total} P.A$$

$$\mathbf{P_{total}} = 3.8 \text{ kw} + 4.5 \text{ kw}$$

$$\mathbf{P_{total}} = 8.3 \text{ kw}$$

Se usa el mismo método para el valor obtenido con el factor de demanda

$$\mathbf{P_{factor\ de\ demanda}} = P P.B + P P.A$$

$$\mathbf{P_{total}} = 3.4 \text{ kw} + 4 \text{ kw}$$

$$\mathbf{P_{total}} = 7.4 \text{ kw}$$

3.1.5. Potencia estimada de la casa parroquial

La casa Parroquial cuenta con dos plantas, planta baja y primer piso como todo tipo de vivienda se adapta a las normativas residenciales; en la planta baja tenemos varias tomas únicas como lo es el acondicionador de aire, nevera, lavadora y secadora.

De acuerdo a la normativa NEC 2007, las tomas de alto consumo deben ir a cierta altura para un buen funcionamiento y seguridad.

- Los tomas estándar deben estar a una altura de 30 a 40 cm del nivel del suelo.
- Para los tomas especiales o alto consumo deben estar a una altura de 1.2 m a 1.5m.

Con respecto a la norma NTE INEN 2 233 que regula que la potencia media de acondicionador de aire es de 2.500 W.

Teniendo en cuenta lo mencionado, en la planta baja habrá dos tomacorriente único de acondicionador de aire ubicados en la sala y otro en la oficina del sacerdote, en la planta alta habrá 3 toma único para aire, se calcula la potencia empleando la ecuación 1.

$$\text{Potencia P. B. (aire)} = 2 \times 2500 \text{ W} = 5500 \text{ W}$$

$$\text{Potencia P. A. (aire)} = 3 \times 2500 \text{ W} = 7500 \text{ W}$$

Para la cocina hay una carga especial que es para la nevera de acuerdo a la normativa que ya se mencionó antes, la potencia de la nevera esta entre los (250 – 350) Watts, con lo que se usa la potencia media de 300 W. Se determina la potencia utilizando la ecuación 1.

$$\text{Potencia P. B. (nevera)} = 1 \times 300 \text{ W} = 300 \text{ W}$$

También para la lavadora y secadora que son 2 cargas especiales. Utilizando la ecuación 1.

$$\text{Potencia P. B. (lavadora)} = 1000 \text{ W}$$

$$\text{Potencia P. B. (secadora)} = 3500 \text{ W}$$

Para los tomas de uso común se tiene 12 salidas con una potencia de 200 W c/u y 13 puntos de luminarias por circuito con un total de 2 circuito para luminario siguiendo el reglamento de no más de 15 puntos por saturación. Cada punto de luminaria tiene una potencia de 18 W, dando como resultado un cuadro de cargas para la planta baja.

Y en la planta Alta luego de mencionar que solo se tiene 3 circuito único para aires, también se tienen 10 salidas de tomas con una potencia de 200 W c/u y 11 puntos de luminarias LED, con una potencia de 18 W.

3.1.6. Cuadro de cargas, planta baja de la casa Parroquial

PLANTA BAJA - CASA PARROQUIAL						
Circuito	Descripción	Cantidad	Potencia (W)	Potencia Instalada (P.I) W	Factor de demanda (F.D)	M.D. (W)
1	Aire acondicionado	1	2500	2500	0,8	2000
2	Aire acondicionado	1	2500	2500	0,8	2000
3	Nevera	1	200	200	1	200
4	Lavadora	1	1000	1000	0,8	800
5	Secadora	1	3500	3500	0,8	2800
6	Tomacorriente	8	200	1600	1	1600
7	Tomacorriente	4	200	800	1	800
8	Luminaria LED	13	18	234	1	234
9	Luminaria LED	13	18	234	1	234
				12568		10668
				P.I		P.I
				(KW)		(KW)
				12.6		10.7
SUBTOTAL						

Tabla 7. Carga total P.B. casa Parroquial.

Fuente: (Pazmiño, Excel, 2024).

3.1.7. Cuadro de cargas, planta alta de la casa Parroquial

PLANTA BAJA - CASA PARROQUIAL						
Circuito	Descripción	Cantidad	Potencia (W)	Potencia Instalada (P.I) W	Factor de demanda (F.D)	M.D. (W)
	Aire acondicionado	1	2500	2500	0,8	2000
	Aire acondicionado	1	2500	2500	0,8	2000
	Aire acondicionado	1	2500	2500	1	2500
	Tomacorriente	10	200	2000	0,8	1600
	Luminaria LED	11	18	198	0,8	158,4
				9698		8258,4
				P.I		P.I
				(KW)		(KW)
				9.7		8.2
	SUBOTOTAL					

Tabla 8. Carga total P.A. casa Parroquial.

Fuente: (Pazmiño, Excel, 2024).

3.1.8. Carga estimada de la casa Parroquial

Para determinar la carga estimada de la casa Parroquial se suma ambas cargas de la planta baja y planta alta.

$$P_{total} = P_{total P.B} + P_{total P.A}$$

$$P_{total} = 12.6 \text{ kW} + 9.7 \text{ kW}$$

$$P_{total} = 22.3 \text{ kW}$$

Se usa el mismo método para el valor obtenido con el factor de demanda.

$$P_{factor \text{ de demanda}} = P_{P.B} + P_{P.A}$$

$$P_{factor \text{ de demanda}} = 10.7 \text{ kW} + 8.2 \text{ kW}$$

3.1.9. Carga total de la iglesia

En una iglesia, la iluminación es crucial tanto para el ambiente como para las actividades religiosas. Generalmente, se utiliza iluminación LED por su eficiencia energética. La potencia necesaria para la iluminación depende de la superficie total a iluminar y de la intensidad de luz deseada.

Datos:

Área total del templo: 1024.97 m^2

La potencia recomendada es entre 8W y 12W por metro cuadrado (m^2) para la iluminación LED de acuerdo a la norma IEC 60598-1, dependiendo de la cantidad de luz que se desee, por lo general las iglesias se beneficia más de iluminación suave y cálida, por lo que se usa una potencia media de 10 W/metros cuadrados.

Para el cálculo de la iluminación se determina usando la ecuación 3.

$$\mathbf{P_{iluminación} = A + Pm^2} \quad (3)$$

Donde:

$P_{iluminación}$: es la potencia que se busca para la iluminación de la iglesia.

A: Área total del templo.

Pm^2 : la potencia por metro cuadrado.

Entonces, la potencia total de iluminación será:

$$\mathbf{P_{iluminación} = 1024.97 \text{ m}^2 + 10 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}}$$

$$\mathbf{P_{iluminación} = 10,249.7 \text{ W}}$$

$$\mathbf{P_{iluminación} = 10.25 \text{ kW}}$$

Para los tomacorrientes se distribuye de tal manera que pueda alimentar a micrófono, equipos de sonidos, laptop si se aplica, zonas de alta actividad, tomas en el altar y oficinas.

Propuesta estimada para circuito de tomacorriente de uso general

Zonas de alta actividad, altar y oficinas.

Potencia estimada de 1.5 kW.

Circuito para equipo de sonido (micrófonos, amplificadores, etc.)

Los sistemas de sonidos tienen una demanda muy variable, entonces es recomendable un circuito dedicado para asegurar estabilidad.

Potencia estimada de 2kW.

Circuito para equipos multimedia

Para estos equipos también es recomendable un circuito dedicado, por que requieren una fuente constante de energía estable.

Potencia estimada de 1kW.

Circuitos para equipos especiales

El objetivo de esto es proteger a los equipos de mayor carga.

Los ventiladores tienen una demanda moderada, si se usan varios se pueden asignar a un circuito.

Potencia estima de 750 W c/u.

De acuerdo a la reunión con el padre se sabe que se usara 8 ventiladores en el templo lo que hace un total de 6kW.

Resumen de la potencia estimada para la iglesia

Iluminación: 10.25 kW.

Tomacorriente de uso general: 1.5kW.

Equipos de sonido : 2kW.

Equipos multimedia: 1kW.

Equipos especiales: 6kW.

$$\mathbf{PestIglesia} = P_{iluminación} + P_{tomacorriente} + P_{sonido} + P_{multimedia} \\ + P_{equipos especiales}$$

$$\mathbf{PestIglesia} = 10.25kW + 1.5kW + 2kW + 1kW + 6kW$$

$$\mathbf{PestIglesia} = 20.7kW$$

3.1.10. Potencia estimada para el exterior

Para sacar la potencia estimada se determinó una cantidad de 33 farolas y 3 tomacorrientes doble de 110 V para uso general, la potencia de las farolas es de 70 W c/u y los tomas de 200 W según el reglamento. Se calcula la potencia usando la ecuación 1.

Farolas:

$$\mathbf{P_{total}} = N \times \text{Punidad}$$

$$\mathbf{P_{total}} = 33 \times 70 \text{ W}$$

$$\mathbf{P_{total}} = 2310 \text{ W}$$

$$\mathbf{P_{total}} = 2.3 \text{ kW}$$

Tomacorrientes:

$$\mathbf{P_{total}} = N \times \text{Punidad}$$

$$\mathbf{P_{total}} = 3 \times 200 \text{ W}$$

$$\mathbf{P_{total}} = 600 \text{ W}$$

Total estimado para el exterior:

$$\mathbf{P_{total}} = P_{\text{farolas}} + P_{\text{tomacorriente}}$$

$$\mathbf{P_{total}} = 2.3 \text{ kW} + 600 \text{ W}$$

$$\mathbf{P_{total}} = 2900 \text{ W}$$

$$\mathbf{P_{total}} = 2.9 \text{ kW}$$

3.1.11. Total estimado para la parroquia

Ya teniendo la potencia estimada de las aulas de catequesis, la casa parroquial, la iglesia y del exterior se puede hallar la potencia total estimada de toda la parroquia, que es un dato importante para poder hallar el número de paneles que se va a usar en el sistema.

$$\mathbf{P_{total parroquia}} = P_{catequisis} + P_{casa parroquial} + P_{glesia} + P_{exterior}$$

$$\mathbf{P_{total parroquia}} = 8.3 \text{ kW} + 22.3 \text{ kW} + 20.7 \text{ kW} + 2.9 \text{ kW}$$

$$\mathbf{P_{total parroquia}} = 54.2 \text{ kW}$$

Para determinar la corriente de la Parroquia, se utiliza la siguiente ecuación 4.

$$\mathbf{I} = \frac{P}{V \times \text{Cos}\phi} \quad (4)$$

Donde:

P: Potencia total instalada de la Parroquia 54000 W

V: 240 V

Cos ϕ : 0.9 (factor de potencia típico en instalaciones eléctricas)

$$\mathbf{I} = \frac{54000 \text{ W}}{240 \times 0.9}$$

$$\mathbf{I} = 250 \text{ A}$$

De acuerdo a los cálculos obtenidos tenemos que la parroquia tendrá una potencia estimada de 54.2Kw y una corriente de 250 A, este resultado se basa en una potencia al 100% del uso de la energía. Pero se tiene como dato las horas de uso real de la energía en la Parroquia a la semana, detallada en la tabla No 9.

Días	Horas de uso real de la Parroquia a la semana
Lunes	de 2 a 3 horas max.
martes	de 2 a 3 horas max.
Miércoles	de 2 a 3 horas max.
Jueves	de 2 a 3 horas max.
Viernes	de 2 a 3 horas max.
Sábado	de 4 a 6 horas max
Domingo	de 4 a 6 horas max

Tabla 9. Horas reales de uso de la Parroquia

Fuente: (Pazmiño, Excel, 2024).

De acuerdo a los datos se determina la energía total consumida solo durante las horas de uso real.

El uso de energía es de 2 a 3 horas de lunes a viernes, asumiendo la mayor hora, se determina la potencia en kWh, utilizando la ecuación 5.

$$\mathbf{kWh} = P_{\text{TOTAL}} \times h \quad (5)$$

Donde:

kWh: unidad de energía que indica cuánta electricidad se consume o se genera en una hora.

Ptotal: es la potencia instalada de la Parroquia

h: número de hora de uso real.

$$\mathbf{kWh} = 54.2\text{kW} \times 3\text{h}$$

$$\mathbf{kWh} = 162.6\text{kWh}$$

Teniendo como resultado una potencia de 162.6kWh/día, de lunes a viernes.

Para el fin de semana que la actividad Parroquial es más concurrente, su uso es de 4 a 6 horas. Se determina la potencia en kWh usando la ecuación 5.

$$\mathbf{kWh} = 54.2\text{kW} \times 6\text{h}$$

$$\mathbf{kWh} = 325.2\text{kWh}$$

Dando como resultado un consumo de 325.2kWh/día de sábado a domingo.

La energía semanal que se necesita generar, es la suma de todos estos valores obtenidos.

$$\mathbf{kWh} = 162.6 \frac{\text{kWh}}{\text{dia}} \times 5\text{dias}$$

$$\mathbf{kWh} = 813.01\text{kWh} \text{ (lunes a viernes)}$$

$$\mathbf{kWh} = 325.2 \frac{\text{kWh}}{\text{dia}} \times 2\text{dias}$$

$$\mathbf{kWh} = 650.4\text{kWh} \text{ (sábado y domingo)}$$

$$\mathbf{kWh} = 813.01\text{kWh} \text{ (lunes a viernes)} + 650.4\text{kWh} \text{ (sábado y domingo)}$$

$$\mathbf{kWh} = 1.464,41\text{kWh} \text{ (semanal)}$$

3.2. NÚMERO DE PANELES

El número de paneles tiene muchos factores importantes que se deben cumplir antes de determinar el número como tal, para esto se necesita la radiación solar, la inclinación y el consumo real diario de la iglesia. También se necesita saber el espacio donde van los paneles para determinar cuántos caben en el lugar.

3.2.1. Horas pico solar del día

Para hallar la radiación, se utilizó una herramienta en línea PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM (PVGIS), que fue desarrollada por el centro común de investigación Joint Research Centre (JRC) de la comisión Europea. Está diseñada para analizar el potencial de la energía solar.

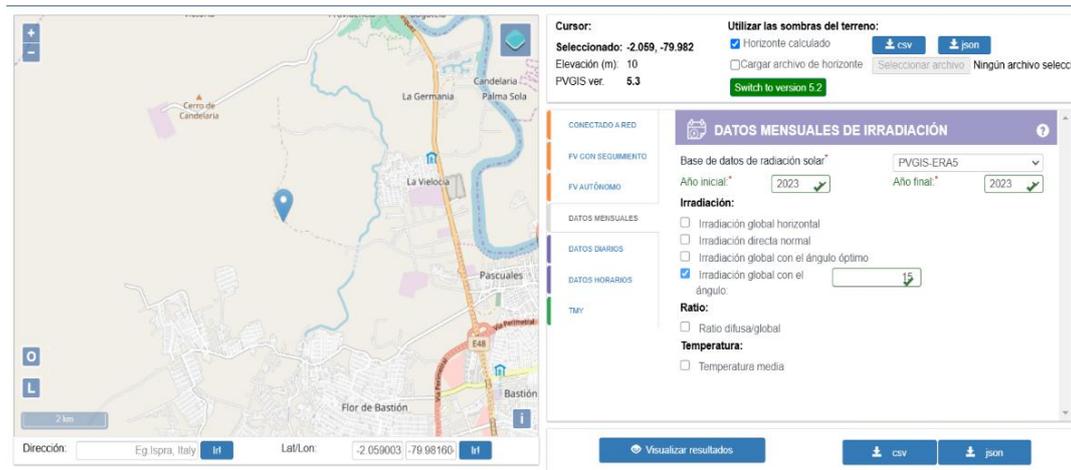


Figura 15. Datos climatológicos PVGIS

Fuente: (PVGIS, 2024).

Para utilizar esta herramienta solo se necesita obtener la latitud y altitud del lugar donde va a trabajar, con la base de dato más actualizada que es la ERA 5, actualizado hasta el 2023. Dando como resultado lo siguiente.



Figura 16. Gráfico de Irradiación solar (PVGIS)

Fuente: (PVGIS, 2024).

Los resultados obtenidos por la herramienta dado en mes por año se muestra en la tabla 10.

Latitude (decimal degrees):	-2059		
Longitude (decimal degrees):	-79.982		
Radiation database:	PVGIS-ERA5		
Años	mes	H(i)_m	Hora pico
2023	Enero	104,64	3,38
2023	Febrero	85,18	2,75
2023	Marzo	107,56	3,47
2023	Abril	100,27	3,23
2023	Mayo	105,61	3,41
2023	Junio	104,3	3,36
2023	Julio	123,42	3,98
2023	Agosto	132,75	4,28
2023	Septiembre	136,14	4,39
2023	Octubre	115,63	3,73
2023	Noviembre	107,02	3,45
2023	Diciembre	94,78	3,06
H(i)_m: Irradiation on plane at angle (kWh/m ² /mo)			
PVGIS (c) European Union		2001-2025	

Tabla 10. Horas pico solar de cada mes

Fuente: (Pazmiño, Excel, 2024).

Para calcular la hora solar pico se emplea la siguiente ecuación 6.

$$\mathbf{HPS} = H(i)/mes \div d \quad (6)$$

Donde:

HPS: hora solar pico diaria

H(i)/mes: 136,14

d: días del mes

$$\text{HPS} = 136,14 \div 31 \text{ dias}$$

$$\text{HPS} = 4,39$$

Para determinar el número de paneles se usa la radiación solar más alta, como la hora pico del mes de septiembre 4,39 HPS.

3.2.2. Orientación

Para calcular la orientación se sigue el siguiente concepto: Si se está por encima de la línea ecuatorial; el panel solar deberá apuntar hacia el sur, si se está por debajo, debe apuntar hacia el norte.

Para hallar la inclinación se guía el cálculo de acuerdo a la tabla No 11.

Latitud del lugar	Angulo de inclinación fijo
0° a 15°	15°
15° a 25°	La misma latitud
25° a 30°	Latitud mas 5°
30° a 35°	Latitud mas 10°
35° a 40°	Latitud mas 15°
40° a 45°	Latitud mas 20°

Tabla 11. Inclinación dependiente de la latitud

Fuente: (Pazmiño, Excel, 2024).

La latitud de la ubicación de la Parroquia José Beato Gregorio Hernández es de -2.05893; la inclinación de la Parroquia es de 15° con respecto a la tabla 11.



Figura 17. Azumit e inclinación del panel

Fuente: (Pazmiño/AutoCAD 2025).

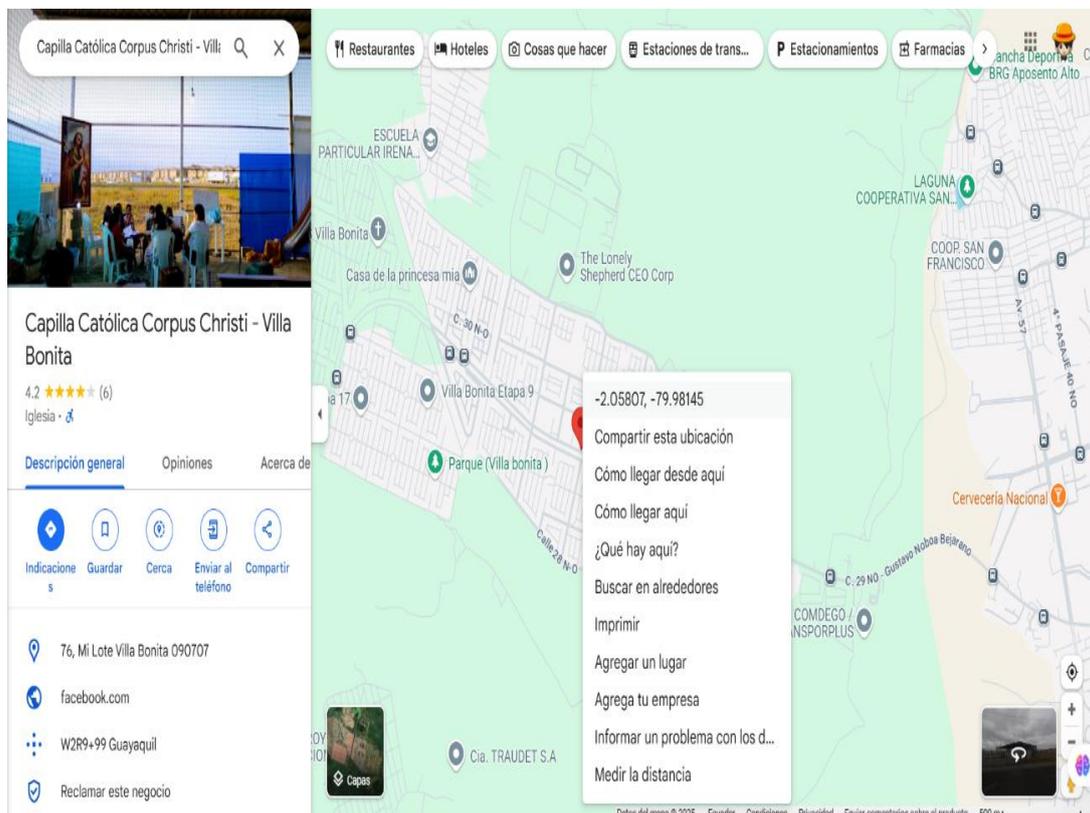


Figura 18. Latitud y longitud de la Parroquia.

Fuente: (Maps, 2025).

3.2.3. Dimensionamiento del número óptimo de paneles en la ubicación

Para determinar el número óptimo se necesita el dimensionamiento del módulo del panel solar y el dimensionamiento del tejado de la Parroquia.

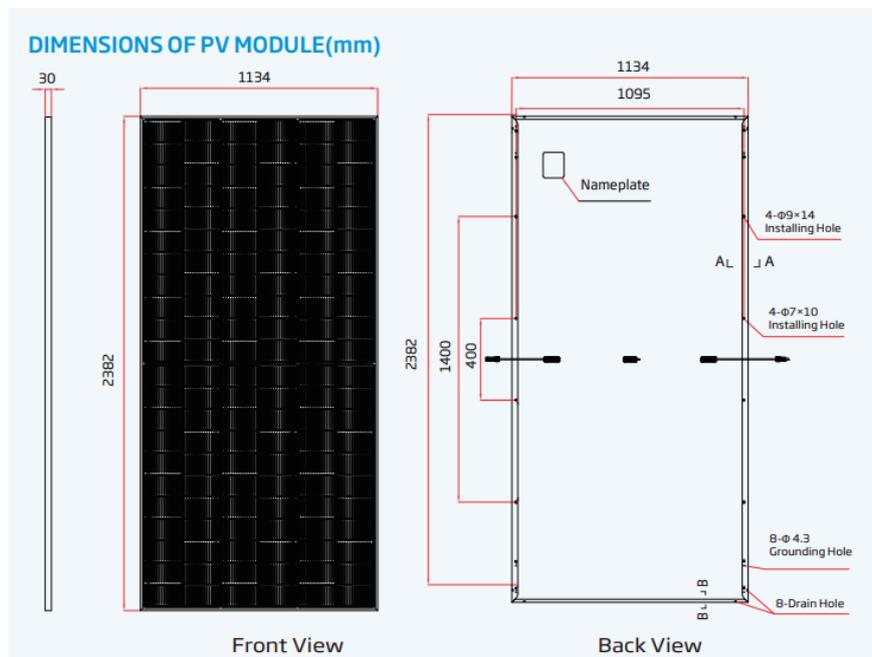


Figura 19. Dimensionamiento del panel

Fuente: (Helios, 2025).

El dimensionamiento del panel solar es de 2382×1134×30 mm (93.78×44.65×1.18 inches)



Figura 20. Dimensionamiento del tejado.

Fuente: (Pazmiño/AutoCAD 2024).

Dimensiones de los paneles:

Altura: 2384 mm a 2.38 metros

Ancho: 1134 mm a 1.13 metros

Dimensionamiento del tejado:

Ancho: 10.05 metros

Largo: 19.45 metros

Cantidad de paneles

$$\frac{19.45 \text{ m}}{2.38 \text{ m}} = 8$$

$$\frac{10.05 \text{ m}}{1.13 \text{ m}} = 8$$

$$8 * 8 = 64$$

Se puede instalar 64 paneles sin dejar espacio entre ellos, para una instalación realista, se deja un espacio para mantenimiento y estructura de montaje. Dando a considerar 58 paneles en la ubicación del tejado.

3.2.4. Cálculo del panel solar

se hizo una investigación de los paneles que más le conviene a la Parroquia obteniendo los datos y fichas técnicas del panel solar. Sus fichas técnicas se detallan a continuación:



Figura 21. Panel solar monocristalino.

Fuente: (Helios, 2025).

ELECTRICAL DATA (STC)

Peak Power Watts- P_{MAX} (Wp)*	595	600	605	610	615	620	625
Power Tolerance- P_{MAX} (W)	0 ~ +5						
Maximum Power Voltage- V_{MPP} (V)	40.0	40.3	40.5	40.8	41.1	41.4	41.6
Maximum Power Current- I_{MPP} (A)	14.89	14.91	14.94	14.96	14.98	14.99	15.00
Open Circuit Voltage- V_{OC} (V)	48.1	48.4	48.7	49.0	49.3	49.6	49.8
Short Circuit Current- I_{SC} (A)	15.76	15.80	15.83	15.86	15.89	15.91	15.93
Module Efficiency η_m (%)	22.0	22.2	22.4	22.6	22.8	23.0	23.1

Figura 22. Datos eléctricos del panel solar STC.**Fuente:** (Helios, 2025).**ELECTRICAL DATA (NOCT)**

Maximum Power- P_{MAX} (Wp)	454	459	462	466	470	474	477
Maximum Power Voltage- V_{MPP} (V)	37.6	37.9	38.1	38.3	38.6	38.8	39.0
Maximum Power Current- I_{MPP} (A)	12.07	12.11	12.13	12.16	12.19	12.20	12.21
Open Circuit Voltage- V_{OC} (V)	45.7	46.0	46.2	46.5	46.8	47.1	47.3
Short Circuit Current- I_{SC} (A)	12.69	12.73	12.75	12.78	12.80	12.82	12.84

Figura 23. Datos eléctricos del panel solar NOCT.**Fuente:** (Helios, 2025).

MECHANICAL DATA

Solar Cells	N-type i-TOPCon Monocrystalline
No. of cells	132 cells
Module Dimensions	2382×1134×30 mm (93.78×44.65×1.18 inches)
Weight	27.9kg (61.51 lb)
Glass	3.2 mm (0.13 inches), High Transmission, AR Coated Heat Strengthened Glass
Encapsulant material	POE/EVA
Backsheet	White
Frame	30mm(1.18 inches) Anodized Aluminium Alloy
J-Box	IP 68 rated
Cables	Photovoltaic Technology Cable 4.0mm ² (0.006 inches ²) Portrait: 350/280 mm(13.78/11.02 inches) Length can be customized
Connector	MC4 EVO2 / TS4 Plus / TS4*

Figura 24. Especificaciones mecánicas del panel.**Fuente:** (Helios, 2025).

Un módulo va a generar 2600 Wh al día. con una radiación de 4,39 HPS.

Producción De Energía - 1 panel solar		
Panel (W)	HPS	Producción - día (kWh)
610	4,39	2.6

Tabla 12. Panel solar/generado al día**Fuente:** (Pazmiño, Excel, 2024).

Para calcular la Potencia que genera un panel al día se utiliza la ecuación 7.

$$P_{kWh/dia} = P_{panel} \times HSP \quad (7)$$

Donde:

$P_{kWh/dia}$: Potencia producida al día en kWh

P_{panel} : Potencia del panel solar

HSP: Horas pico solar

$$610 \times 4,39 = 2.6kWh$$

El consumo total semanal es de 1,464.41 kWh y se va distribuir en 7 días con un máximo de 6 horas diarias.

$$\text{Consumo diario} = \frac{1.464,41 \text{ kWh}}{7 \text{ dias}}$$

$$\text{Consumo diario} = 209.2 \text{ kWh/día}$$

$$\text{Consumo mensual} = 209.2 \frac{\text{kWh}}{\text{día}} * 31 = 6.485,300 \text{ kWh/mes}$$

El consumo mensual de la Parroquia es de 6,485.300 kWh/mes con la planilla al 100%, la planilla se va a trabajar al 50% por motivos que el presupuesto de la Parroquia no sea un valor muy elevado considerando que la Parroquia no tiene ingresos mensuales y el espacio de implementación.

Porcentaje de reducción de planilla 50% - 0.5

$$\text{Potencia por cubrir} = \text{Consumo mensual} * \text{Porcentaje de reducción}$$

$$\text{Potencia por cubrir} = 6.485,300 \text{ kWh/ mes} * 0,5$$

$$\text{Potencia por cubrir} = 3,242.650 \text{ kWh/mes}$$

$$\text{Consumo diario} = \frac{\text{Potencia por cubrir kWh/mes}}{\text{Dias}}$$

$$\text{Consumo diario} = \frac{3,242.650 \text{ kWh/mes}}{31 \text{ dias}}$$

$$\text{Consumo diario} = 104.601 \text{ kWh/dia}$$

Teniendo la hora solar pico (HPS) Y la energía consumida diría al 50% de la planilla en (kWh), se determina la cantidad de módulos fotovoltaicos que es necesario en el sistema, con la ecuación 8.

$$N_{\text{TPF}} = \frac{E_T}{P_{\text{MMF}} \times \text{HPS}} = \# \text{ paneles} \quad (8)$$

Donde:

E_T = Energía consumida diaria en Wh.

P_{MMF} = Potencia máxima del módulo fotovoltaico.

HPS = horas pico solar del día.

$$N_{\text{TPF}} = \frac{104.601 \text{ wh}}{610 \times 4,39}$$

$$N_{\text{TPF}} = 39,06$$

Son 40 módulos que usara la Parroquia con su sistema fotovoltaico al 50% de la planilla para abastecer el consumo diario.

serán 40 paneles solares que generarían una potencia de 214.3 kWh, con una radicación de 4,39 HSP mostrando el resultado en la Tabla No 13.

Producción De Energía - 40 panel solar		
Panel (kW)	HPS	Producción - día (kWh)
610	4,39	107116

Tabla 13. 40 paneles/generado al día

Fuente: (Pazmiño, Excel, 2024).

Para determinar la producción diaria del panel se utiliza la siguiente ecuación 9:

$$P_{kWh/dia} = N_T \times P_{panel} \times HPS \quad (9)$$

Donde:

$P_{kWh/dia}$: Potencia producida al día.

N_T : Numero total de paneles a usar

P_{panel} : Potencia del panel

HPS: Horas solar pico.

$$40 \times 610 \times 4,39 = 107.12 \text{ kWh}$$

La implementación de sistema de energía fotovoltaico en la Parroquia da una eficiencia al mes de 3.320,596 kWh/mes

Producción De Energía al mes		
Producción - día (kWh)	día-mes	Producción - mes (kWh)
107116	31	3320596

Tabla 14. Producción generada al mes de los paneles.

Fuente: (Pazmiño, Excel, 2024).

Teniendo como dato que el consumo de la Parroquia es de 6.485,300 kWh/mes y los paneles solares llegan a generar un total de 3.320,596 kWh/mes.

Para calcular la potencia de los paneles al mes se usa la siguiente ecuación 10.

$$P_{\text{kWh/mes}} = P_{\text{kWh/día}} * N_d \quad (10)$$

Donde:

$P_{\text{kWh/mes}}$: Potencia produccida al mes.

$P_{\text{kWh/días}}$: Potencia produccida al día.

N_d : Dias del mes

$$P_{\text{kWh/mes}} = 107.11 \text{ kWh/día} * 31\text{días} = 3.320,596 \text{ kWh/mes}$$

$$P_{\text{kWh/mes}} = 3.320,596 \text{ kWh/mes}$$

Comparación de los kWh al mes

kWh - Consumo Parroquia	kWh - generado panel	kWh - Total
6.485.200	3.320.596	3.164.604

Tabla 15. Consumo Parroquia – generado por los paneles.

Fuente: (Pazmiño, Excel, 2024).

$$6.485.200 \text{ kWh} - 3.320,590 \text{ kWh} = 3.164.604 \text{ kWh}$$

El resultado obtenido es la diferencia que hay con el consumo de la Parroquia y lo que genera el panel al mes. Teniendo un valor de 3.164 kWh.

3.2.5. Cálculo de inversor

Para determinar el inversor adecuado es necesario tener los datos del número de paneles a implementar y la potencia del panel. Se calcula con la ecuación 11.

(11)

$$P_{\text{inversor}} = P_{\text{panel}} \times N_{\text{paneles}} \times \text{Factor sobredimensionamiento}$$

$$P_{\text{inversor}} = 610 \text{ W} \times 40 \times 1,25$$

$$P_{\text{inversor}} = 30.5 \text{ kW}$$

$$P_{\text{inversor}} = 31 \text{ kW}$$

A menudo se usa el factor de sobredimensionamiento de 1,25 para tener en cuenta las variaciones de producción solar y futuras expansiones.

El inversor tiene una potencia de 31kW. Para este proyecto de la Parroquia es óptimo usar un sistema modular de inversores de menor potencia, trabajando en paralelo para suministrar la energía necesaria.

Ventajas de usar un sistema modular:

- Se puede comenzar con pocos inversores y agregar más con el tiempo que las necesidades energéticas aumentan.
- Si uno de los inversores falla, el sistema sigue funcionando, aumentando la confiabilidad del sistema.

- El costo de varios inversores pequeños puede llegar a ser menor que los inversores de más capacidad.
- Los inversores modulares son más eficientes al trabajar dentro de su rango de capacidad evitando la sobrecarga que podría darse con un inversor de gran tamaño.
- Si es necesario agregar más capacidad en el futuro, solo se tiene que añadir inversores adicionales en lugar de cambiar el inversor de más capacidad.

En lugar de usar un solo inversor de 31 kW, se puede usar inversores de tamaño de 12 kW que es lo más común en sistemas fotovoltaicos.

$$\text{Numero de inversores} = \frac{\text{Carga total max}}{\text{Tamaño del inversor}} = \frac{31 \text{ kW}}{12 \text{ kW}} = 2,58$$

Entonces, se necesita 3 inversores de 12 kW para cubrir la carga de 31kW

Especificaciones técnicas del inversor



Figura 25. Inversor solar 12kW.

Fuente: (UsaTech, 2024).

CARACTERISTICAS TÉCNICAS DEL INVERSOR	
Potencia máxima de entrada	12 kW
MPPT rango	120 - 500 V
Voltaje máximo de entrada	500 V
Corriente máxima de entrada	14Ax4
Potencia nominal de salida ON -GRID	8 KVA
Potencia máxima de salida ON -GRID	8.8 KVA
Rango de voltaje de salida	110-120/220-240 VAC
Corriente nominal de salida	33.3 A
Corriente máxima de salida	36.7 A
Eficiencia	97.8%

Tabla 16. Especificaciones técnicas del inversor 12kW.

Fuente: (UsaTech, 2024).

3.2.6. Dimensionamiento del cableado.

Se tiene un total de 40 paneles, para esto se agrupan en string de 10 paneles en serie.

Donde:

Voltaje por string: $10 * 40.8V = 408V$

Corriente por string: 14.96 A

Entonces, 10 paneles por string; 4 string total, teniendo una conexión en paralelo para la conexión.

Por la diversidad de conexiones en los sistemas fotovoltaicos, se necesitan diferentes clases de conductores durante toda la instalación. Las secciones transversales de los cables se ajustan de acuerdo a la corriente en cada segmento, garantizando una ubicación apropiada en diversos lugares y teniendo en cuenta las variaciones en la corriente.

Tramo 1: Conexión de los paneles a el inversor DC.

Tramo 2: Inversor a la red eléctrica CA.

Los conductores de alimentación deben ser dimensionados para aguantar una caída de tensión de no más del 2,5%.

Tramo 1

En el tramo 1, la sección transversal del panel a el inversor, se calcula utilizando la ecuación 12.

$$S = \frac{2 \times L \times I_{cc}}{k \times \Delta v} \quad (12)$$

Donde:

S: Se refiere a la cuantificación del área de la sección transversal del conductor en milímetros cuadrados.

L: Se refiere a la longitud del conductor (m).

I_{cc}: Es la corriente de mayor intensidad que atraviesa los conductores, también conocida como la corriente de cortocircuito para los paneles (A).

Δv: La disminución de voltaje (V) en los cables, que puede alcanzar un máximo del 1.5% en los cables de corriente continua.

k: La conductividad se refiere a la propiedad del conductor.

Para calcular la caída de tensión (Delta v), se calcula con la siguiente ecuación 13.

$$\Delta v = N_{STRING} \times V_{MPP} \quad (13)$$

$$\Delta v = 10 \times 40.8 V$$

$$\Delta v = 408 V$$

$$\Delta v = 1.5\% \times 408 V$$

$$\Delta v = 0.015 \times 408 V$$

$$\Delta v = 6.12 V$$

Datos:

L: 40 m

Isc: 11.29 A

Δv : 6.12 V

K: 56

$$S = \frac{2 \times 40\text{m} \times 15.85}{56 \times 6.12}$$

$$S = \frac{1268.8}{344.58}$$

$$S = 3.68 \text{ mm}^2$$

Tramo 2

El cálculo de la sección del inversor a la red pública vendrá dado por la ecuación 14.

$$S = \frac{\sqrt{3} \times L \times I}{k \times \Delta v} \quad (14)$$

Donde:

S: Se refiere a la cuantificación del área de la sección transversal del conductor en milímetros cuadrados.

L: Se refiere a la longitud del conductor (m).

I: La corriente máxima del inversor (A).

Δv : La disminución de voltaje (V) en los cables de CA, que puede alcanzar un máximo del 2.5% en los cables de corriente alterna.

k: La conductividad se refiere a la propiedad del conductor.

Datos:

L: 60 m

I: 36.7 A

Δv : 4.4 V

K: 56

$$S = \frac{\sqrt{3} \times L \times I}{k \times \Delta v}$$

$$S = \frac{\sqrt{3} \times 60 \times 36.7}{56 \times 4.4V}$$

$$S = 15.47 \text{ mm}^2$$

Los valores resultados no están normalizados, se establece los siguientes conductores considerando dos aspectos: la sección del conductor debe ser mayor a la calculada y el breaker seleccionado debe soportar la corriente adecuada para asegurar un correcto funcionamiento.

Tramo	Datos calculados		Cable elegido	
	Sección (mm ²)	Longitud (m)	Sección (mm ²)	Amperaje (A)
1	3.68 mm ²	40 m	4 mm ²	24 A
2	15.47 mm ²	60 m	16 mm ²	59 A

Tabla 17. Conductores seleccionados para el sistema.

Fuente: (Pazmiño, Excel, 2024).

Sección de conductor	Corriente máxima admisible
mm ²	I(A)
1	9.6
1.5	13
2.5	18
4	24
6	31
10	43
16	59
25	77
35	96
50	116
70	148
95	180

Tabla 18. Conductores seleccionados para el sistema.

Fuente: (MVPSOLAR, 2022).

Material	20° C	70° C	80° C
Cobre	56	48	44
Aluminio	35	30	28

Tabla 19. Dependencia de la temperatura del coeficiente de conductividad.

Fuente: (MVPSOLAR, 2022).

3.2.7. Protecciones eléctricas

Los sistemas fotovoltaicos y otros sistemas eléctricos suelen contener elementos capaces de generar o transmitir sobre corrientes, las cuales pueden reducir la durabilidad de estos componentes o incluso causar su mal funcionamiento. La selección de los elementos se efectúa basándose en la corriente que circula por el cableado.

Entre los paneles y el inversor, corriente continua (CC):

Utilizar fusibles CC en cada string de 15A.

DPS (protección contra sobretensión) 600V CC

Breaker de protección general en CC 60^a

En corriente alterna (CA) – Entre inversor y tablero:

Breaker de 40 A por inversor.

Breaker general para los inversores de 115 A .

DPS CA de 275V CA.

2 interruptores termomagnéticos.

3.2.8. Diagrama Unifilar del generador fotovoltaico en AutoCAD.

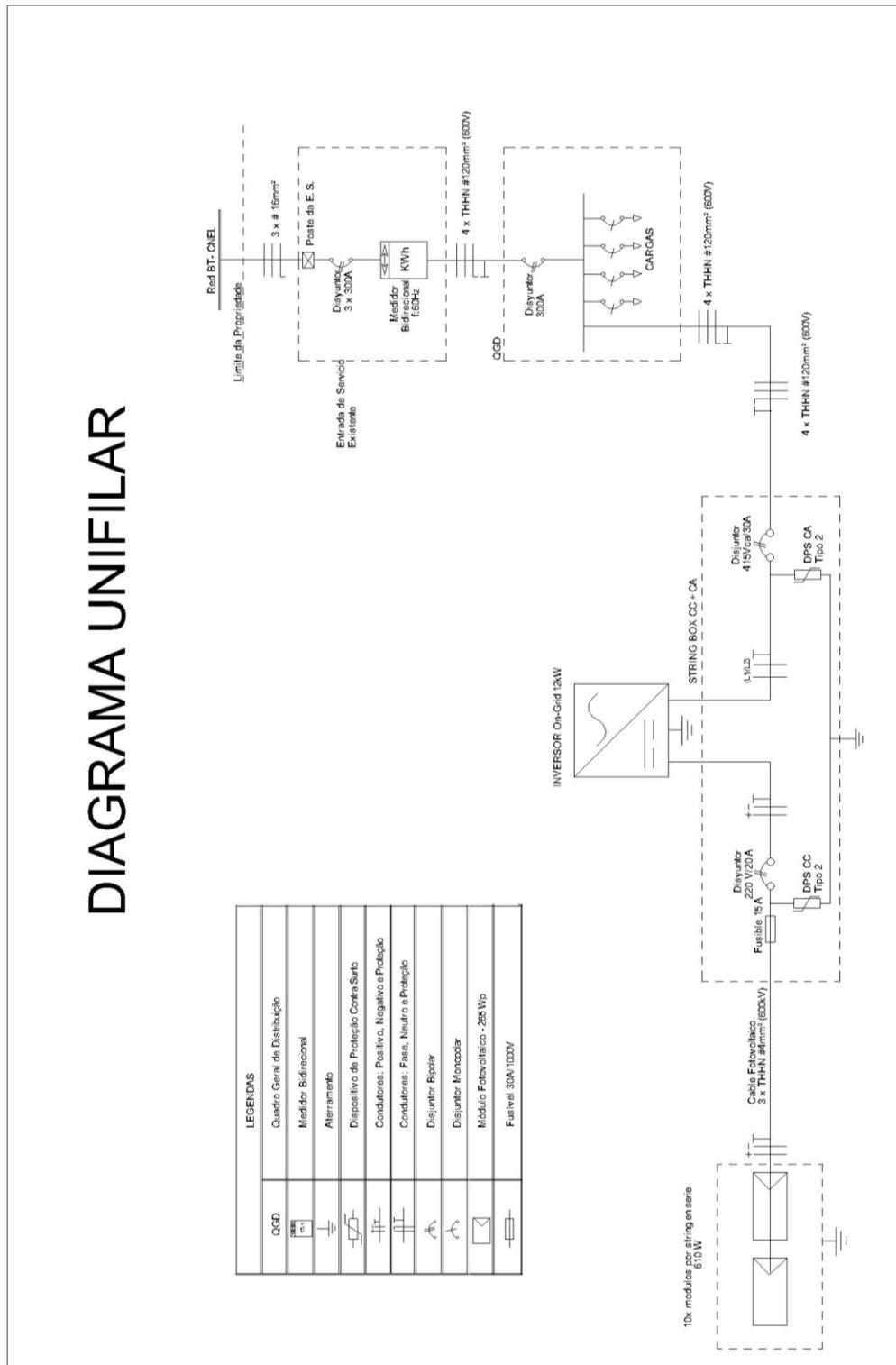


Figura 26. Diagrama unifilar del sistema fotovoltaico.

Fuente: (Pazmiño/AutoCAD, 2024)

3.2.9. Diagrama unifilar, detalle del string box de CC a CA

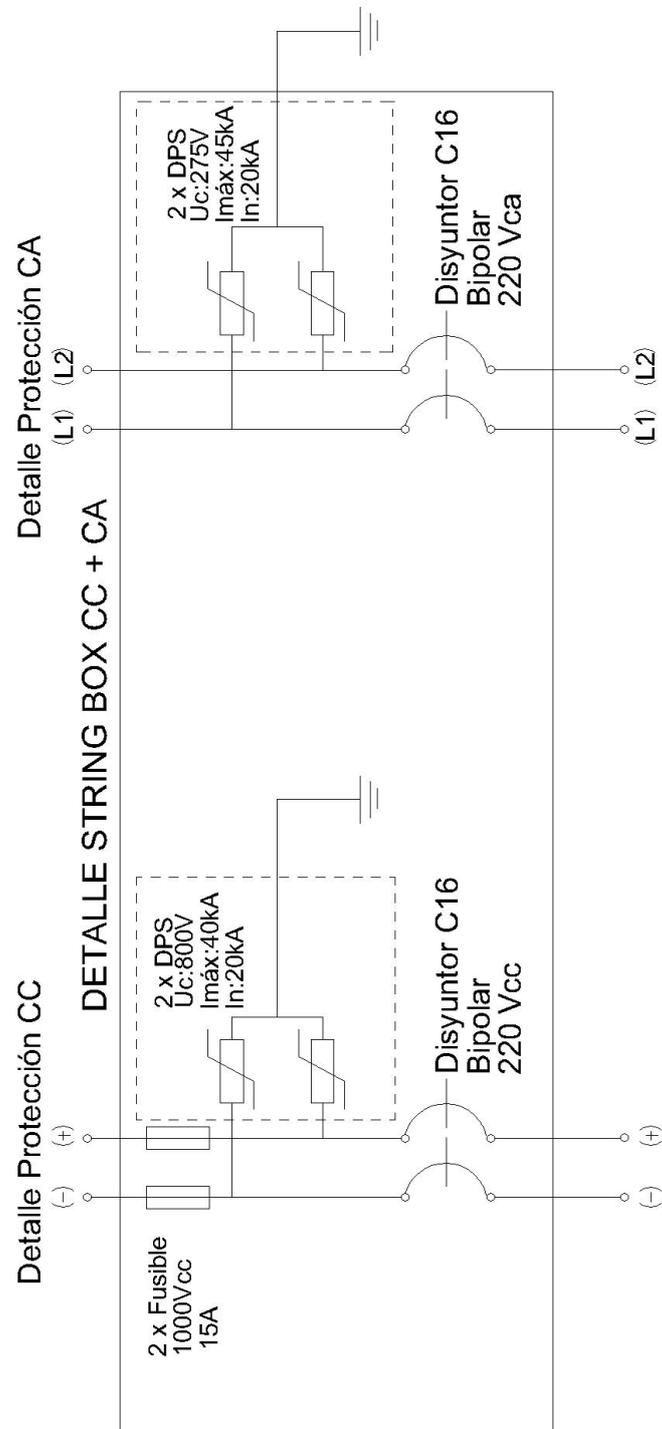


Figura 27. Diagrama unifilar del sistema de protección CC - CA.

Fuente: (Pazmiño/AutoCAD, 2024)

3.2.10. Simulación mediante el software RETScreen

En el programa RETScreen, se lleva a cabo un estudio exhaustivo de la información climática y la factibilidad técnica para el proyecto de sistema fotovoltaico. La estrategia contemplará el análisis de elementos climáticos, como la radiación solar, además de modelar el desempeño de la tecnología elegida, como la solar. Esta simulación proporciona datos esenciales para tomar decisiones fundamentadas respecto a la aplicación de tecnologías eficientes y sostenibles.

El primer paso es colocar la ubicación exacta de la Parroquia, para obtener los datos climatológicos.

RETScreen - Ubicación Suscriptor: Visualización

Condiciones de referencia del sitio

Ubicación de datos meteorológicos: Ecuador - Guayaquil A Ubicación de la instalación: Ecuador - Guayas - Guayaquil

Leyenda

- Ubicación de la instalación
- Ubicación de datos meteorológicos

	Unidad	Ubicación de datos meteorológicos	Ubicación de la instalación	Fuente
Latitud		-2,2	-2,1	
Longitud		-79,9	-80,0	
Zona climática		1A - Muy caliente - Húmedo		
Elevación	m	9	12	Suelo+NASA
Temperatura de diseño de la calefacción	°C	19,1		Suelo - Mapa
Temperatura de diseño del aire acondicionado	°C	32,2		Suelo
Amplitud de la temperatura del suelo	°C	14,2		NASA

Figura 28. Condiciones del sitio

Fuente: Pazmiño (2024)

Al colocar los datos de la ubicación, obtenemos la tabla de datos de las condiciones del sitio y nos proporciona la gráfica del comportamiento de las horas solar pico (HPS).

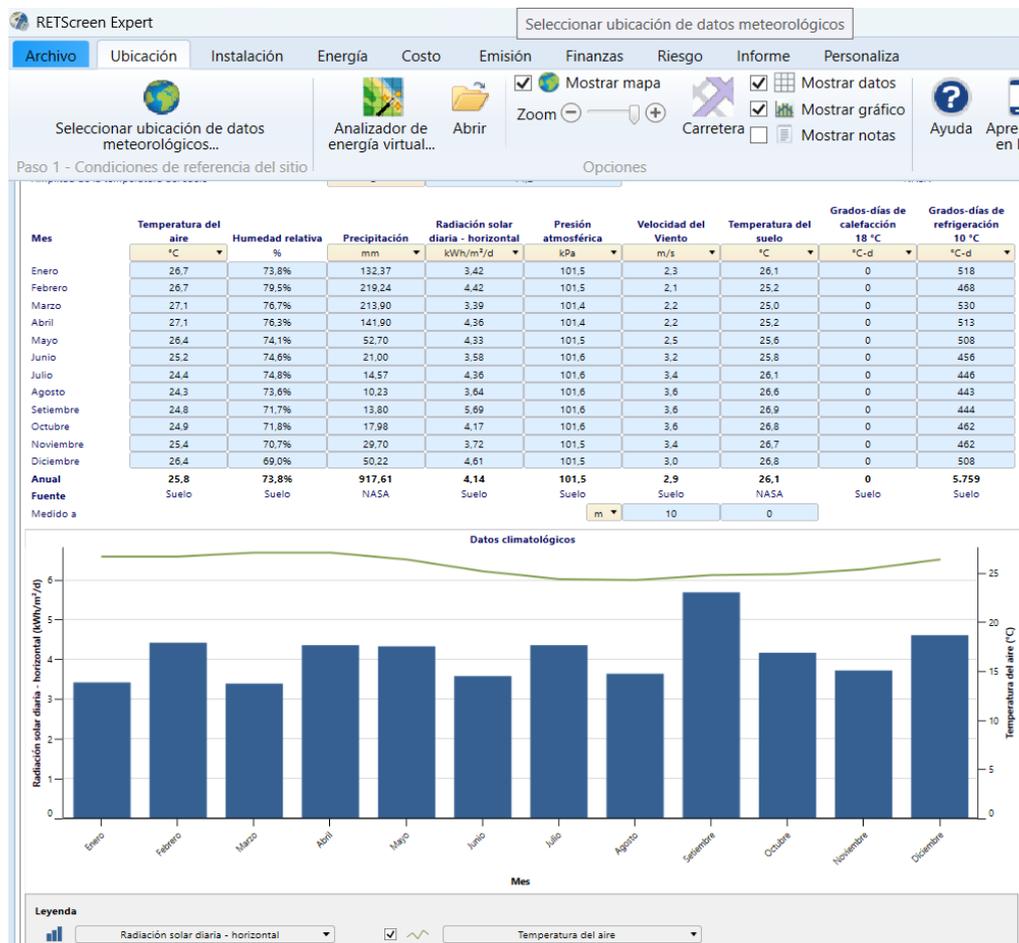


Figura 29. Datos climatológicos.

Fuente: Pazmiño (2024)

En el tercer paso se redirige a la pestaña de instalación, donde se coloca la información de la instalación, como el tipo de instalación. Así teniendo una breve descripción de lo que se va analizar.

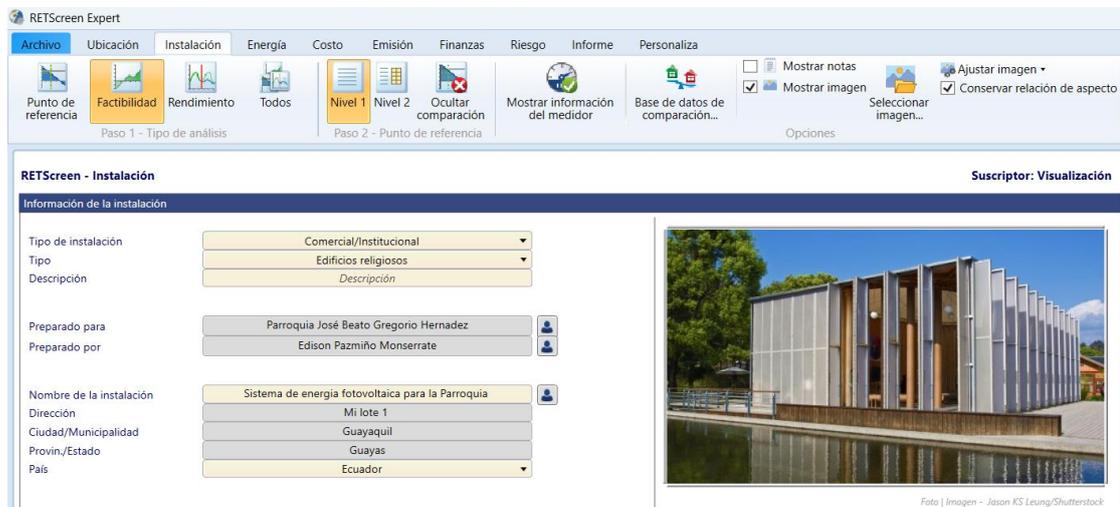


Figura 30. Información de la instalación.

Fuente: Pazmiño (2024).

En el paso cuatro, nos trasladamos al sector de instalación, donde se pide los pormenores exactos del panel solar y del inversor que se emplea en el proyecto de energía solar. Introduciendo la capacidad de producción eléctrica, que en este proyecto es de 54kW. A continuación, se obtiene datos específicos acerca de los paneles, tales como el fabricante, el modelo particular, la cantidad de paneles, la eficiencia y las especificaciones de funcionamiento normal de las celdas. Esta información se puede conseguir directamente de la guía técnica del panel solar.

Respecto al inversor, se requiere información esencial como la eficiencia, la capacidad y las distintas pérdidas. Estos pormenores son esenciales para determinar con exactitud el desempeño del sistema fotovoltaico y garantizar una instalación óptima.

Fotovoltaico			Otro
Tipo			Otro
Capacidad de generación eléctrica	kW		54
Fabricante			Helios
Modelo			PANEL FV TRINA SOLAR VERTEX N
Número de unidades			40
Eficiencia	%		22,6%
Temperatura normal de operación de las celdas	°C		43
Coefficiente de temperatura	% / °C		0,29%
Área del colector solar	m ²		239
Factor de ajuste de la célula bifacial	%		0%
Pérdidas varias	%		10%
Inversor			
Eficiencia	%		97,8%
Capacidad	kW		12
Pérdidas varias	%		1%

Figura 31. Especificaciones técnicas del panel e inversor.

Fuente: Pazmiño (2025).

Finalmente, el sistema pide simular la valoración de recursos, lo que hace referencia al método de seguimiento solar. Se emplea un sistema fijo con una inclinación de 15° y un azimut de 0° para la configuración. Esto señala que la superficie de los paneles se dirige hacia el oeste. Al proporcionar estos datos, se está estableciendo la ubicación estable de los paneles solares, lo que permite que el software realice una simulación exacta de la recolección de recursos solares según la inclinación. Las instrucciones específicas son indispensables para obtener una valoración minuciosa de la eficiencia del sistema y optimizar la producción de electricidad utilizando la energía solar disponible.

Fotovoltaico - Nivel 2

Evaluación de recursos

Modo de rastreo solar: Fijado

Inclinación: 15

Azimut: 0

Mostrar datos

Mes	Radiación solar diaria - horizontal kWh/m ² /d	Radiación solar diaria - inclinado kWh/m ² /d	Tarifa de electricidad - anual \$/kWh	Generación de electricidad kWh
Enero	3,42	3,51	0,10	4.878,878
Febrero	4,42	4,48	0,10	5.591,101
Marzo	3,39	3,33	0,10	4.634,150
Abril	4,36	4,11	0,10	5.492,167
Mayo	4,33	3,93	0,10	5.420,511
Junio	3,58	3,24	0,10	4.361,080
Julio	4,36	3,90	0,10	5.412,010
Agosto	3,64	3,42	0,10	4.773,858
Setiembre	5,69	5,47	0,10	7.295,306
Octubre	4,17	4,18	0,10	5.816,510
Noviembre	3,72	3,81	0,10	5.140,369
Diciembre	4,61	4,85	0,10	6.689,895
Anual	4,14	4,01	0,10	65.505,835

Figura 32. Datos de generación

Fuente: Pazmiño (2024).

En estos resultados se puede observar la generación por mes del sistema de energía fotovoltaico en la Parroquia, teniendo una generación anual de 65.505,835 kWh/año.

3.3. INVERSIÓN DEL PROYECTO

Ya obtenido el número de paneles a instalar, los inversores, los cables, las protecciones, mano de obra y otros gastos, se calcula una inversión inicial para este proyecto. Teniendo en cuenta que la Parroquia cuenta con un presupuesto de 25.000 dólares para el sistema de energía solar.

El costo de la energía a nivel de culto se establece en 0,9 centavos por kilovatios horas (kWh).

3.3.1. Costo de la inversión del sistema fotovoltaico

PRESUPUESTO				
Componente	Cantidad	metros	Precio Unitario (USD)	Subtotal (USD)
Paneles solares Trina 610W	40	-	142	5680
Inversores Hoymiles 12kW	3	-	3000	9000
Cable 4mm ^{^2}	-	40	4	160
Cable 16mm ^{^2}	-	60	9,71	582,6
Cable THHN 120mm ^{^2}	-	100	18,24	1824
fusibles 15 A	2	-	10	20
DPS CC	2	-	50	100
DPS CA	2	-	40	80
Disyuntor GE TJD432300 300 A 3	2	-	680	1360
Polos 240 V	-	-	-	-
Disyuntor CC 220/20 A	1	-	100	100
Breaker CA 220/30 A	1	-	80	80
Interrupor termogmanético	2	-	30	60
Precio Total				19046,6

Tabla 20. Costo del sistema fotovoltaico.

Fuente: (Pazmiño, Excel, 2024).

3.3.2. Costo de mano de obra y otros gastos

Es importante añadir el costo de la mano de obra para la instalación y posibles gastos adicionales como permisos y pruebas. Este costo puede ser del 10% - 20% del costo total del sistema, es decir, aproximadamente entre USD 3.000\$.

$$\text{Costo}_{\text{totalAprox}} = \text{Costo}_{\text{ssistema fotovoltaico}} + \text{Costo}_{\text{varios}}$$

$$\text{Costo}_{\text{totalAprox}} = 19,046 + 3,000$$

$$\text{Costo}_{\text{totalAprox}} = 22.046$$

Esta es una estimación general de los costos del sistema fotovoltaico. El costo real dependerá de los proveedores, la ubicación, la calidad de los materiales, y otros factores.

3.3.3. Retorno de inversión

La energía eléctrica en Ecuador tiene un costo de 0,09 \$ por kWh, teniendo como dato que la iglesia consume 6.485,300 kWh/mes, dando un resultado de 583,68 USD de ahorro al mes.

$$\text{Ahorro mensual} = C_{\text{mes}} \times \text{Coste de energia}$$

$$\text{Ahorro mensual} = 6.485,1 \frac{\text{kWh}}{\text{mes}} \times 0,09 \text{ USD/kWh}$$

$$\text{Ahorro mensual} = 583,68 \text{ USD}$$

El presupuesto de la Parroquia es de 25.000 USD, se quiere ver en cuanto tiempo se logra recuperar la inversión.

$$\text{Tiempo de retorno} = \frac{\text{Inversión total}}{\text{Ahorro mensual}}$$

$$\text{Tiempo de retorno} = \frac{22.046 \text{ USD}}{583,68 \text{ USD/mes}}$$

$$\text{Tiempo de retorno} = 37,8 \text{ meses}$$

$$\text{T tiempo de retorno en año} = 37,8 \text{ meses} \div 12 \text{ meses}$$

$$\text{T tiempo de retorno en año} = 3,15 \text{ años}$$

En conclusión con un consumo de 6.485,300 kWh/mes, una tarifa de 0,09 por kWh y un presupuesto de \$25.000, la Parroquia recuperará su inversión en un plazo de 3 años y 1 mes.

Luego de 3 años y 1 mes la Parroquia habrá recuperado completamente su inversión de \$25.000 a través del ahorro en el costo de electricidad. A partir de este momento, la energía será un beneficio neto.

El sistema de energía solar fotovoltaico tiene una vida útil de 20 a 25 años, entonces las ganancias netas después del retorno de inversión serían:

A 20 años

$$\text{Ahorro anual} \times (\text{Años} - \text{T tiempo de retorno})$$

$$7.004,16 \text{ USD/año} \times (20 - 3,57)$$

$$7.004,16 \text{ USD/año} \times 16,85$$

$$118.020,72 \text{ USD}$$

Esto significa que la Parroquia habrá ahorrado más de \$118.000 en costos de electricidad, lo que representa un beneficio significativo.

3.4. IMPACTO AMBIENTAL

Para hacer una estimación del impacto ambiental del sistema fotovoltaico, debemos considerar principalmente los beneficios en reducción de emisiones de CO₂ al utilizar energía solar y la huella de carbono relacionada con la fabricación, transporte e instalación de los equipos.

3.4.1. Reducción de emisiones de CO2

Los paneles solares nos ayudan a mejorar la reducción de uso de electricidad generada por combustibles fósiles. Esto nos indica una reducción emisiones de gases de efectos invernadero. La cantidad de CO2 que se evita, depende de algunos factores:

- Consumo total de electricidad: La cantidad de energía que se ahorra con el sistema solar.
- Factor de CO2 de la red pública: En ECUADOR, la electricidad es principalmente hidroeléctrica, dando un bajo factor de CO2, a diferencia de otros países que dependen de combustibles fósiles.
- En Ecuador la emisión promedio es de 0.1kg CO2/kWh. Siendo bajo debido a la alta gama de empresas hidroeléctricas

Para determinar la reducción de emisiones, se emplea la ecuación 15.

$$\text{Emisiones evitadas} = \text{Consumo anual estimado (kWh)} * \text{F. emisión} \quad (15)$$

Datos:

Cantidad de paneles: 40

Potencia de paneles: 610 W

Potencia total instalada de los paneles: $78 * 610 = 24.400 \text{ kW}$

Factor de emisión de CO2: 0.1kg CO2/kWh

Consumo al mes de la iglesia: 6.485,200 kWh

$$6.485,200 \text{ kWh/mes} * 12 \text{ meses} = 77.822 \text{ kWh/año}$$

$$\text{Emisiones evitadas} = 77.822 \text{ kWh/año} * 0.1 \text{ kg CO}_2/\text{kWh}$$

$$\text{Emisiones evitadas} = 7.782,2 \text{ kg CO}_2/\text{año}$$

Por lo cual la Parroquia dejaría de emitir 7.782,2 kg CO₂ por año gracias al uso de energía renovable.

3.4.2. Huella de carbono en los equipos

Las empresas que se encargan de fabricar estos equipos, al momento de fabricación y transportación tienen un impacto ambiental. Este impacto se puede hallar con las emisiones de CO₂ de fabricación de los paneles y varios equipos.

La fabricación de paneles tiene una emisión aproximadamente de 0.4 kg CO₂ por cada vatio de potencia instalada. De acuerdo con los datos que tenemos se realiza el cálculo para determinar las emisiones de CO₂ que este emite.

Datos:

40 paneles

610 W

$40 * 610 = 24.400 \text{ kW}$

0.4 kg CO₂ el factor de emisión

$$\text{Emisiones Fabricación} = \text{Potencia T. instalada(W)} * \text{F. emisión}$$

$$\text{Emisiones Fabricación} = 24.400 \text{ W} * 0.4 \text{ Kg CO}_2/\text{W}$$

$$\text{Emisiones Fabricación} = 9.760 \text{ kg CO}_2$$

La fabricación de 40 paneles genera una emisión aproximadamente de 9.760 kg de CO₂.

Reducción neta de la huella de carbono CO2

Ya teniendo las emisiones evitadas por el uso de energía fotovoltaica y las emisiones generadas por la fabricación de paneles solares. Calculamos la reducción neta de CO2, con la ecuación 16.

$$\text{Reducción neta de CO2} = \text{Emisiones evitadas} * \text{Emisiones de F.} \quad (16)$$

$$\text{Reducción neta de CO2} = 7.782,2 \text{ kg CO2/año} * 9.760 \text{ kg CO2}$$

Dado que las emisiones producidas en el primer año superan las emisiones previamente evitadas, el sistema generaría una huella de carbono neta positiva durante ese primer año, con el transcurso del tiempo, a medida que el sistema continúe produciendo electricidad, las emisiones evitadas seguirán siendo positivas, y el efecto en el medio ambiente será beneficioso.

Para evaluar el tiempo para la recuperación de la huella de carbono se utiliza la ecuación 19:

$$\text{TRHC} = \frac{\text{Emisiones de fabricación}}{\text{Emisiones evitadas anuales}}$$

Donde:

TRHC: Tiempo de recuperación de la huella de carbono

$$\text{TRHC} = \frac{9.760 \text{ kg CO2}}{7.782,2 \text{ kg CO2/año}}$$

$$\text{TRHC} = 1.25 \text{ años}$$

En resumen:

Esto implica que el sistema solar recuperará su huella de carbono en alrededor de 1.25 años, lo que significa que en menos de 2 años el sistema comienza a producir un efecto positivo en el medio ambiente.

Dando resultados positivos para que el sistema pueda ser implementado.

CAPITULO IV

4.1. PROPUESTA

Este documento presenta la propuesta de puesta en marcha del sistema solar fotovoltaico en la Iglesia Beato José Gregorio Hernández, fundamentada en el análisis de viabilidad llevado a cabo. La meta es asegurar un suministro de energía limpio, seguro y sostenible para satisfacer la necesidad eléctrica de la iglesia y sus infraestructuras adyacentes, con la opción de suministrar excedentes a la red eléctrica.

4.1.1. Descripción del sistema fotovoltaica

- Capacidad del sistema: 40 paneles de 610 W cada uno.
- Ubicación de los paneles: Instalados en el tejado.
- Inversores: 3 inversores 12 kW
- Sistema de almacenamiento: No se considera almacenamiento por baterías.
- Interconexión con la red: Con un medido bidireccional que registre energía consumida como la inyectada.

4.1.2. Beneficios del sistema

- Reducción del costo de energía eléctrica.
- Menos impacto ambiental con la reducción de emisiones CO2.
- Independencia parcial de la red eléctrica.
- Posibilidad de generar ingresos a través de la venta del excedente.

4.1.3. Recomendaciones para la implementación.

- Obtener autorización de la empresa distribuidora para la conexión a la red.
- Realizar el diagrama unifilar del sistema.
- Adquirir los equipos de acuerdo con las especificaciones técnicas.
- Instalación de los paneles en la estructura del techo.
- Cableado y conexión de paneles a los inversores.
- Instalación del sistema de protección y tableros.
- Conexión a la red y funcionamiento.
- Verificación del rendimiento del sistema.

- Implementación de un sistema de monitoreo remoto.
- Mantenimiento periódico y limpieza de paneles.

4.1.4. Análisis económico

- Presupuesto de \$25.000
- Inversión inicial de \$22.042
- Ahorro a 20 años anual: \$118.000
- Tiempo de recuperación de inversión: De 3 años y 1 mes

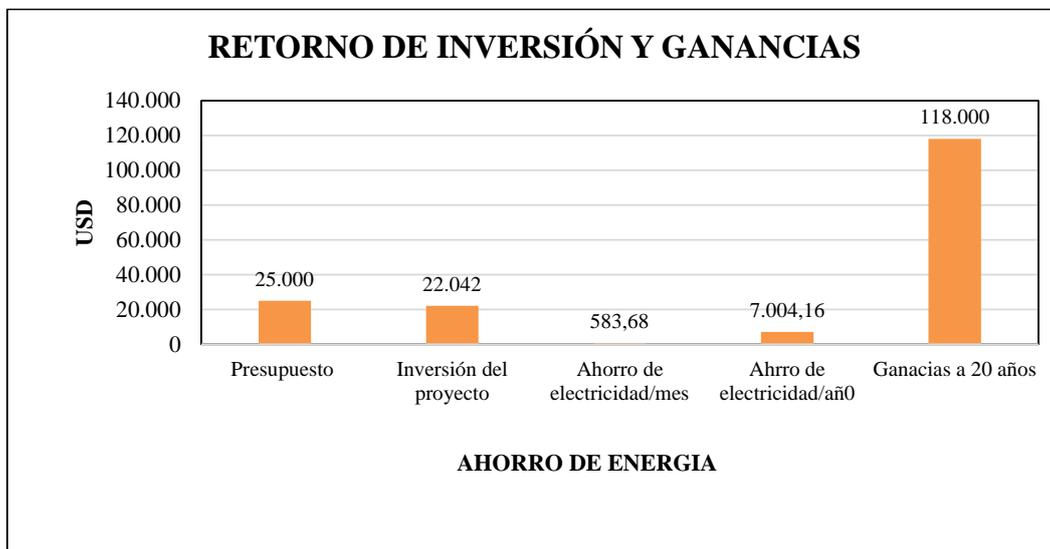


Tabla 21. Ahorro y ganancias del sistema fotovoltaico.

Fuente: (Pazmiño, Excel, 2024).

4.1.1. Análisis ambiental

- Emisiones evitadas anuales: 7.782,2 kg CO₂
- Emisiones de fabricación (1 ciclo de vida): 976 kg CO₂
- Tiempo de recuperación de la huella de carbono: 1.25 años aproximadamente

4.2. CONCLUSIÓN

En resumen, El sistema de energía fotovoltaico es un sistema On – Grid o conectado a la red, esto significa que durante el día los paneles solares generan energía y la suministran directamente a la iglesia. Entonces si se genera más de lo que se consume, el excedente se lo inyecta a la red pública. Y en la noche la iglesia toma energía de la red pública.

Esto hace que el sistema On – Grid no dependa de baterías y reduzca costos de inversión, ya que las baterías son los más caro en sistemas fotovoltaicos.

La inversión inicial se podrá recuperar con el ahorro de dinero respecto al pago de la planilla eléctrica.

El sistema es factible a nivel económico, ya que la iglesia por naturaleza de su concepción, no cuenta con fondos monetarios fijos, pero tiene sus actividades con las que logra generar el presupuesto mencionado de 25.000 dólares por lo que es factible el proyecto.

Una sugerencia para el proyecto es que sea trabajado solo para alimentar la iluminacion de la Parroquia teniendo una recuperación de inversión más rápida de 1 a 2 años

“¿Qué es la energía solar y cómo se produce?” Accessed: Jan. 28, 2025. [Online]. Available: <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-la-energia-solar/>

“Características de la energía solar - Descubre esta energía renovable.” Accessed: Jan. 28, 2025. [Online]. Available: <https://www.ecologiaverde.com/caracteristicas-de-la-energia-solar-3956.html>

“Tipos de energía solar.” Accessed: Jan. 28, 2025. [Online]. Available: <https://descubrelaenergia.fundaciondescubre.es/sobre-la-energia/preguntas-y-respuestas/energias-renovables/que-tipos-de-energia-solar-existen/>

“¿Qué beneficios tiene la energía solar? | ACCIONA | Business as unusual.” Accessed: Jan. 28, 2025. [Online]. Available: <https://www.acciona.com/es/energias-renovables/energia-solar/>

“¿Qué es un sistema fotovoltaico y cómo funciona? | Enel X.” Accessed: Jan. 28, 2025. [Online]. Available: <https://corporate.enelx.com/es/question-and-answers/how-does-a-photovoltaic-system-work>

“Eficiencia de los paneles solares en [2025] - SotySolar SotySolar,” <https://sotysolar.es/blog/eficiencia-panel-solar>, Accessed: Jan. 28, 2025. [Online]. Available: <https://sotysolar.es/blog/eficiencia-panel-solar>

“Los tres factores que más afectan a la producción de las placas solares | Endesa.” Accessed: Jan. 28, 2025. [Online]. Available: <https://www.endesa.com/es/blog/blog-de-endesa/luz/factores-afectan-placas-solares>

“Radiación, Irradiancia y Azimut en Fotovoltaica SunFields.” Accessed: Jan. 28, 2025. [Online]. Available: <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/energia-fotovoltaica-radiacion-geometria-recorrido-optico-irradiancia-y-hsp/>

“¿Cuál es la inclinación placas solares adecuada para mi instalación?” Accessed: Jan. 28, 2025. [Online]. Available: <https://autosolar.es/aspectos-tecnicos/inclinacion-placas-solares>

“Orientación e inclinación óptima de los paneles solares.” Accessed: Jan. 28, 2025. [Online]. Available: <https://enercitysa.com/blog/orientacion-e-inclinacion-optima-paneles-solares/>

“¿Cuál es la vida útil de una instalación fotovoltaica? | factorenergia.” Accessed: Jan. 28, 2025. [Online]. Available: <https://www.factorenergia.com/es/blog/autoconsumo-electrico/cual-es-la-vida-util-de-una-instalacion-fotovoltaica/>

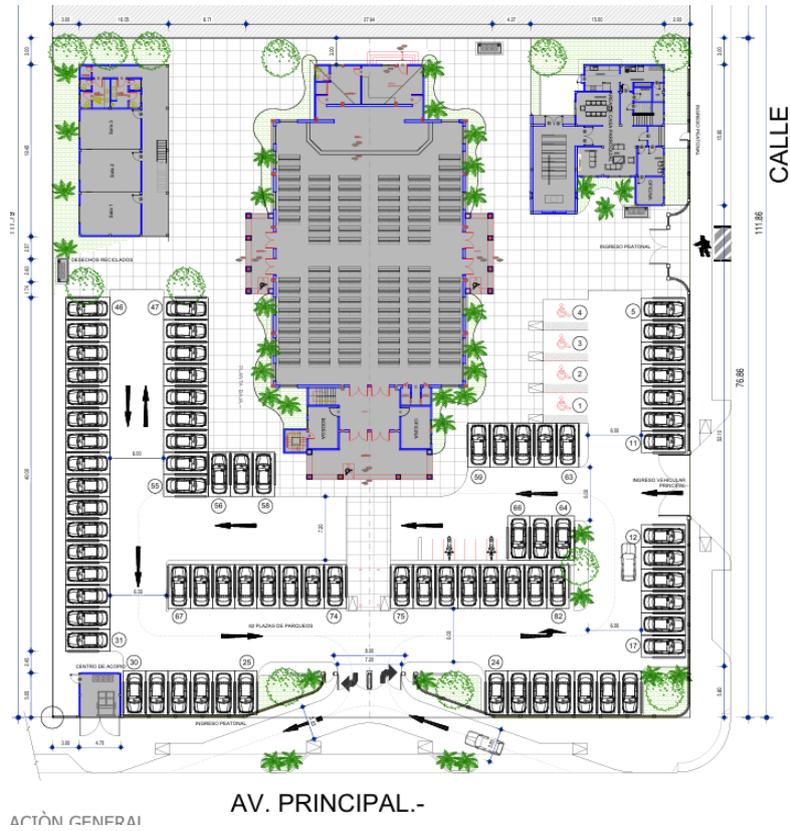
“Curso Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) – Censolar.” Accessed: Jan. 28, 2025. [Online]. Available: <https://www.censolar.org/curso-photovoltaic-geographical-information-system-pvgis/>

M. de Desarrollo Urbano Vivienda Arq Leonel Chica Martínez, A. Gustavo Raúl Ordoñez, A. Jenny Lorena Arias Zambrano, and I. Miguel Iza Ing Franklin Medina Ing Carlos Parra Ing Diego Chimarro Ing Ramiro Rosero Ing Luis Fernando Bonifaccini Ing Sofía Terán Ing Mentor Poveda Ing Francisco Parra Textos Edición, “Ing. Adrián David Sandoya Unamuno,” 2018.

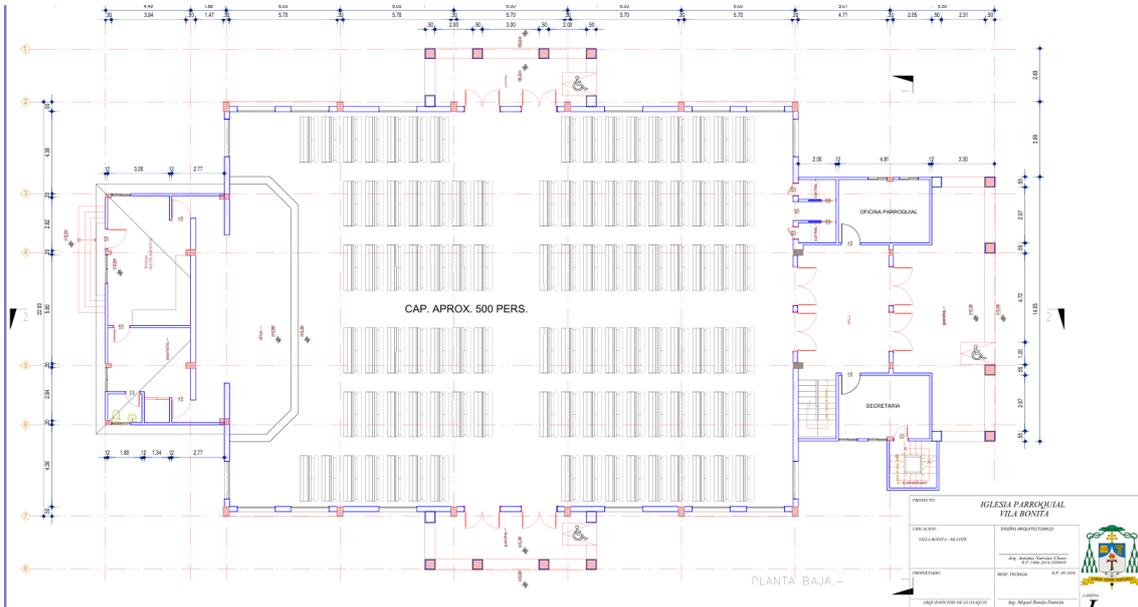
ANEXOS



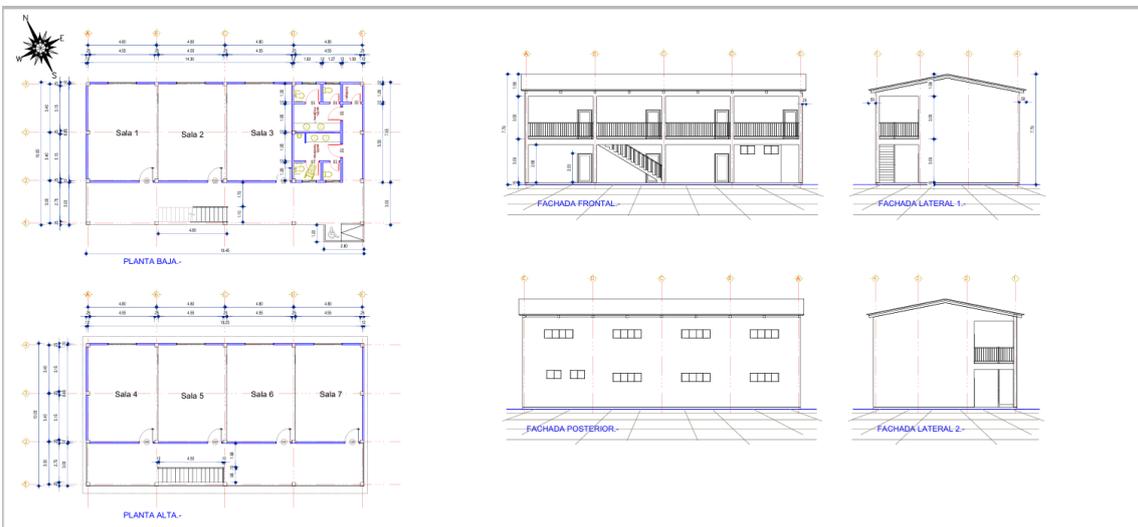
TERRENO DE LA PARROQUIA – BEATO JOSÉ GREGORIO HERNANDEZ



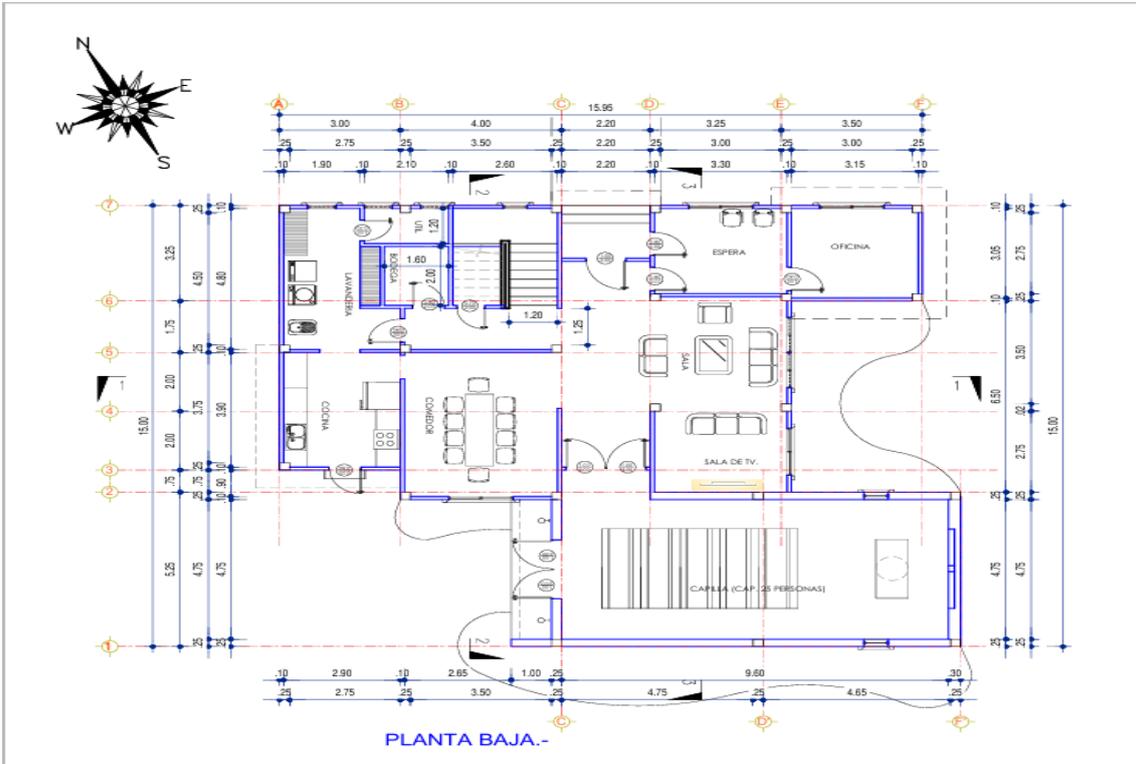
PLANO DE LA PARROQUIA UBICADO EN MI LOTE 1



PLANO DE LA IGLESIA



PLANO DE LAS SALAS DE CATEQUESIS



PLANO DE LA CASA PARROQUIAL – PLANTA BAJA



PLANO DE LA CASA PARROQUIAL – PLANTA ALTA