



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

PROYECTO DE GRADUACIÓN

**DIMENSIONAMIENTO DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS AISLADOS Y DE
CONEXIÓN A RED PARA RESIDENCIAS MEDIANTE EL USO DE UNA CALCULADORA
SOLAR**

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO

INGENIERO EN ENERGÍA

PRESENTADO POR:

21541294 CANTALICIO PAZ PAZ

ASESOR: ING. VIELKA BARAHONA

CAMPUS SAN PEDRO SULA;

MAYO, 2019

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

DEDICATORIA

Le dedico mi proyecto de graduación a Dios, porque sin el nada es posible, a mis padres: Cantalicio Paz Sabillón y Rumilda Paz Paz, por ser la mayor fuente de apoyo he inspiración para seguir adelante, por darme la herencia del estudio he inculcarme buenos valores, a mis hermanas y hermano, en especial a mis hermanas Argelia Paz Sánchez y Claudia María Paz Paz por ser las personas que estuvieron a mi lado y me apoyaron en los proyectos de la vida, siempre estando pendientes de mí.

AGRADECIMIENTOS

Ing. Vielka Barahona

Por ser la persona que me guio en la elaboración de mi informe, y estar pendiente de mí y de mis avances, por ser mi guía en esta etapa tan importante de mi vida.

Ing. Cesar Orellana

Por ser un ejemplo a seguir, y por los buenos consejos que él me dio, para poder desempeñarme mejor en mi vida universitaria.

Lic. Maryori Oviedo

Por ser la persona que me enseñó a ser un líder nato, me fomento el valor de la amistad y del trabajo en equipo, los cuales fueron parámetros fundamentales en mi desempeño universitario.

Ing. Darwin Reyes

Por ser la persona que me introdujo en mi vida universitaria, por ser mi primer catedrático en el área de ingeniería en energía, y fue quien me mostro el camino a seguir para crecer como profesional del área.

Amistades

A mis amigos, Ana Almendarez, Fadia Espinoza, Grace Canahuati, Nicole Cano, Anner Bueso, David Bueso y Joseph Fuentes, por ser las personas que han estado a mi lado, apoyándome día a día en mi vida universitaria, viviendo con ellos las mejores aventuras.

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DIMENSIONAMIENTO DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS AISLADOS Y DE CONEXIÓN A RED PARA RESIDENCIAS MEDIANTE EL USO DE UNA CALCULADORA SOLAR

RESUMEN EJECUTIVO

Electric Solar es una empresa dedicada a la instalación de sistemas solares fotovoltaicos de conexión a red en el área industrial, a la empresa la respaldan sus más de 7,800 kWp instalados sobre cubierta y actualmente tiene en desarrollo varios proyectos que juntos lograrían una potencia de 34.0 MWp. Además la empresa ha participado en el diseño, construcción y operación de más de 150 MW de energía solar sobre suelo en Honduras a través de las empresas hermanas SOPOSA y COHESSA. El siguiente proyecto surge como mejora para el cálculo y dimensionamiento de sistemas solares fotovoltaicos aislados y de conexión a red para usuarios residenciales mediante calculadora solar, la cual desarrollará el modelo económico y el cálculo de materiales para realizar la instalación. Para el desarrollo de la calculadora solar se utilizó un análisis técnico detallado, en el cual se utiliza para el dimensionamiento de los sistemas solares fotovoltaico con el uso de fórmulas con fundamentos teóricos, el análisis financiero que determina la viabilidad de los proyectos analizando la tasa interna de retorno, el valor presente neto y PayBack. Para determinar la funcionalidad de la calculadora solar se realizó una simulación obteniendo los siguientes resultados: Para una potencia pico de 1.94 kWp se necesitaran 6 paneles solares de 330 W y un inversor de 1.5 kW, con un precio de venta de la potencia de \$1,500 el kW, en 20 años genera una TIR de 21% un VPN de \$3,119.50 y un PayBack de 5.164 años para un sistema solar fotovoltaico de conexión a red, para la misma potencia pero en sistemas solares fotovoltaicos aislados depende del día de autonomía, para un sistema con un día de autonomía con un precio de venta de la potencia de \$2,720 el kW, en 20 años genera una TIR de 12%, un VPN de 703.90 y un PayBack de 8.647 años, Por lo que se concluye que la calculadora solar realiza el dimensionamiento técnico y económico de los sistemas solares fotovoltaicos aislados y de conexión a red.

ÍNDICE

| | |
|---|----------|
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. MARCO CONTEXTUAL | 2 |
| 2.1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA..... | 2 |
| 2.2. DESCRIPCIÓN DEL DEPARTAMENTO/ UNIDAD DE TRABAJO..... | 3 |
| 2.3. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA..... | 3 |
| 2.4. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA..... | 4 |
| 2.4.1. Enunciado del Problema..... | 4 |
| 2.4.2. Formulación del Problema..... | 4 |
| 2.5. JUSTIFICACIÓN..... | 4 |
| III. OBJETIVOS | 6 |
| 3.1. OBJETIVO GENERAL..... | 6 |
| 3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 6 |
| IV. MARCO TEÓRICO | 7 |
| 4.1. TEORÍAS DE SUSTENTO..... | 7 |
| 4.1.1. Radiación Solar..... | 7 |
| 4.1.2. Descripción Del Producto..... | 8 |
| 4.1.3. Definición Del Modelo De Negocios..... | 8 |
| 4.1.4. Factores Críticos De Riesgo..... | 8 |
| 4.1.5. Análisis De La Competencia E Industria..... | 8 |
| 4.1.6. Análisis Del Consumidor..... | 9 |
| 4.1.7. Estimación De Tendencias De Mercado..... | 10 |
| 4.1.8. Estrategia De Mercado Y Ventas..... | 10 |
| 4.2. ESTUDIO DE PRODUCCIÓN Y OPERACIONES..... | 11 |
| 4.2.1. Diseño Del Producto O Servicio..... | 11 |
| 4.3. CONCEPTUALIZACIÓN..... | 14 |
| 4.3.1. AutoCAD..... | 14 |
| 4.3.2. PvSyst..... | 14 |
| 4.3.3. System Advisor Model (SAM)..... | 15 |
| 4.3.4. Radiación..... | 15 |
| 4.3.5. Potencia Pico..... | 15 |
| 4.3.6. Energía..... | 15 |
| 4.3.7. Latitud y Longitud..... | 15 |
| 4.3.8. Factor de Energía..... | 15 |
| 4.3.9. Rendimiento..... | 15 |

| | | |
|------------|--|-----------|
| 4.3.10. | Día de Autonomía | 16 |
| 4.3.11. | Profundidad de Descarga [DOD]..... | 16 |
| 4.3.12. | Declinación Solar | 16 |
| 4.3.13. | Ángulo Solar..... | 16 |
| 4.3.14. | Factor de Excentricidad | 16 |
| 4.3.15. | Índice de Claridad..... | 16 |
| 4.3.16. | Factor de Corrección | 16 |
| 4.3.17. | Flujo de Caja | 17 |
| 4.3.18. | TIR..... | 17 |
| 4.3.19. | VPN | 17 |
| 4.3.20. | PayBack..... | 17 |
| 4.4. | MARCO LEGAL..... | 17 |
| 4.4.1. | Ley Marco Del Subsector Eléctrico..... | 17 |
| 4.4.2. | Ley General De La Industria Eléctrica | 18 |
| V. | METODOLOGÍA | 19 |
| 5.1. | POBLACIÓN Y MUESTRA | 19 |
| 5.1.1. | Población | 19 |
| 5.1.2. | Muestra | 19 |
| 5.2. | UNIDAD DE ANÁLISIS..... | 19 |
| 5.3. | UNIDAD DE RESPUESTA | 19 |
| 5.4. | TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS | 19 |
| 5.4.1. | Análisis de Datos..... | 19 |
| 5.4.2. | Fotografías | 20 |
| 5.4.3. | Censo de Carga | 20 |
| 5.4.4. | Análisis de Inventario | 20 |
| 5.5. | CRONOLOGÍA DE TRABAJO..... | 21 |
| 5.6. | FUENTES DE INFORMACIÓN..... | 21 |
| 5.6.1. | Fuentes Primarias..... | 22 |
| 5.6.2. | Fuentes Secundarias..... | 22 |
| 5.7. | LIMITANTES DEL PROYECTO..... | 22 |
| VI. | ANÁLISIS Y RESULTADO..... | 23 |
| 6.1. | DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO | 23 |
| 6.2. | ETAPAS PARA EL DESARROLLO DE UNA CALCULADORA SOLAR..... | 25 |
| 6.2.1. | Etapa I: Levantamiento de Información | 25 |
| 6.2.2. | Etapa II: Calculo de la Potencia Pico..... | 25 |
| 6.2.3. | Etapa III: Dimensionamiento del Sistema Solar Fotovoltaico | 26 |
| 6.2.4. | Etapa IV: Dimensionamiento del Banco de Baterías | 26 |
| 6.2.5. | Etapa V: Calculo Estimado de Materiales | 26 |

| | | |
|--------------|---|-----------|
| 6.2.6. | Etapa VI: Calculo de Modelo Económico..... | 27 |
| 6.3. | VALIDACIÓN DE LA CALCULADORA SOLAR | 28 |
| 6.3.1. | Comparación TIR, VPN y PayBack Según el Día de Autonomía | 37 |
| VII. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 38 |
| 7.1. | CONCLUSIONES | 38 |
| 7.1.1. | Conclusión General..... | 38 |
| 7.1.2. | Conclusiones Específicas..... | 38 |
| 7.2. | RECOMENDACIONES | 40 |
| 7.2.1. | Recomendación General..... | 40 |
| 7.2.2. | Recomendaciones Específicas | 40 |
| VIII. | BIBLIOGRAFÍA..... | 41 |
| IX. | ANEXO..... | 44 |
| 9.1. | DATOS GENERALES | 44 |
| 9.1.1. | Inclinación del Techo..... | 44 |
| 9.1.2. | Sistema de Coordenadas..... | 44 |
| 9.1.3. | Energía Consumida por la Vivienda..... | 45 |
| 9.1.4. | Datos de Radiación..... | 46 |
| 9.1.5. | Número De Días Del Mes..... | 46 |
| 9.2. | DATOS CALCULADOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO..... | 47 |
| 9.2.1. | Energía Diaria Consumida [Et] | 47 |
| 9.2.2. | Factor de Energía [F.E] | 48 |
| 9.2.3. | Rendimiento de la Instalación [R]..... | 49 |
| 9.2.4. | Energía Necesaria [E]..... | 50 |
| 9.2.5. | Declinación Solar | 51 |
| 9.2.6. | Angulo de Salida del Sol [Ws]..... | 51 |
| 9.2.7. | Ángulo de Salida del Sol Sobre un Plano Inclinado [Wss]..... | 52 |
| 9.2.8. | Factor de Excentricidad | 52 |
| 9.2.9. | Radiación Sobre el Plano Horizontal [Hdm]..... | 53 |
| 9.2.10. | Índice de Claridad [Ktm] | 54 |
| 9.2.11. | Fracción Difusa de la Radiación [Fdm] | 54 |
| 9.2.12. | Radiación Difusa [Ddm]..... | 55 |
| 9.2.13. | Radiación en el Plano Inclinado [H]..... | 55 |
| 9.2.14. | Factor de Corrección | 56 |
| 9.2.15. | Radiación Directa Sobre el Plano Inclinado [H _φ] | 57 |
| 9.2.16. | Radiación Difusa Sobre el Plano Inclinado [Dβ]..... | 57 |
| 9.2.17. | Radiación por Albedo Sobre el Plano Inclinado [AL] | 58 |
| 9.2.18. | Radiación Total Sobre el Plano Inclinado [G _φ]..... | 58 |

| | | |
|---------|--|----|
| 9.2.19. | Horas Pico Solares [HPS] | 59 |
| 9.2.20. | Potencia Pico [Pp]..... | 59 |
| 9.2.21. | Número de Paneles Solares [Np]..... | 60 |
| 9.3. | DIMENSIONAMIENTO DEL INVERSOR..... | 60 |
| 9.3.1. | Generalidades Paneles Solares..... | 60 |
| 9.3.2. | Parámetros Inversor..... | 61 |
| 9.4. | CÁLCULO DE MATERIALES PARA LA INSTALACIÓN | 62 |
| 9.4.1. | Cálculo de Estructura | 62 |
| 9.4.2. | Cálculo de Materiales Parte AC..... | 69 |
| 9.4.3. | Cálculo de Materiales Parte DC..... | 69 |
| 9.5. | CÁLCULOS PARA BANCO DE BATERÍAS..... | 71 |
| 9.5.1. | Capacidad 1 | 72 |
| 9.5.2. | Capacidad 2 | 73 |
| 9.5.3. | Capacidad 3 | 73 |
| 9.6. | DIMENSIONAMIENTO BANCO DE BATERÍAS..... | 74 |
| 9.6.1. | Tipo de Batería..... | 74 |
| 9.6.2. | Cantidad de Baterías a Utilizar | 75 |
| 9.7. | MODELO ECONÓMICO | 77 |
| 9.7.1. | Flujo de Caja Para Sistema Solar Fotovoltaico de Conexión a Red..... | 77 |
| 9.7.2. | Flujo de Caja para Sistema Solar Fotovoltaico Aislado | 78 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

| | |
|---|----|
| Ilustración 1: Ejemplo de Radiación Solar..... | 7 |
| Ilustración 2: Proyección de la Demanda de Energía en Honduras Año 2025 | 10 |
| Ilustración 3: Panel Solar Canadian Solar 330W..... | 11 |
| Ilustración 4: Inversor Huawei SUN2000-KTL..... | 12 |
| Ilustración 5: Voltajes para Dimensionamiento de Banco de Baterías..... | 13 |
| Ilustración 6: Batería Solar Trojan | 13 |
| Ilustración 7: Regulador de Carga SmartSolar MPPT 100/30..... | 14 |
| Ilustración 8: Diagrama Esquemático del Dimensionamiento de un Sistema Solar Fotovoltaico Aislado o de Conexión a Red | 24 |
| Ilustración 9: Vista Superior de un Riel..... | 63 |
| Ilustración 10: Vista Frontal de un Puente..... | 63 |
| Ilustración 11: Vista Lateral de un Puente..... | 64 |
| Ilustración 12: Vista Superior de un Puente..... | 64 |
| Ilustración 13: Vista Frontal de un Mid Clamp..... | 65 |
| Ilustración 14: Vista Lateral de un Mid Clamp..... | 65 |
| Ilustración 15: Vista Superior de un Mid Clamp..... | 66 |
| Ilustración 16: Vista Superior de un End Clamp | 67 |
| Ilustración 17: Vista Lateral de un End Clamp..... | 67 |
| Ilustración 18: Vista Frontal de un End Clamp | 68 |
| Ilustración 19: Diagrama de un Sistema Solar Fotovoltaico Aislado | 70 |
| Ilustración 20: Diagrama de un Sistema Solar Fotovoltaico de Conexión a Red | 70 |
| Ilustración 21: Diagrama de Conexión de Banco de Baterías..... | 77 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Cronograma de Actividades..... | 21 |
| Tabla 2: Calculo de Potencia Pico | 28 |
| Tabla 3: Cuadro Comparativo Dimensionamiento de Área Disponible Para Instalación De Módulos Solares Fotovoltaicos..... | 29 |
| Tabla 4: Dimensionamiento Inversor | 30 |
| Tabla 5: Dimensionamiento Banco de Baterías | 31 |
| Tabla 6: Cálculo de Estructura | 32 |
| Tabla 7: Cálculo de Materiales para la Instalación Solar Fotovoltaica | 33 |
| Tabla 8: Flujo de Caja para Sistema Solar Fotovoltaico de Conexión a Red..... | 34 |
| Tabla 9: Flujo de Caja Para un Sistema Solar Aislado con 5 Días de Autonomía | 35 |
| Tabla 10: Flujo de Caja para Sistema Solar Fotovoltaico Aislado de 1 Día de Autonomía | 36 |
| Tabla 11: Cuadro Comparativo | 37 |
| Tabla 13: Datos Generales Para Dimensionamiento Sistema Solar Fotovoltaico | 44 |
| Tabla 14: Historial Consumo de Energía de la Vivienda..... | 45 |
| Tabla 15: Radiación Solar Mensual en la Latitud y Longitud Especificada..... | 46 |
| Tabla 16: Cantidad de Días por Mes..... | 47 |
| Tabla 17: Cálculo Energía Diaria Consumida por la Vivienda..... | 48 |
| Tabla 18: Cálculo Factor de Energía | 49 |
| Tabla 19: Cálculo Rendimiento de la Instalación | 50 |
| Tabla 20: Cálculo Energía Necesaria | 51 |
| Tabla 21: Cálculo Declinación Solar | 51 |
| Tabla 22: Cálculo Ángulo de Salida del Sol | 52 |
| Tabla 23: Cálculo Ángulo de Salida del Sol Sobre un Plano Inclinado | 52 |
| Tabla 24: Cálculo Factor de Excentricidad | 53 |
| Tabla 25: Cálculo Radiación Sobre el Plano Horizontal..... | 53 |
| Tabla 26: Cálculo Índice de Claridad..... | 54 |
| Tabla 27: Cálculo Radiación Difusa..... | 55 |
| Tabla 28: Cálculo Radiación en el Plano Inclinado | 56 |
| Tabla 29: Cálculo Factor de Corrección | 56 |
| Tabla 30: Cálculo Radiación Directa Sobre el Plano Inclinado..... | 57 |
| Tabla 31: Cálculo Radiación Difusa Sobre el Plano Inclinado | 58 |
| Tabla 32: Cálculo Radiación Albedo Sobre el Plano Inclinado..... | 58 |
| Tabla 33: Cálculo Radiación Total Sobre el Plano Inclinado | 59 |
| Tabla 34: Cálculo Horas Pico Solares..... | 59 |
| Tabla 35: Potencia Pico | 59 |
| Tabla 36: Cálculo Potencia Pico | 60 |
| Tabla 37: Numero de Paneles Solares a Instalar | 60 |
| Tabla 38: Calculo de Voltajes del Panel Solar..... | 61 |
| Tabla 39: Dimensionamiento Inversor..... | 62 |

| | |
|---|----|
| Tabla 40: Cálculo de Estructura para la Instalación Solar Fotovoltaica..... | 68 |
| Tabla 41: Cálculo de Materiales para Bajante AC | 69 |
| Tabla 42: Cálculo de Materiales para Bajante DC | 71 |
| Tabla 43: Voltaje Para Dimensionamiento de Banco de Baterías | 72 |
| Tabla 44: Datos Generales Para Dimensionamiento de Banco de Baterías | 72 |
| Tabla 45: Cálculo Capacidad 1 | 72 |
| Tabla 46: Cálculo Capacidad 2 | 73 |
| Tabla 47: Cálculo Capacidad 3 | 73 |
| Tabla 48: Generalidades Batería Propuesta..... | 75 |
| Tabla 49: Cálculo Baterías en Serie..... | 75 |
| Tabla 50: Cálculo de Baterías en Paralelo | 76 |
| Tabla 51: Tabla Resumen Banco de Baterías | 76 |
| Tabla 52: Premisas Básicas para la Realización del Flujo de Caja | 77 |
| Tabla 53: Resumen Flujo de Caja | 77 |
| Tabla 54: Dimensionamiento de Banco de Baterías con Un Día de Autonomía..... | 79 |
| Tabla 55: Premisas Básicas Flujo de Caja Sistema Aislado | 79 |
| Tabla 56: Resumen Flujo de Caja | 80 |
| Tabla 57: Dimensionamiento de Banco de Baterías con Cinco de Días de Autonomía..... | 81 |
| Tabla 58: Premisas Básicas para Flujo de Caja Sistema Aislado | 82 |
| Tabla 59: Resumen Flujo de Caja | 82 |

ÍNDICE DE ECUACIONES

| | |
|--|----|
| Ecuación 1: Energía Diaria Consumida..... | 47 |
| Ecuación 2: Factor de Energía | 48 |
| Ecuación 3: Rendimiento de la Instalación..... | 50 |
| Ecuación 4: Energía Necesaria..... | 50 |
| Ecuación 5: Declinación Solar..... | 51 |
| Ecuación 6: Ángulo de Salida del Sol | 52 |
| Ecuación 7: Ángulo de Salida del Sol Sobre un Plano Inclinado..... | 52 |
| Ecuación 8: Factor de Excentricidad..... | 52 |
| Ecuación 9: Radiación Sobre el Plano Horizontal | 53 |
| Ecuación 10: Índice de Claridad..... | 54 |
| Ecuación 11: Fracción Difusa de la Radiación..... | 54 |
| Ecuación 12: Cálculo Fracción Difusa de la Radiación | 54 |
| Ecuación 13: Radiación Difusa..... | 55 |
| Ecuación 14: Radiación en el Plano Inclinado | 55 |
| Ecuación 15: Factor de Corrección | 56 |
| Ecuación 16: Radiación Directa Sobre el Plano Inclinado..... | 57 |
| Ecuación 17: Radiación Difusa Sobre el Plano Inclinado..... | 57 |
| Ecuación 18: Radiación Albedo Sobre el Plano Inclinado..... | 58 |
| Ecuación 19: Radiación Total Sobre el Plano Inclinado | 58 |
| Ecuación 20: Horas Pico Solares..... | 59 |
| Ecuación 21: Número de Paneles Solares..... | 60 |
| Ecuación 22: Voltaje Mínimo de Operación..... | 60 |
| Ecuación 23: Voltaje Máximo de Operación..... | 61 |
| Ecuación 24: Capacidad 1 | 72 |
| Ecuación 25: Capacidad 2 | 73 |
| Ecuación 26: Profundidad de Descarga..... | 73 |
| Ecuación 27: Número de Baterías en Serie..... | 75 |
| Ecuación 28: Número Baterías en Paralelo..... | 76 |

I. INTRODUCCIÓN

Electric Solar es una empresa dedicada a la instalación de sistemas solares fotovoltaicos de conexión a red, donde actualmente instala dichos sistemas en la zona industrial. En harás de expandir sus líneas de negocio la empresa ha decidido crear una calculadora solar, para realizar el dimensionamiento de sistemas solares fotovoltaicos aislados y de conexión a red para usuarios de la zona residencial, siendo este proyecto de vital importancia para la empresa porque sería una fuente económica importante y ayudaría a expandir su área comercial.

El propósito fundamental de este proyecto es dimensionar el generador solar, seleccionar el inversor, calcular de forma automática el listado de materiales, dimensionar el banco de baterías requerido (si es un sistema aislado) y realizar el análisis financiero de la instalación a través de una plantilla o calculadora solar.

II. MARCO CONTEXTUAL

2.1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

La empresa Electric Solar nace con el propósito de promover y desarrollar la energía solar fotovoltaica a nivel comercial e industrial. Electric Solar se posiciona entre los más grandes desarrolladores de proyectos de energía solar foto-voltaica de la región con más 7,800 kWp sobre cubierta y actualmente tiene en desarrollo varios proyectos que juntos lograrían una potencia de 34.0 MWp. Además la empresa ha participado en el diseño, construcción y operación de más de 150 MW de energía solar sobre suelo en Honduras a través de las empresas hermanas SOPOSA y COHESSA. (Electric Solar)

La compañía Electric Solar se caracteriza por utilizar componentes de última tecnología y calidad, esto siguiendo con la ideología de maximizar el retorno del inversionista. Nuestro éxito se centra en el proceso de diseño en donde se piensa en minimizar costos de operación y mantenimiento durante la vida útil del proyecto. La mentalidad surge debido a que la empresa se dedica tanto al desarrollo de proyectos bajo la modalidad de EPC como también es dueña de proyectos de generación, y debido a esto nos enfocamos en garantizar la inversión a largo plazo. (Electric Solar)

Nuestro equipo está formado por profesionales con una larga trayectoria en el sector eléctrico. La empresa cuenta con Ingenieros Seniors que han participado en más de 1 GW de potencia instalada a nivel mundial y han formado un equipo de Ingenieros locales con las mejores prácticas y normas. Los principios inculcados en nuestro personal los direccionan a brindar a nuestros clientes un servicio de la más alta calidad que garantice una relación a largo plazo. (Electric Solar)

2.2. DESCRIPCIÓN DEL DEPARTAMENTO/ UNIDAD DE TRABAJO

En la empresa se fungió el puesto de Ingeniero en Energía, aplicando los conocimientos del departamento de energía se orientó el proyecto en cuatro áreas:

- Pre diseño básico de la instalación.
- Materiales y equipos requeridos por kilo watts pico [kWp] instalado.
- Plantilla de cálculo para realizar el dimensionamiento del sistema solar según los requerimientos del usuario (sistema de conexión a red o sistema aislado).
- Presupuesto base.

2.3. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

La energía solar fotovoltaica ha ido evolucionando a través de los años. Reduciendo costos de producción y aumentando eficiencia, debido al beneficio que esta genera y uno de estos es su fácil aplicabilidad y su retorno de inversión a corto plazo, este tipo de energía actualmente es la de mayor crecimiento a nivel mundial debido a que si la comparamos con otras fuentes de energía renovable, la energía solar les gana por mucho en todos los aspectos.

Debido al crecimiento que tiene la energía solar a nivel mundial, la empresa Electric Solar ha sido una de las impulsoras de este tipo de tecnología en nuestro país en el área industrial, dominando el área de sistemas solares fotovoltaicos de conexión a red, teniendo gran aceptación en el país, desde el inicio de sus operaciones ha excluido la instalación de los sistemas solares en el área residencial. Actualmente por los altos costos de la energía, el usuario del área residencial comenzó la búsqueda de formas alternas para obtener la energía renovable para reducir sus altos consumos de energía eléctrica, siendo la energía solar fotovoltaica la más accesible.

La empresa Electric Solar no cuenta con los estudios y formatos para la instalación de este tipo de proyectos pero si cuenta con la capacidad para realizarlos, por lo que se asignó desarrollar los estudios correspondientes y hacer los análisis para determinar los factores a considerar en la instalación de los sistemas solares a cubrir esta necesidad del mercado energético, siendo este proyecto de vital importancia para la empresa porque sería una fuente económica importante y ayudaría a expandir su área comercial.

2.4. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

2.4.1. ENUNCIADO DEL PROBLEMA

La creciente demanda del mercado por los sistemas solares fotovoltaicos a nivel residencial. En los últimos años el precio de la energía para la tarifa residencial ha incrementado constantemente, por lo tanto la población está apuntando a la energía solar para reducir el consumo de energía eléctrica en sus hogares. Electric Solar busca cubrir dos áreas: área residencial con sistemas de conexión a red y área residencial con sistemas aislados. Al cubrir estas dos áreas, Electric Solar empezaría a competir en el mercado eléctrico nacional como una empresa distribuidora de sistemas solares fotovoltaicos para zonas residenciales.

2.4.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La factibilidad de los sistemas fotovoltaicos depende de varios aspectos que se tienen que tomar en cuenta al momento de su estudio, como ser, la inclinación y orientación del techo, la zona donde está ubicada la residencia, la radiación en el área y la demanda de energía que tiene la residencia. Adicionalmente sabemos que las instalaciones solares aisladas la inversión inicial es mucho más elevada que las de un sistema de conexión a red, pero este sufre las necesidades básicas y mejora el estilo de vida. Entonces; ¿Qué tan factibles son los sistemas solares fotovoltaicos de conexión a red y aislados para el área residencial?

2.5. JUSTIFICACIÓN

Este proyecto pretende reducir la factura energética de los clientes de Electric Solar utilizando fuentes renovables alternativas como ser la energía solar fotovoltaica, demostrando que no solo ahorrarían energía y dinero sino que también se contribuirá al medio ambiente reduciendo las emisiones de CO₂ al utilizar este tipo de tecnologías. "Por cada kWh producido estamos dejando de emitir 0.37 kg de CO₂ por hora" (Calculo GEI CeroCO₂, s. f.).

El análisis, desarrollo e implementación de estos sistemas pretende expandir las líneas de negocios de la empresa, reducir el costo de la energía a los clientes y satisfacer o atender las solicitudes de los clientes de Electric Solar del área residencial que hasta el momento han sido rechazadas debido a que no se contaba con este tipo de servicios, Actualmente se busca que el cliente quede satisfecho con el servicio brindado, por eso la empresa instalaría un sistema de monitoreo a cada residencia a la cual se le instaló el sistema de generación para poder estar monitoreando constantemente su funcionamiento por si presenta alguna falla, y también permitirá conocer la cantidad de energía que este genera y tener un historial de generación.

III. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

- Elaborar una calculadora solar para el dimensionamiento de sistemas solares fotovoltaicos aislados y de conexión a red para instalaciones residenciales.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar y dimensionar los sistemas solares fotovoltaicos.
- Calcular los materiales y equipos requeridos por kilovatio pico instalado.
- Realizar un análisis financiero con la finalidad de evaluar la factibilidad de los sistemas solares para usuarios residenciales.

IV. MARCO TEÓRICO

4.1. TEORÍAS DE SUSTENTO

4.1.1. RADIACIÓN SOLAR

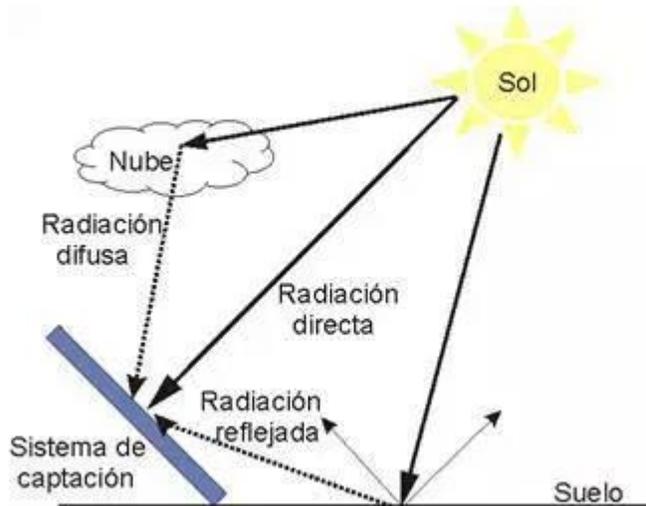


Ilustración 1: Ejemplo de Radiación Solar

Fuente:(RADIACIÓN DIRECTA, DIFUSA Y REFLEJADA, 2014)

4.1.1.1. La radiación directa

Es aquella que proviene directamente del sol.

4.1.1.2. La radiación difusa

Es aquella que proviene de la atmosfera, por dispersión de parte de la radiación solar en ella. En los días más soleados sin presencia de nubosidades este tipo de radiación puede suponer aproximadamente el 15% del global, pero en los días nublados en los que se reduce la cantidad de radiación directa este tipo de radiación aumenta de manera considerable.(RADIACIÓN DIRECTA, DIFUSA Y REFLEJADA, 2014, párr. 2)

En cuanto a las edificaciones se puede afirmar que los cerramientos verticales reciben la mitad de la radiación solar que pueden recibir los horizontales. Por esta razón, más adelante estudiaremos formas de controlar la sobreexposición solar que sufre este cerramiento, en concreto los aislamientos de las cubiertas.(RADIACIÓN DIRECTA, DIFUSA Y REFLEJADA, 2014, párr. 3)

4.1.1.3. La radiación reflejada

Es aquella que proviene "rebotada" de la superficie terrestre. La cantidad de este tipo de radiación depende del llamado coeficiente de reflexión de la superficie o "albedo". Son únicamente las superficies verticales (perpendiculares a la superficie terrestre) las que reciben esta radiación.(«RADIACIÓN DIRECTA, DIFUSA Y REFLEJADA», 2014, p. 4)

4.1.2. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

El producto consiste en sistemas solares fotovoltaicos aislados y de conexión a red, este producto será utilizado para reducir consumos de energía eléctrica en las residencias en el caso de los sistemas de conexión a red, los sistemas aislados serán instalos en residencias que no tengan acceso al sistema eléctrico nacional.

4.1.3. DEFINICIÓN DEL MODELO DE NEGOCIOS

El sistema de negocio consiste en la venta directa de los sistemas solares fotovoltaicos con el cliente, ya que no existen intermediarios, la empresa vende el producto, lo instala y le da mantenimiento periódicamente.

4.1.4. FACTORES CRÍTICOS DE RIESGO

El factor de mayor riesgo es el atraso en la instalación por falta de materiales o por riesgos naturales. Para prevenir esto se deja un tiempo de holgura en la construcción del proyecto, desde el inicio se le da un tiempo de durabilidad de construcción del proyecto dejando dos o tres días de prevención.

4.1.5. ANÁLISIS DE LA COMPETENCIA E INDUSTRIA

Actualmente varias empresas se dedican a este tipo de negocio, por lo tanto tendríamos competencia directa, lo que nos distingue a nosotros es que dominamos la parte industrial por lo tanto nos da mucha más experiencia ante las demás empresas. Además nuestros clientes potenciales son empresarios a los cuales se les ha desarrollado proyectos fotovoltaicos a nivel industrial.

4.1.6. ANÁLISIS DEL CONSUMIDOR

Nuestro mercado son las residencias que sus dueños deseen reducir su consumo energético, los clientes potenciales son todas las residencias con altos consumos energéticos y aquellos que deseen tener energía eléctrica en sus hogares debido a que no tienen acceso a red pública. Nuestro usuario final son aquellas personas que ya están en lista de espera en la empresa, esperando que se empiece a ofrecer este servicio y las personas que soliciten nuestros servicios.

1) ¿Cómo y Por qué comprarían este producto o servicio?

El creciente precio de la energía eléctrica garantiza la venta de este servicio, debido a que este proyecto permite reducir el consumo energético de los clientes.

2) ¿Cuál es la necesidad o necesidades proyectadas que la propuesta cubrirá?

La mayor necesidad y que también es la que nos asegura el éxito y el mercado es el creciente precio de la energía. Debido a eso el proyecto cubrirá aproximadamente un 40% del consumo energético diario de la residencia en la cual se instalara, reduciendo significativamente el precio a pagar en la factura energética. También cubrirá el mantenimiento del sistema solar de manera periódica y el monitoreo diario.

3) ¿Qué nivel de la demanda se puede cubrir con el proyecto realísticamente?

Medir un nivel exacto a cubrir es difícil determinar, pero la empresa en la parte industrial a cubierto el 100% de los proyectos que se le han solicitado, viendo estas estadísticas podemos determinar de que el cliente que solicite un sistema solar fotovoltaico y que se determine que es viable para su residencia, se cumplirá cada uno de estos proyectos.

4.1.7. ESTIMACIÓN DE TENDENCIAS DE MERCADO

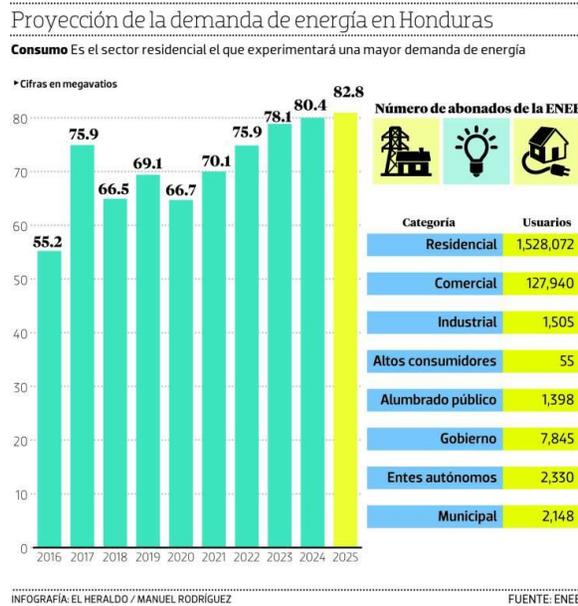


Ilustración 2: Proyección de la Demanda de Energía en Honduras Año 2025

Fuente: (Rodríguez Luis, 2017) e (Diario El Heraldo, 2017)

Como podemos observar en la ilustración anterior la demanda energética para el sector residencial para el año 2025 será de 82.8 MW, lo que implica un crecimiento exponencial, al crecer la demanda energética hace que los clientes potenciales de la empresa aumenten, ya que entre mayor demanda energética haya más posibilidades de solicitudes de sistemas solares fotovoltaicos se soliciten a la empresa.

4.1.8. ESTRATEGIA DE MERCADO Y VENTAS

EL método de mercado será venta directa empresa-cliente, no se contara con vendedores, se buscara tener el precio más bajo del mercado para sistemas solares fotovoltaicos residenciales de conexión a red o sistemas aislados, el precio variaría dependiendo de las capacidad a instalar en el proyecto, el precio va ligado directamente a la potencia pico a instalar, en el precio también va incluido el mantenimiento del proyecto y monitoreo constante de la empresa.

4.2. ESTUDIO DE PRODUCCIÓN Y OPERACIONES

4.2.1. DISEÑO DEL PRODUCTO O SERVICIO

Para este tipo de proyectos nos basamos en diferentes equipos y dispositivos dependiendo del tipo de instalación si es de conexión a red o aislado.

4.2.1.1. Sistema Solar Fotovoltaico de Conexión a Red

Panel Solar

Uno de los dispositivos principales de este tipo de proyectos son los paneles solares los cuales pueden variar la potencia, la potencia puede ser de 315 W, 320 W, 325 W o de 330 W, aunque las dimensiones para ambas potencias son las mismas, 1.96m de largo, 0.992m de ancho y 0.04m de grosor y con un peso de 49.4 lb (canadian_solar-datasheet-maxpower-CS6U-P-15, 2017)., la marca de paneles solares que la empresa utiliza es Canadian Solar, debido a que es una marca de alta calidad y eficiencia garantizada a nivel mundial.



Ilustración 3: Panel Solar Canadian Solar 330W

Fuente: (canadian_solar-datasheet-maxpower-CS6U-P-15, 2017)

Inversores Huawei

Los inversores a utilizar son marca Huawei SUN2000-KTL los cuales tienen un rendimiento específico de 98.6% (HUAWEI-SUN2000L-2/3/4/4.6/5KTL, 2017)., una marca certificada a nivel mundial, la potencia del inversor dependerá de la potencia a instalar en la residencia, debido a que este se dimensiona según la potencia pico instalada. El inversor a utilizar es de carga monofásica, generalmente son de potencia pequeña en un rango entre los 1.5 a 5 kW. Este tipo de inversor se puede utilizar para sistemas solares fotovoltaicos aislados y de conexión a red.



Ilustración 4: Inversor Huawei SUN2000-KTL

Fuente: (HUAWEI-SUN2000L-2/3/4/4.6/5KTL, 2017)

4.2.1.2. Sistema Solar Fotovoltaico Aislado

Este tipo de sistema utiliza también los mismos dispositivos de los sistemas de conexión a red, la diferencia es que este no tiene conexión a la red eléctrica nacional, si no que va conectado a un banco de baterías de litio.

Baterías de Ciclo Profundo

Cuando se instala una batería solar o de ciclo profundo en una instalación solar, su función es almacenar el exceso de electricidad solar de la residencia en lugar de enviar de nuevo a la red. Si los paneles solares están produciendo más electricidad de la que necesita, el exceso de energía va hacia la carga de la batería. Esto nos permite que en la noche cuando los paneles solares ya no

estén generando energía se puede utilizar la energía que se almaceno en las baterías. Para el dimensionamiento del banco de baterías a instalar en la residencia se tiene que conocer la cantidad de energía consumida diariamente, más o menos cuantos días nublados tiene el mes, en general se determina 5 días, la profundidad de descarga que es una constante con valor de 0.5 y el voltaje con el cual vamos a dimensionar el banco, el voltaje se determina mediante una tabla de consumo energético. Ver ilustración 5

Voltaje del sistema

| Potencia de la Instalación (W) | Voltaje de c.c. de trabajo del sistema (V) |
|--------------------------------|--|
| <500 | 12 |
| 500-2500 | 24 |
| 2500-5000 | 48 |

Ilustración 5: Voltajes para Dimensionamiento de Banco de Baterías

Fuente: (Electricidad y Matemáticas, 2018)



Ilustración 6: Batería Solar Trojan

Fuente: (SAGM 06 220.pdf, s. f.)

Regulador de Carga

Un regulador solar (o de carga) es un dispositivo encargado de controlar constantemente el estado de carga de las baterías así como de regular la intensidad de carga con el fin de alargar la vida útil de las baterías.



Ilustración 7: Regulador de Carga SmartSolar MPPT 100/30

Fuente: (SmartSolar MPPT 100/30 y 100/50, s. f.)

4.3. CONCEPTUALIZACIÓN

4.3.1. AUTOCAD

En este programa se realizó el diseño civil del techo de la empresa a la cual se le realizara la propuesta, con este diseño podemos saber el área disponible a instalar y así saber cuántos paneles solares caben para poder tener una cifra exacta de potencia pico a instalar.

4.3.2. PVSYS

Este programa permite dimensionar el proyecto de forma real, con él se calcula el número de inversores a instalar, el modelo y el número de paneles por string, también nos permite saber la producción específica que tendremos y hacer pruebas de como se ve afectada nuestra instalación de acuerdo a pérdidas por sombras y suciedad.

4.3.3. SYSTEM ADVISOR MODEL (SAM)

Este programa permite conocer la radiación disponible en un cierto tiempo, también permite desarrollar la simulación económica del proyecto.

4.3.4. RADIACIÓN

“Es el conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el Sol”(Radiación solar - EcuRed, s. f.).

4.3.5. POTENCIA PICO

Es la máxima potencia que el sistema fotovoltaico puede generar en las condiciones de fabricación de los paneles solares.

4.3.6. ENERGÍA

Es la potencia generada o consumida en una unidad de tiempo. Su unidad es kWh o Wh.

4.3.7. LATITUD Y LONGITUD

La latitud mide el ángulo entre cualquier punto y el ecuador y la Longitud mide el ángulo a lo largo del ecuador desde cualquier punto de la Tierra.

4.3.8. FACTOR DE ENERGÍA

Se obtiene dividiéndole a la radiación la energía del sistema.

4.3.9. RENDIMIENTO

“Expresa la relación del rendimiento energético real con respecto al rendimiento energético teóricamente posible. Este coeficiente es prácticamente independiente de la orientación de una instalación fotovoltaica y de la irradiación solar que incide sobre ella”(Coeficiente de rendimiento - Factor de calidad de la instalación fotovoltaica, s. f., p. 1).

4.3.10. DÍA DE AUTONOMÍA

Son los días en los que el sistema solar fotovoltaico no está generando energía o su generación es poca. Generalmente para el dimensionamiento de banco de baterías se toman 5 días de autonomía.

4.3.11. PROFUNDIDAD DE DESCARGA [DOD]

“Es un método alternativo para indicar el estado de carga (SOC) de una batería. El DOD es el complemento del SOC: cuando uno aumenta, el otro disminuye”(Profundidad de descarga, 2018).

4.3.12. DECLINACIÓN SOLAR

Es el ángulo entre la línea Sol-Tierra y el plano ecuatorial celeste. El valor de la declinación solar varía a lo largo del año, de $23,45^\circ$ (21 de junio), a $-23,45^\circ$ (21 de diciembre), pasando por cero en los equinoccios de primavera y de otoño.

4.3.13. ÁNGULO SOLAR

“Ángulo de hora solar (ω_s) es la distancia angular entre el círculo de la hora del sol y meridiano del local” (chapter_3_ES.pdf, s. f., p. 7).

4.3.14. FACTOR DE EXCENTRICIDAD

“Es una medida de que tan lejos o que tan cerca está la distancia de la tierra al sol en determinado día del año con respecto a un valor promedio de distancia”(Electricidad y Matemáticas, s. f.-b).

4.3.15. ÍNDICE DE CLARIDAD

“Es la relación entre la irradiación anual sobre una superficie horizontal situada en la Tierra y la irradiación anual sobre una superficie horizontal situada fuera de la atmósfera”(«Índice de claridad», 2018).

4.3.16. FACTOR DE CORRECCIÓN

“Representa el cociente entre la energía incidente en un día sobre una superficie orientada hacia el Ecuador e inclinada un determinado ángulo, y otra horizontal” (tablas-factor-correccion-k.pdf, s. f., p. 1).

4.3.17. FLUJO DE CAJA

“Es la acumulación neta de activos líquidos en un periodo determinado y, por lo tanto, constituye un indicador importante de la liquidez de una empresa”(«Flujo de caja», 2019).

4.3.18. TIR

La TIR (Tasa Interna de Retorno) “es la tasa de interés o rentabilidad que ofrece una inversión. Es decir, es el porcentaje de beneficio o pérdida que tendrá una inversión para las cantidades que no se han retirado del proyecto”(«Tasa interna de retorno (TIR) - Definición y ejemplos | Economipedia», s. f., párr. 1). Entre mayor es la TIR más rentable es el proyecto.

4.3.19. VPN

El VPN (Valor Presente Neto) “es el método más conocido para evaluar proyectos de inversión a largo plazo, ya que permite determinar si una inversión cumple con el objetivo básico financiero: Maximizar la inversión” (¿Cómo calcular el valor presente neto? Ejemplos - Rankia, s. f., párr. 1). Este nos permite ver cuánto se ganaría o perdería en un proyecto en toda su vida útil.

4.3.20. PAYBACK

El plazo de recuperación “es un criterio para evaluar inversiones que se define como el periodo de tiempo requerido para recuperar el capital inicial de una inversión”(Payback – Plazo de Recuperación - Definición, qué es y concepto | Economipedia, s. f., párr. 1). El payback nos determina el tiempo exacto en el que recuperaríamos nuestra inversión inicial.

4.4. MARCO LEGAL

En nuestro país la generación de energía eléctrica está regida principalmente por dos leyes, la ley marco del subsector eléctrico y la ley general de la industria eléctrica.

4.4.1. LEY MARCO DEL SUBSECTOR ELÉCTRICO

Esta ley fue aprobada el día 26 de noviembre del 1994 bajo el decreto número 15894, la ley nace ya que la ENEE tenía veinticinco años de estar en funcionamiento y no había un reglamento establecido para controlar y regular la creciente demanda que se estaba dando en el

país. Con esta ley la ENEE ya podría empezar a regular y controlar lo que es la parte de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica en el país (Ley marco del Subsector Eléctrico, s. f.).

4.4.2. LEY GENERAL DE LA INDUSTRIA ELÉCTRICA

Esta ley fue aprobada el día 20 de Mayo del 2014 bajo el decreto número 404-2013 debido a que a demanda de compra y venta de energía aumento y Honduras pasó a formar parte del Sistema de Interconexión Eléctrica para América Central (SIEPAC), con esta ley se busca hacer más eficiente las distribución y transmisión reduciendo significativamente las perdidas en dichos sectores generando tarifas más competitivas en el ámbito regional. Estas medidas permitirán que la ENEE concentre sus esfuerzos en el desarrollo de los recursos naturales renovables del país, contando con el apoyo del sector privado en las tareas subsidiarias de transmisión, la operación del sistema y la distribución de electricidad (Ley General de la Industria Eléctrica Honduras - Decreto 404-2014.pdf, s. f.).

V. METODOLOGÍA

5.1. POBLACIÓN Y MUESTRA

5.1.1. POBLACIÓN

La población del presente proyecto son las residencias a las cuales se les instalaran los sistemas solares aislados o de conexión a red para reducir sus consumos energéticos.

5.1.2. MUESTRA

Como muestra se escogerá una de las residencias a instalarse un sistema solar fotovoltaico de conexión a red el cual servirá como modelo para la simulación.

5.2. UNIDAD DE ANÁLISIS

Como unidad de análisis se escogió los sistemas solares ya que es en lo que se basa el proyecto, y éstos se deben seleccionar sus componentes de acuerdo a la zona en la que se instalarán. Ya que para instalarlos se debe determinar el tipo de superficie, hacer mediciones de consumo, a lo que estarán expuestos y los costos de transporte.

5.3. UNIDAD DE RESPUESTA

Evaluando los componentes de los dispositivos que conforman los sistemas solares fotovoltaicos se obtiene una mejor eficiencia, ahorro, durabilidad y rentabilidad en cada una de las muestras.

5.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS

Para la realización de este proyecto se han utilizado las siguientes técnicas e instrumentos:

5.4.1. ANÁLISIS DE DATOS

El análisis de documentos nos permite saber si en el mercado energético ha habido una variación en el costo de la energía, por ejemplo si el pliego tarifario para el sector residencial ha aumentado o disminuido el costo. También nos permite saber si en el mercado ya hay en

existencia productos más eficientes o si han variado los valores, por ejemplo si hay paneles solares o inversores más eficientes o si sus valores han aumentado o disminuido.

Para este tipo de proyectos el análisis de documentos es muy importante, porque también los inversores traen guías de instalación, y manuales de alertas, en los cuales detallan todas las fallas posibles que puede presentar el inversor y como solucionarlas.

5.4.2. FOTOGRAFÍAS

Este tipo de técnica permite saber el estado actual de los techos en los que se instalarán los módulos solares, también permite saber si se ocupará realizar una reestructuración de los techos, dependiendo el tipo de techo se elige la estructura a utilizar para el montaje de los paneles solares, también las fotografías permite dejar evidencia de los trabajos realizados.

5.4.3. CENSO DE CARGA

El censo de carga permite saber el consumo mensual que ha tenido el cliente durante el año, este tipo de inventario se puede obtener directamente de la página de la ENEE o si el cliente ha archivado las facturas de sus consumos mensuales, este tipo de censo es importante porque se basará en estos consumos para dimensionar el sistema fotovoltaico.

5.4.4. ANÁLISIS DE INVENTARIO

Este es importante ya que permite ver si la empresa Electric Solar cuenta en existencia la estructura y materiales que se utilizarán en la instalación de los sistemas solares fotovoltaicos en la residencia, Por ejemplo si se cuenta con los end clamp, mid clamp, rieles, cable solar, paneles solares e inversores para realizar la instalación.

5.5. CRONOLOGÍA DE TRABAJO

Tabla 1: Cronograma de Actividades

| ACTIVIDAD | SEM ANA 1 | SEMA NA 2 | SEMA NA 3 | SEMA NA 4 | SEMA NA 5 | SEMA NA 6 | SEMA NA 7 | SEMA NA 8 | SEMA NA 9 | SEMA NA 10 |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| Cálculo de radiación solar | ■ | | | | | | | | | |
| Cálculo de energía y potencia | ■ | | | | | | | | | |
| Cálculo de horas sol | | ■ | | | | | | | | |
| Investigación sobre inversores monofásicos | | ■ | | | | | | | | |
| Investigación sobre baterías de ciclo profundo | | | ■ | | | | | | | |
| Lectura de baterías | | | | ■ | | | | | | |
| Dimensionamiento de sistema solar fotovoltaico | | | | ■ | | | | | | |
| Cálculo de número de baterías | | | | | ■ | | | | | |
| Dimensionamiento de banco de baterías. | | | | | ■ | | | | | |
| Cálculo de materiales por kWp instalado | | | | | | ■ | ■ | | | |
| Flujo financiero | | | | | | | ■ | ■ | | |
| Finalización del informe | | | | | | | | | ■ | ■ |

Fuente: Elaboración Propia

5.6. FUENTES DE INFORMACIÓN

La fuente de información para desarrollar proyectos es la proporcionada directamente por las empresas que proveen los equipos, basamos en los manuales que estos traen y por los Data Sheet que se encuentran en línea, al haber un caso que no se pueda solucionar mediante estas fuentes, será necesario contactarse directamente con la empresa que los fabrica. Siendo así, se puede dividir las fuentes de información en dos grupos: primarias y secundarias.

5.6.1. FUENTES PRIMARIAS

Se pueden determinar cómo fuentes primarias la información dada por el dueño de la residencia, esta puede ser históricos de consumo, facturas o cualquier otra información que él pueda brindar que sea determinante para la realización del proyecto, también en este grupo entran las visitas de campo.

5.6.2. FUENTES SECUNDARIAS

Se pueden determinar cómo fuentes secundarias la información obtenida de páginas web o artículos, los cuales son determinantes en la realización del proyecto, también se puede incluir información de la base de datos de Electric Solar, en este caso fue muy valiosa para desarrollar este proyecto.

5.7. LIMITANTES DEL PROYECTO

La mayor limitante del proyecto fue la implementación de inversores monofásicos, ya que la empresa solo cuenta con inversores trifásicos, se tuvo que realizar estudios previos para ver la funcionalidad de estos y el rendimiento que estos poseen de acuerdo a la carga a instalar, también se tuvo que analizar si estos inversores se pueden instalar con sistemas híbridos para así obtener una ligera ventaja para analizar si comercializar este tipo de instalaciones.

VI. ANÁLISIS Y RESULTADO

6.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto consiste en la realización de una calculadora solar para el dimensionamiento de sistemas solares fotovoltaicos residenciales aislados o de conexión a red, cálculo de materiales por kWp instalado y el modelo económico. La calculadora solar trabaja con varias fórmulas las cuales se detallarán en Anexos. Los datos que se aparecen a continuación son para demostrar cómo se va realizando la calculadora solar y al mismo tiempo como se va dimensionando el proyecto solar fotovoltaico.

Para la realización del modelo económico nos basamos en varias premisas básicas como ser la potencia instalada, inversión inicial, el precio de venta de la energía, la tasa de descuento y el costo de operación y mantenimiento, con estos datos ya podemos realizar el flujo de caja. Es importante mencionar que en el modelo económico no se tomó en cuenta la amortización y depreciación de los equipos.

Para determinar la rentabilidad del proyecto se analizan tres parámetros basados en el flujo de caja; la TIR, el VPN y el PayBack. Evaluando estos tres parámetros nos dirá si es rentable para la empresa o no desarrollar este tipo de proyectos.

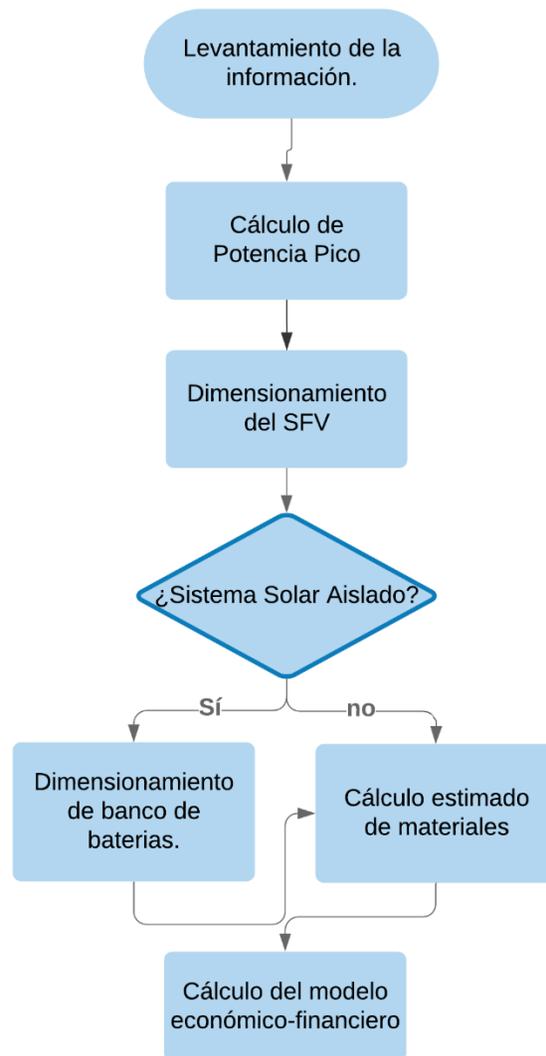


Ilustración 8: Diagrama Esquemático del Dimensionamiento de un Sistema Solar Fotovoltaico Aislado o de Conexión a Red

Fuente: Elaboración Propia.

6.2. ETAPAS PARA EL DESARROLLO DE UNA CALCULADORA SOLAR.

6.2.1. ETAPA I: LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

- 1.1 Determinar la inclinación del techo.
- 1.2 Obtener mediante GPS las coordenadas del sitio.
- 1.3 Evaluar la energía consumida por el usuario, esta evaluación se puede realizar mediante el uso de un analizador de red o mediante las facturas energéticas de 6 meses o 1 año de ser posible.
- 1.4 Calcular el nivel de irradiación solar disponible en la ubicación del usuario.
- 1.5 Análisis de sombras.
- 1.6 Medición del área disponible a instalar en m^2 .
- 1.7 Evaluación del sistema eléctrico.

6.2.2. ETAPA II: CALCULO DE LA POTENCIA PICO

- 2.1 Calcular la energía diaria consumida [kWh/Día].
- 2.2 Calcular el factor de energía.
- 2.3 Calcular y evaluar el rendimiento de la instalación.
- 2.4 Determinar la energía necesaria [kWh].
- 2.5 Calcular la declinación solar.
- 2.6 Calcular el ángulo de salida del sol [Ws].
- 2.7 Calcular el ángulo de salida del sol sobre un plano inclinado [Wss].
- 2.8 Determinar el factor de excentricidad.
- 2.9 Determinar el nivel de radiación sobre el plano horizontal [Wh/m^2].
- 2.10 Calcular el índice de claridad.
- 2.11 Obtener la fracción difusa de la radiación.
- 2.12 Calcular la radiación difusa [kWh/m^2].
- 2.13 Calcular la radiación que llega al plano inclinado [kWh/m^2].
- 2.14 Obtener el factor de corrección.
- 2.15 Calcular la radiación directa sobre el plano inclinado [kWh/m^2].

- 2.16 Calcular la radiación difusa sobre el plano inclinado [kWh/m²].
- 2.17 Calcular la radiación albedo sobre el plano inclinado [kWh/m²].
- 2.18 Calcular la radiación total sobre el plano inclinado [kWh/m²].
- 2.19 Obtener las horas pico solares [h].
- 2.20 Obtener la potencia pico del sistema [kWp].

6.2.3. ETAPA III: DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO

- 3.1 Determinar el número de módulos solares a instalar para suplir la potencia pico de la residencia.
- 3.2 Calcular el número de módulos solares que se pueden instalar en el área disponible.
- 3.3 Seleccionar el inversor a instalar.
- 3.4 Diseñar las dimensiones del sistema solar fotovoltaico, entre ellas; número de strings, número de MPPT, número de módulos en serie y en paralelo.

6.2.4. ETAPA IV: DIMENSIONAMIENTO DEL BANCO DE BATERÍAS

- 4.1 Determinar la energía necesaria que debe suplir el banco de baterías [kWh].
- 4.2 Establecer los días de autonomía del sistema.
- 4.3 Determinar el voltaje del banco de baterías mediante la potencia pico del sistema [V].
- 4.4 Establecer la profundidad de descarga de la batería.
- 4.5 Calcular la capacidad 1 [Wh].
- 4.6 Calcular la capacidad 2 [Ah].
- 4.7 Calcular la capacidad 3 [Ah].
- 4.8 Calcular la cantidad de baterías a conectar en serie.
- 4.9 Determinar el número de conexiones en paralelo.
- 4.10 Calcular el total de baterías a utilizar en el banco.

6.2.5. ETAPA V: CALCULO ESTIMADO DE MATERIALES

- 5.1 Calculo de estructura, como ser: Rieles, End Clamp y Mid Clamp.
- 5.2 Calculo de materiales para bajante AC.
- 5.3 Calculo de materiales para bajante DC.

6.2.6. ETAPA VI: CALCULO DE MODELO ECONÓMICO

6.1 Determinar las premisas básicas como ser: Potencia instalada [kWp], Inversión inicial [\$], precio de venta [kW-\$], Precio de la Energía [\$], tasa de descuento y costo de operación y mantenimiento.

6.2 Calculo de TIR, VPN y PayBack.

6.3. VALIDACIÓN DE LA CALCULADORA SOLAR

En la tabla 2, observamos el resumen de lo realizado en la Etapa I y II de los pasos para el dimensionamiento del sistema solar fotovoltaico.

Tabla 2: Calculo de Potencia Pico

| | | |
|-----------------------|----------|----------------|
| INCLINACION DEL TECHO | 20 | grados |
| COORDENADAS | | |
| LATITUD | 15.0262 | |
| LONGITUD | -87.9948 | |
| AREA | | |
| AREA TECHO | 20 | m ² |
| SISTEMA AISLADO | SI | |

| | | |
|------------------------------|-----|--------|
| POTENCIA PANELES SOLARES | 330 | W |
| TOTAL NUMERO PANELES SOLARES | 6 | UNIDAD |

| MES | ENERGIA CONSUMIDA [kWh] | RADIACION MENSUAL [kW/m ²] | RADIACION MENSUAL [W/m ²] | NUMERO DE DIAS DEL MES | ENERGIA DIARIA [kWh/DIA] | FACTOR DE ENERGIA | RENDIMIENTO | ENERGIA NECESARIA [kWh] | DECLINACION SOLAR | ANGULO DE SALIDA DEL SOL | PLANO INCLINADO | FACTOR DE EXCENTRICIDAD | RADIACION SOBRE EL PLANO HORIZONTAL [Wh/m ²] | INDICE DE CLARIDAD | FRACCION DIFUSA DE LA RADIACION | RADIACION DIFUSA [kWh/m ²] | RADIACION PLANO INCLINADO [kWh/m ²] | FACTOR DE CORRECCION | RADIACION DIRECTA SOBRE EL PLANO INCLINADO | RADIACION DIFUSA SOBRE EL PLANO INCLINADO | RADIACION ALBEDO SOBRE EL PLANO INCLINADO | RADIACION TOTAL SOBRE EL PLANO INCLINADO | HORAS PICO SOLARES | POTENCIA PICO [kWp] | |
|------------|-------------------------|--|---------------------------------------|------------------------|--------------------------|-------------------|-------------|-------------------------|-------------------|--------------------------|-----------------|-------------------------|--|--------------------|---------------------------------|--|---|----------------------|--|---|---|--|--------------------|---------------------|--|
| ENERO | 406 | 122.8 | 122800 | 31 | 13.09677419 | 9.37635468 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FEBRERO | 380 | 136.4 | 136400 | 28 | 13.57142857 | 10.05052632 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MARZO | 423 | 176.1 | 176100 | 31 | 13.64516129 | 12.90567376 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ABRIL | 351 | 183.6 | 183600 | 30 | 11.7 | 15.69230769 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MAYO | 310 | 180.1 | 180100 | 31 | 10 | 18.01 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| JUNIO | 480 | 172.2 | 172200 | 30 | 16 | 10.7625 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| JULIO | 400 | 173.9 | 173900 | 31 | 12.90322581 | 13.47725 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| AGOSTO | 391 | 177.3 | 177300 | 31 | 12.61290323 | 14.05703325 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SEPTIEMBRE | 394 | 163.5 | 163500 | 30 | 13.13333333 | 12.44923858 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| OCTUBRE | 405 | 138.3 | 138300 | 31 | 13.06451613 | 10.58592593 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| NOVIEMBRE | 410 | 115.2 | 115200 | 30 | 13.66666667 | 8.429268293 | 0.6175 | 22.1322537 | -19.14781731 | 1.56916957 | 1.56916957 | 1.327128841 | 313.987198 | 0.026845898 | 0.96966414 | 8.17355915 | 0.255709143 | 13.23117571 | 3.3833326 | 7.927096184 | 0.050834708 | 11.36126349 | 11.36126349 | 1.9480451 | |
| DICIEMBRE | 370 | 111.6 | 111600 | 31 | 11.93548387 | 9.35027027 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 3, podemos observar lo establecido en los puntos 3.1 y 3.2 de la Etapa III del dimensionamiento del sistema solar fotovoltaico. La calculadora solar automáticamente nos detecta si el área de los paneles es mayor al área en la que se instalará el sistema solar fotovoltaico.

Tabla 3: Cuadro Comparativo Dimensionamiento de Área Disponible Para Instalación De Módulos Solares Fotovoltaicos

| DIMENSIONES PANEL SOLAR | | | DIMENSIONES PANEL SOLAR | | |
|-------------------------|---------|----------------|-------------------------|---------|----------------|
| LARGO | 1.96 | m | LARGO | 1.96 | m |
| ANCHO | 0.992 | m | ANCHO | 0.992 | m |
| GROSOR | 0.04 | m | GROSOR | 0.04 | m |
| TOTAL ÁREA PANEL | 1.94432 | m ² | TOTAL ÁREA PANEL | 1.94432 | m ² |

| CONTROL DE ÁREA A INSTALAR | | | CONTROL DE ÁREA A INSTALAR | | |
|--|---------------|----------------|--|---------------|----------------|
| NÚMERO DE PANELES A INSTALAR | 6 | UNIDAD | NÚMERO DE PANELES A INSTALAR | 6 | UNIDAD |
| TOTAL ÁREA PANELES | 14.5824 | m ² | TOTAL ÁREA PANELES | 14.5824 | m ² |
| ÁREA DISPONIBLE EN TECHO | 20 | m ² | ÁREA DISPONIBLE EN TECHO | 10 | m ² |
| ALERTA DE ÁREA | ÁREA ACEPTADA | | ALERTA DE ÁREA | ÁREA DENEGADA | |
| CANTIDAD DE PANELES PARA ÁREA DISPONIBLE | 0 | UNIDAD | CANTIDAD DE PANELES PARA ÁREA DISPONIBLE | 4 | UNIDAD |

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 5 nos muestra los puntos 3.3 y 3.4 de la Etapa III, en la cual podemos observar como la calculadora solar dimensiona todos los parámetros del inversor.

Tabla 4: Dimensionamiento Inversor

| CAPACIDAD PANEL SOLAR [W] | NUMERO DE MÓDULOS | CAPACIDAD NOMINAL DC [W] | CAPACIDAD NOMINAL AC [W] | FACTOR DE DEGRADACIÓN |
|---------------------------|-------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------|
| 330 | 6 | 1980 | 1584 | 0.827 |

| Panel Canadian Solar CS6U-315/320/325/330P | | | |
|--|----------|---------------|---------------|
| Vmin [V] | Vmax [V] | Vmin Real [V] | Vmax real [V] |
| 31.25172 | 47.57904 | 25.84517244 | 47.57904 |

| HUAWEI SUN2000-1.5KTL | |
|-----------------------|-----|
| Vmin Inversor [VDC] | 90 |
| Vmax Inversor [VDC] | 600 |
| I Max [ADC] | 11 |
| Max Módulos String | 12 |
| Min Módulos String | 3 |
| Max Módulos Serie | 12 |
| Min Módulos Serie | 4 |
| MPPT | 2 |
| MPPT a Utilizar | 1 |
| Módulos MPPT1 | 6 |
| Módulos MPPT2 | 0 |

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 6, podemos observar el dimensionamiento del banco de baterías el cual es descrito en la Tabla IV, la calculadora dimensionara el banco de baterías solo si se determina que el sistema solar fotovoltaico es aislado.

Tabla 5: Dimensionamiento Banco de Baterías

| BATERÍA PROPUESTA | Trojan SAGM 06 220 | |
|--------------------------|---------------------------|----|
| Voltaje | 6 | V |
| Capacidad 100Hr | 235 | Ah |

| | | |
|--------------------------------|-------------|------|
| ENERGÍA NECESARIA | 22.13225371 | kWh |
| DÍAS DE AUTONOMÍA | 5 | DÍAS |
| VOLTAJE DEL SISTEMA | 24 | V |
| PROFUNDIDAD DE DESCARGA | 0.5 | |

| CAPACIDAD 1 | CAPACIDAD 2 | CAPACIDAD BANCO BATERÍA [Ah] |
|--------------------|--------------------|-------------------------------------|
| 110661.2686 | 4610.88619 | 9221.772 |

| DIMENSIONAMIENTO BANCO BATERÍAS | | |
|--|--------------------------|-----------------------|
| Conexión en Paralelo | Baterías en serie | TOTAL BATERÍAS |
| 4 | 40 | 40 |

Fuente: Elaboración Propia

En las Tablas 7 y 8, podemos observar la validación de los pasos establecidos en la etapa V, cabe mencionar que los datos de estructura son datos estimados.

Tabla 6: Cálculo de Estructura

| | | |
|--|------|--------|
| POTENCIA A INSTALAR | 1980 | W |
| POTENCIA MÓDULO SOLAR | 330 | W |
| NUMERO DE PANELES | 6 | UNIDAD |
| ESTRUCTURA PARA MONTAJE DE PANELES SOLARES | | |
| End Clamp | 8 | UNIDAD |
| Mid Clamp | 8 | UNIDAD |
| Riel | 16 | UNIDAD |
| Remache 3/16 X 1" | 64 | UNIDAD |
| Neopreno | 32 | UNIDAD |
| Fusibles y porta fusible 20A | 2 | UNIDAD |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 7: Cálculo de Materiales para la Instalación Solar Fotovoltaica

| SISTEMA DE CABLEADO | | |
|--|-------|--------|
| CANTIDAD | 6 | m |
| BAJANTE DC | | |
| Cable Solar Rojo 6mm | 10 | Ft |
| Cable Solar Negro 6mm | 10 | Ft |
| Conductor Verde AWG THHN COBRE #10 | 19.68 | Ft |
| Tubería BX Con Forro 3/4" | 19.68 | Ft |
| Conector Recto Para BX Con Forro De 3/4" | 2 | UNIDAD |
| Caja Cantex 4x4x2" | 1 | UNIDAD |
| Conector PG 3/4" | 5 | UNIDAD |
| Gabinete Metálico Para Intemperie De 300x300x200 | 1 | UNIDAD |
| Riel Din | 1 | UNIDAD |
| Conectores De BX Con Forro De 3/4" | 2 | UNIDAD |
| Abrazaderas De 3/4" | 6 | UNIDAD |
| Tacos S8 Con Tornillo | 6 | UNIDAD |
| Tacos M8 | 8 | UNIDAD |
| Broca Para Concreto 1/2" | 1 | UNIDAD |
| Tornillo Punta Broca De 1 1/2" | 25 | UNIDAD |
| Bajante Ac | | |
| Breaker Doble De 20A Para Riel Din | 1 | UNIDAD |
| Grapa Para Varilla Polo Tierra De 1/2" | 1 | UNIDAD |
| Varilla Polo Tierra 1/2" | 1 | UNIDAD |
| Cable TSJ 3x10 | 15 | Ft |
| Broca 3/16 " PARA METAL | 3 | UNIDAD |
| Brocha De 2 " | 1 | UNIDAD |
| Tubo SIKAFLEX | 1 | UNIDAD |
| Tornillos Frijolitos Punta Broca | 25 | UNIDAD |

Fuente: Elaboración Propia

En las tablas 8, 9, 10, validaremos los puntos de la Etapa VI, realizando el flujo de caja para el sistema de conexión a red, y para los sistemas aislados, en el caso de los sistemas aislados su valor depende del número de días de autonomía, por lo tanto se realizó el flujo financiero para días de autonomía y de 1 día de autonomía.

Tabla 8: Flujo de Caja para Sistema Solar Fotovoltaico de Conexión a Red

| Premisas Basicas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|-------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Potencia Instalada [kWp] | 1.980 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Inversion Inicial Final | \$ 2,970.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Precio de venta [kW-\$] | \$ 1,500.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Precio de Energia | 0.195 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tasa de descuento | 10% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Costos de O&M (Año 1-20) [18\$/kWp] | 8.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| INGRESOS | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | |
|-------------------------------|----------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Energia Facturada | kWh | 2772 | 2752.596 | 2738.83302 | 2725.13885 | 2711.51316 | 2697.95559 | 2684.46582 | 2671.04349 | 2657.68827 | 2644.39983 | 2631.17783 | 2618.02194 | 2604.93183 | 2591.90717 | 2578.94764 | 2566.0529 | 2553.22263 | 2540.45652 | 2527.75424 | 2515.11547 | 2502.53989 | 2490.02719 | 2477.57705 | 2465.18917 | 2452.86322 | |
| Precio | US\$/kWh | 0.19500 | 0.20475 | 0.21499 | 0.22574 | 0.23702 | 0.24887 | 0.26132 | 0.27438 | 0.28810 | 0.30251 | 0.31763 | 0.33352 | 0.35019 | 0.36770 | 0.38609 | 0.40539 | 0.42566 | 0.44694 | 0.46929 | 0.49276 | 0.51739 | 0.54326 | 0.57043 | 0.59895 | 0.62889 | |
| Otros Ingresos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Total Ingresos | \$ | 540.54 | 563.59 | 588.81 | 615.16 | 642.69 | 671.45 | 701.50 | 732.89 | 765.69 | 799.95 | 835.75 | 873.15 | 912.23 | 953.05 | 995.70 | 1,040.25 | 1,086.81 | 1,135.44 | 1,186.25 | 1,239.34 | 1,294.80 | 1,352.74 | 1,413.27 | 1,476.52 | 1,542.59 | |
| Egresos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Costos O&M (7%) | \$ | 15.84 | 16.63 | 17.46 | 18.34 | 19.25 | 20.22 | 21.23 | 22.29 | 23.40 | 24.57 | 25.80 | 27.09 | 28.45 | 29.87 | 31.36 | 32.93 | 34.58 | 36.31 | 38.12 | 40.03 | 42.03 | 44.13 | 46.34 | 48.65 | 51.09 | |
| Total Egresos | \$ | 15.84 | 16.63 | 17.46 | 18.34 | 19.25 | 20.22 | 21.23 | 22.29 | 23.40 | 24.57 | 25.80 | 27.09 | 28.45 | 29.87 | 31.36 | 32.93 | 34.58 | 36.31 | 38.12 | 40.03 | 42.03 | 44.13 | 46.34 | 48.65 | 51.09 | |
| Utilidad Neta | \$ | 524.70 | 546.96 | 571.35 | 596.83 | 623.44 | 651.24 | 680.27 | 710.60 | 742.29 | 775.38 | 809.95 | 846.06 | 883.78 | 923.18 | 964.34 | 1,007.32 | 1,052.23 | 1,099.14 | 1,148.13 | 1,199.31 | 1,252.77 | 1,308.61 | 1,366.94 | 1,427.87 | 1,491.51 | |
| Flujo de caja Neto Accionista | \$ | -2,970.00 | 524.70 | 546.96 | 571.35 | 596.83 | 623.44 | 651.24 | 680.27 | 710.60 | 742.29 | 775.38 | 809.95 | 846.06 | 883.78 | 923.18 | 964.34 | 1,007.32 | 1,052.23 | 1,099.14 | 1,148.13 | 1,199.31 | 1,252.77 | 1,308.61 | 1,366.94 | 1,427.87 | 1,491.51 |
| Flujo de caja acumulado | \$ | -2,970.00 | \$-2,445.30 | \$-1,898.34 | \$-1,326.99 | \$-730.16 | \$-106.72 | \$544.52 | \$1,224.79 | \$1,935.40 | \$2,677.68 | \$3,453.06 | \$4,263.02 | \$5,109.08 | \$5,992.86 | \$6,916.04 | \$7,880.37 | \$8,887.70 | \$9,939.93 | \$11,039.06 | \$12,187.19 | \$13,386.50 | \$14,639.27 | \$15,947.88 | \$17,314.82 | \$18,742.68 | \$20,234.19 |
| | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.16387248 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | | 52.47 € | 54.70 € | 57.14 € | 59.68 € | 62.34 € | 65.12 € | 68.03 € | \$ 71.06 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 78.71 € | 82.04 € | 85.70 € | 89.52 € | 93.52 € | 97.69 € | 102.04 € | 106.59 € | 111.34 € | 116.31 € | 121.49 € | 126.91 € | 132.57 € | 138.48 € | 144.65 € | 151.10 € | 157.83 € | 164.87 € | 172.22 € | 179.90 € | 187.92 € | 196.29 € | 205.04 € | 214.18 € | 223.73 € | |
| Flujo de Caja del Proyecto | \$ | -2,970.00 | 15.84 | 16.63 | 17.46 | 18.34 | 19.25 | 20.22 | 21.23 | 22.29 | 23.40 | 24.57 | 25.80 | 27.09 | 28.45 | 29.87 | 31.36 | 32.93 | 34.58 | 36.31 | 38.12 | 40.03 | 42.03 | 44.13 | 46.34 | 48.65 | 51.09 |
| Flujo de Caja Acumulado | | | \$-2,954.16 | \$-2,937.53 | \$-2,920.06 | \$-2,901.73 | \$-2,882.47 | \$-2,862.26 | \$-2,841.03 | \$-2,818.74 | \$-2,795.34 | \$-2,770.77 | \$-2,744.96 | \$-2,717.87 | \$-2,689.43 | \$-2,659.56 | \$-2,628.20 | \$-2,595.27 | \$-2,560.69 | \$-2,524.38 | \$-2,486.26 | \$-2,446.24 | \$-2,404.21 | \$-2,360.08 | \$-2,313.74 | \$-2,265.09 | \$-2,214.00 |
| | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |

| Accionista | TIR | VPN | Pay Back |
|------------|-----|-------------|----------|
| 10 Años | 16% | \$ 844.99 | |
| 20 Años | 21% | \$ 3,119.50 | 5.164 |
| 30 Años | 22% | \$ 3,884.82 | |

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 9: Flujo de Caja Para un Sistema Solar Aislado con 5 Días de Autonomía

| Premisas Basicas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|---------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|----------|
| Potencia Instalada (kWp) | 1.980 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Inversion Inicial Final | \$ 18.414.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Precio de venta [kW-S] | \$ 9.300.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Precio de Energia | 0.185 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tasa de descuento | 10% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Costos de O&M (Año 1-20) [\$/kWp] | 8.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| INGRESOS | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | | |
| Energia Facturada | kWh | 2772 | 2752.596 | 2738.83302 | 2725.138855 | 2711.513161 | 2697.955595 | 2684.465817 | 2671.043488 | 2657.68827 | 2644.399829 | 2631.17783 | 2618.021941 | 2604.931831 | 2591.907172 | 2578.947636 | 2566.052898 | 2553.222633 | 2540.45652 | 2527.754238 | 2515.115466 | 2502.539889 | 2490.02719 | 2477.577054 | 2465.189168 | 2452.863223 | |
| Precio | US\$/kWh | 0.19500 | 0.20475 | 0.21499 | 0.22574 | 0.23702 | 0.24887 | 0.26132 | 0.27438 | 0.28810 | 0.30251 | 0.31763 | 0.33352 | 0.35019 | 0.36770 | 0.38609 | 0.40539 | 0.42566 | 0.44694 | 0.46929 | 0.49276 | 0.51739 | 0.54326 | 0.57043 | 0.59895 | 0.62889 | |
| Otros Ingresos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Total Ingresos | \$ | 540.54 | 563.59 | 588.81 | 615.16 | 642.69 | 671.45 | 701.50 | 732.89 | 765.69 | 799.95 | 835.75 | 873.15 | 912.23 | 953.05 | 995.70 | 1,040.25 | 1,086.81 | 1,135.44 | 1,186.25 | 1,239.34 | 1,294.80 | 1,352.74 | 1,413.27 | 1,476.52 | 1,542.59 | |
| Egresos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Costos O&M (7%) | \$ | 15.84 | 16.63 | 17.46 | 18.34 | 19.25 | 20.22 | 21.23 | 22.29 | 23.40 | 24.57 | 25.80 | 27.09 | 28.45 | 29.87 | 31.36 | 32.93 | 34.58 | 36.31 | 38.12 | 40.03 | 42.03 | 44.13 | 46.34 | 48.65 | 51.09 | |
| Total Egresos | \$ | 15.84 | 16.63 | 17.46 | 18.34 | 19.25 | 20.22 | 21.23 | 22.29 | 23.40 | 24.57 | 25.80 | 27.09 | 28.45 | 29.87 | 31.36 | 32.93 | 34.58 | 36.31 | 38.12 | 40.03 | 42.03 | 44.13 | 46.34 | 48.65 | 51.09 | |
| Utilidad Neta | \$ | 524.70 | 546.96 | 571.35 | 596.83 | 623.44 | 651.24 | 680.27 | 710.60 | 742.29 | 775.38 | 809.95 | 846.06 | 883.78 | 923.18 | 964.34 | 1,007.32 | 1,052.23 | 1,099.14 | 1,148.13 | 1,199.31 | 1,252.77 | 1,308.61 | 1,366.94 | 1,427.87 | 1,491.51 | |
| Flujo de caja Neto Accionista | \$ -18,414.00 | 524.70 | 546.96 | 571.35 | 596.83 | 623.44 | 651.24 | 680.27 | 710.60 | 742.29 | 775.38 | 809.95 | 846.06 | 883.78 | 923.18 | 964.34 | 1,007.32 | 1,052.23 | 1,099.14 | 1,148.13 | 1,199.31 | 1,252.77 | 1,308.61 | 1,366.94 | 1,427.87 | 1,491.51 | |
| Flujo de caja acumulado | \$ | -18,414.00 | -17,889.30 | -17,342.34 | -16,770.59 | -16,174.16 | -15,550.72 | -14,899.48 | -14,219.21 | -13,508.60 | -12,766.32 | -11,990.94 | -11,180.98 | -10,334.92 | -9,451.14 | -8,527.96 | -7,563.63 | -6,556.30 | -5,504.07 | -4,404.94 | -3,256.81 | -2,057.50 | -804.73 | 503.88 | 1,870.82 | 3,298.68 | 4,790.19 |
| | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| | | 52.47 € | 54.70 € | 57.14 € | 59.68 € | 62.34 € | 65.12 € | 68.03 € | 71.06 | | | | | | | | | | | | | 0.614951008 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | | 78.71 € | 82.04 € | 85.70 € | 89.52 € | 93.52 € | 97.69 € | 102.04 € | 106.59 € | 111.34 € | 116.31 € | 121.49 € | 126.91 € | 132.57 € | 138.48 € | 144.65 € | 151.10 € | 157.83 € | 164.87 € | 172.22 € | 179.90 € | 187.92 € | 196.29 € | 205.04 € | 214.18 € | 223.73 € | |
| Flujo de Caja del Proyecto | \$ -18,414.00 | 15.84 | 16.63 | 17.46 | 18.34 | 19.25 | 20.22 | 21.23 | 22.29 | 23.40 | 24.57 | 25.80 | 27.09 | 28.45 | 29.87 | 31.36 | 32.93 | 34.58 | 36.31 | 38.12 | 40.03 | 42.03 | 44.13 | 46.34 | 48.65 | 51.09 | |
| Flujo de Caja Acumulado | \$ | -18,398.16 | -18,381.53 | -18,364.06 | -18,345.73 | -18,326.47 | -18,306.26 | -18,285.03 | -18,262.74 | -18,239.34 | -18,214.77 | -18,188.96 | -18,161.87 | -18,133.43 | -18,103.56 | -18,072.20 | -18,039.27 | -18,004.69 | -17,968.38 | -17,930.26 | -17,890.24 | -17,848.21 | -17,804.08 | -17,757.74 | -17,709.09 | -17,658.00 | |
| | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |

| Accionista | TIR | VPN | Pay Back |
|------------|------|---------------|----------|
| 10 Años | -15% | \$ -14,599.01 | |
| 20 Años | -1% | \$ -12,324.50 | 21.615 |
| 30 Años | 2% | \$ -11,559.18 | |

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 10: Flujo de Caja para Sistema Solar Fotovoltaico Aislado de 1 Día de Autonomía

| Premisas Basicas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Potencia Instalada (KWp) | 1.980 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Inversion Inicial- Final | \$ 5.385.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Precio de venta (Wp-\$) | \$ 2.720.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Precio de Energia | 0.195 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tasa de descuento | 10% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Costos de O&M (Año 1-20) (\$/Año) | 8.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| INGRESOS | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | |
|-------------------------------|----------|-----------|-----------|-----------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|
| Energía Facturada | KWh | 2772 | 2752.596 | 2738.8392 | 2725.13895 | 2711.513165 | 2697.955995 | 2684.465817 | 2671.044888 | 2657.68807 | 2644.39829 | 2631.17783 | 2618.02641 | 2604.94511 | 2591.92372 | 2578.94236 | 2566.00208 | 2553.22293 | 2540.6052 | 2527.25438 | 2515.15466 | 2502.21989 | 2490.42719 | 2477.57954 | 2465.18918 | 2452.86223 | |
| Precio | US\$/Kwh | 0.19500 | 0.20475 | 0.21469 | 0.22574 | 0.23702 | 0.24857 | 0.26132 | 0.27438 | 0.28800 | 0.30251 | 0.31763 | 0.33352 | 0.35029 | 0.36770 | 0.38609 | 0.40559 | 0.42666 | 0.44864 | 0.46929 | 0.49076 | 0.51379 | 0.54026 | 0.57043 | 0.59995 | 0.62889 | |
| Otros Ingresos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Total Ingresos | \$ | 540.54 | 563.59 | 588.81 | 615.56 | 642.69 | 671.45 | 701.50 | 732.89 | 765.69 | 799.95 | 835.75 | 873.15 | 912.23 | 953.05 | 995.70 | 1,040.25 | 1,086.81 | 1,135.44 | 1,186.25 | 1,239.34 | 1,294.80 | 1,352.74 | 1,413.27 | 1,476.52 | 1,542.59 | |
| Egresos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Costos O&M (1%) | \$ | 15.84 | 16.63 | 17.46 | 18.34 | 19.25 | 20.22 | 21.23 | 22.29 | 23.40 | 24.57 | 25.80 | 27.09 | 28.45 | 29.87 | 31.36 | 32.93 | 34.58 | 36.31 | 38.12 | 40.01 | 42.03 | 44.13 | 46.34 | 48.65 | 51.09 | |
| Total Egresos | \$ | 15.84 | 16.63 | 17.46 | 18.34 | 19.25 | 20.22 | 21.23 | 22.29 | 23.40 | 24.57 | 25.80 | 27.09 | 28.45 | 29.87 | 31.36 | 32.93 | 34.58 | 36.31 | 38.12 | 40.01 | 42.03 | 44.13 | 46.34 | 48.65 | 51.09 | |
| Utilidad Neta | \$ | 524.70 | 546.96 | 571.35 | 596.85 | 623.44 | 651.24 | 680.27 | 710.60 | 742.29 | 775.38 | 809.95 | 846.06 | 883.78 | 923.18 | 964.34 | 1,007.32 | 1,052.23 | 1,099.14 | 1,148.13 | 1,199.31 | 1,252.77 | 1,308.61 | 1,366.94 | 1,427.87 | 1,491.51 | |
| Flujo de caja Neto Accionista | \$ | -5,385.60 | 524.70 | 546.96 | 571.35 | 596.85 | 623.44 | 651.24 | 680.27 | 710.60 | 742.29 | 775.38 | 809.95 | 846.06 | 883.78 | 923.18 | 964.34 | 1,007.32 | 1,052.23 | 1,099.14 | 1,148.13 | 1,199.31 | 1,252.77 | 1,308.61 | 1,366.94 | 1,427.87 | 1,491.51 |
| Flujo de caja acumulado | \$ | -5,385.60 | -4,860.90 | -4,313.94 | -3,742.59 | -3,145.70 | -2,522.32 | -1,871.08 | -1,198.81 | -480.20 | 262.09 | 1,037.86 | 1,847.81 | 2,693.48 | 3,577.26 | 4,500.44 | 5,464.77 | 6,472.10 | 7,524.33 | 8,623.48 | 9,771.59 | 10,970.90 | 12,223.67 | 13,532.28 | 14,899.22 | 16,327.08 | 17,818.59 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Flujo de Caja del Proyecto | \$ | -5,385.60 | 15.84 | 16.63 | 17.46 | 18.34 | 19.25 | 20.22 | 21.23 | 22.29 | 23.40 | 24.57 | 25.80 | 27.09 | 28.45 | 29.87 | 31.36 | 32.93 | 34.58 | 36.31 | 38.12 | 40.01 | 42.03 | 44.13 | 46.34 | 48.65 | |
| Flujo de Caja Acumulado | \$ | -5,369.76 | -5,353.13 | -5,335.66 | -5,317.33 | -5,298.07 | -5,277.86 | -5,256.63 | -5,234.34 | -5,210.94 | -5,186.37 | -5,160.56 | -5,133.47 | -5,105.03 | -5,075.16 | -5,043.88 | -5,010.27 | -4,975.34 | -4,939.08 | -4,891.50 | -4,842.61 | -4,792.41 | -4,741.01 | -4,688.41 | -4,634.61 | -4,579.61 | |

| Accionista | TIR | VPN | Pay Back |
|------------|-----|--------------|----------|
| 10 Años | 3% | \$ -1,570.61 | |
| 20 Años | 12% | \$ 703.90 | 8.607 |
| 30 Años | 13% | \$ 1,469.22 | |

Fuente: Elaboración Propia.

6.3.1. COMPARACIÓN TIR, VPN Y PAYBACK SEGÚN EL DÍA DE AUTONOMÍA

En la tabla 49 podemos analizar como varia la TIR, VPN y el PayBack de acuerdo a los días de autonomía para un proyecto solar fotovoltaico aislado de 1.98 kWp, al analizar la tabla podemos decir que los más factibles es de un día de autonomía y el de dos días de autonomía debido a que presentan un retorno de inversión considerable.

Tabla 11: Cuadro Comparativo

| Días de Autonomía | TIR [20 años] | VPN [20 años] | PayBack |
|--------------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| 1 | 12% | \$ 703.90 | 8.647 |
| 2 | 6% | \$ -2,523.50 | 12.604 |
| 3 | 3% | \$ -5,750.90 | 15.983 |
| 4 | 1% | \$ -8,978.30 | 18.922 |
| 5 | -1% | \$ -12,324.50 | 21.615 |

Fuente: Elaboración Propia

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES

7.1.1. CONCLUSIÓN GENERAL

Después de analizar el proyecto y ejecutar la calculadora solar, confirmamos el buen funcionamiento de esta, ya que la simulación realizada de un proyecto solar fotovoltaico de conexión a red y aislado han sido dimensionados con éxito, cumpliendo así con el objetivo principal propuesto.

7.1.2. CONCLUSIONES ESPECÍFICAS

- Se realizó con éxito el diseño básico de la instalación solar, llegando a concluir que para el consumo energético simulado se necesitaran seis paneles solares de una potencia de 330W obteniendo así 1.98 kWp instalados, con un inversor de 1.5 kW, esto en el sistema de conexión a red, Para el sistema aislado se mantiene los mismos datos pero con un banco de un día de autonomía de 8 baterías Trojan SAGM 06 220 con un voltaje en el banco de 24 V distribuidos en cuatro circuitos paralelos con 2 baterías en serie cada uno, y regulador de carga 30 A / 24 V.
- Se realizó el cálculo de materiales y equipos requeridos por kilovatio pico instalado, esto mediante el uso de la calculadora solar, el cálculo se realizó en tres grupo: Cálculo de estructura, Cálculo de materiales AC y Cálculo de materiales DC.
- Con los datos de la simulación realizada en la calculadora solar, se realizó el análisis financiero para el sistema solar fotovoltaico de conexión a red, basándonos en la TIR, VPN y PayBack, luego de analizar estos tres parámetros obtuvimos un payback de 5 años, con una TIR de 16% en los primeros 10 años y de un 21% en 20 años, con un VPN de \$844.999 en los primeros 10 años y de \$3,119.50 en 20 años, cabe resaltar que la vida útil de un sistemas solar fotovoltaicos anda entre 20 a 25 años, por lo que concluimos al analizar estos tres parámetros es que este tipo de proyectos es rentable para la empresa electric solar.

- Se realizó el análisis financiero para los sistemas solares fotovoltaicos aislados realizando el primer cálculo con un día de autonomía y el segundo cálculo con 5 días de autonomía llegando a la conclusión que el sistema solar fotovoltaico aislado con el dimensionamiento del banco de baterías basado en un día de autonomía es rentable debido a que se recupera la inversión en 8 años y 7 meses, en cambio los sistemas solares fotovoltaicos dimensionados en 5 días de autonomía no son rentables por que el retorno de inversión es en 21 años.

7.2. RECOMENDACIONES

7.2.1. RECOMENDACIÓN GENERAL

La plantilla se tiene que actualizar mediante la empresa Canadian Solar y Huawei mejoren la eficiencia de los productos, ya que estos parámetros son tomados en cuenta en el dimensionamiento de los sistemas solares fotovoltaicos.

7.2.2. RECOMENDACIONES ESPECÍFICAS

- El pre diseño puede sufrir modificaciones de acuerdo a las exigencias de la empresa.
- Los materiales y equipos necesarios para la instalación variaran de acuerdo a la instalación.
- El modelo financiero se tiene que actualizar con los precios del mercado a medida pasa el tiempo.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- 8b52008a8004d4610ab11d20cfd5b7bd.pdf*. (s. f.). Recuperado de [http://www.enee.hn/Portal_transparencia/Regulacion/Leyes/Leyes/LeyMarcodelSubsecto rel%e9ctrico.pdf](http://www.enee.hn/Portal_transparencia/Regulacion/Leyes/Leyes/LeyMarcodelSubsecto%20relacionado%20con%20el%20sector%20el%C3%A9ctrico.pdf)
- admin. (2017, abril 4). Componentes de un sistema fotovoltaico. Recuperado 25 de abril de 2019, de Green Energy Latin America website: <https://www.greenenergy-latinamerica.com/componentes-sistema-fotovoltaico/>
- Alfsen, Jennifer. (s. f.). How to Calculate PV String Size. Recuperado 16 de marzo de 2019, de Mayfield Renewables website: <https://www.mayfield.energy/blog/pv-string-size>
- Aplicaciones de sistemas fotovoltaicos aislados. Bester. (s. f.). Recuperado 25 de abril de 2019, de <https://bester.energy/blog/aplicaciones-sistemas-energia-fotovoltaica-aislados/>
- Calculo GEI CeroCO2. (s. f.). Recuperado 26 de abril de 2019, de <https://www.ceroco2.org/calculadoras/home>
- canadian_solar-datasheet-maxpower-CS6U-P-15.pdf*. (s. f.). Recuperado de https://sicesolar.com.br/PDF/CanadianSolar/1ModulosFotovoltaicos/3.1.Modulo72cells/3.1.2StandardPoly-SiCS6U/canadian_solar-datasheet-maxpower-CS6U-P-15.pdf
- chapter_3_ES.pdf*. (s. f.). Recuperado de http://www.labri.fr/perso/billaud/Helios2/resources/es03/chapter_3_ES.pdf
- Coeficiente de rendimiento - Factor de calidad de la instalación fotovoltaica*. (s. f.). 9.
- ¿Cómo calcular el valor presente neto? Ejemplos - Rankia. (s. f.). Recuperado 26 de abril de 2019, de <https://www.rankia.cl/blog/analisis-ipsa/3892041-como-calcular-valor-presente-neto-ejemplos>

Electricidad y Matemáticas. (s. f.-a). *Como calcular las baterías para un sistema de energía solar fotovoltaica de una casa*. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=ORU-1g-B3Is>

Electricidad y Matemáticas. (s. f.-b). *Qué es el Factor de Excentricidad / Curso de Energía Solar Fotovoltaica / Vídeo 6*. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=Wxv2dPAgrGY>

Flujo de caja. (2019). En *Wikipedia, la enciclopedia libre*. Recuperado de https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Flujo_de_caja&oldid=115343196

HUAWEI-SUN2000L-2344.65KTL-Datasheet.pdf. (s. f.). Recuperado de <https://www.indesol.be/wp-content/uploads/2018/01/HUAWEI-SUN2000L-2344.65KTL-Datasheet.pdf>

Índice de claridad. (2018). En *Wikipedia, la enciclopedia libre*. Recuperado de https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=%C3%8Dndice_de_claridad&oldid=108233356

Ley General de la Industria Eléctrica Honduras - Decreto 404-2014.pdf. (s. f.). Recuperado de <http://www.enee.hn/noticias/Ley%20General%20de%20la%20Industria%20Eléctrica%20Honduras%20-%20Decreto%20404-2014.pdf>

Payback – Plazo de Recuperación - Definición, qué es y concepto | Economipedia. (s. f.). Recuperado 26 de abril de 2019, de <https://economipedia.com/definiciones/payback.html>

Profundidad de descarga. (2018). En *Wikipedia, la enciclopedia libre*. Recuperado de https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Profundidad_de_descarga&oldid=105644651

RADIACIÓN DIRECTA, DIFUSA Y REFLEJADA. (2014, marzo 8). Recuperado 21 de marzo de 2019, de ARQUITECTURA Y DISEÑO website:

<https://pedrojhernandez.com/2014/03/08/radiacion-directa-difusa-y-reflejada/>

Radiación directa, difusa y reflejada en Ecomateriales y construcción sostenible - wiki EOI de documentación docente. (s. f.). Recuperado 24 de abril de 2019, de

https://www.eoi.es/wiki/index.php/Radiaci%C3%B3n_directa,_difusa_y_reflejada_en_Ecomateriales_y_construcci%C3%B3n_sostenible

Radiación solar - EcuRed. (s. f.). Recuperado 26 de abril de 2019, de

https://www.ecured.cu/Radiaci%C3%B3n_solar

SAGM 06 220.pdf. (s. f.). Recuperado de [https://www.nationwide-](https://www.nationwide-battery.com/pdf/SAGM%2006%20220.pdf)

[battery.com/pdf/SAGM%2006%20220.pdf](https://www.nationwide-battery.com/pdf/SAGM%2006%20220.pdf)

SmartSolar MPPT 100/30 y 100/50. (s. f.). Recuperado 26 de abril de 2019, de Victron Energy

website: <https://www.victronenergy.com/es/solar-charge-controllers/smartsolar-100-30-100-50>

tablas-factor-correccion-k.pdf. (s. f.). Recuperado de

<https://renovablesconsaburum.files.wordpress.com/2015/12/tablas-factor-correccion-k.pdf>

Tasa interna de retorno (TIR) - Definición y ejemplos | Economipedia. (s. f.). Recuperado 26 de

abril de 2019, de <https://economipedia.com/definiciones/tasa-interna-de-retorno-tir.html>

IX. ANEXO

9.1. DATOS GENERALES

Para el dimensionamiento de un sistema solar fotovoltaico de conexión a red o aislado se ocupan datos de inclinación del techo, área disponible a instalar, latitud y longitud del sitio a instalar, estos se ingresan a la calculadora solar ya que nos brindaran la información que ocupamos como la radiación solar en la latitud y longitud ingresada, el ángulo de reflexión mediante la inclinación del techo.

9.1.1. INCLINACIÓN DEL TECHO

La inclinación del techo es importante debido que este afecta en la radiación solar, y en la orientación del panel solar. La inclinación del techo se puede medir con el sistema de nivel que traen los celulares o con un transportador.

9.1.2. SISTEMA DE COORDENADAS

Las coordenadas de la ubicación de la vivienda la podemos obtener con un GPS o con Google Maps o Google Earth, con las coordenadas obtendremos la longitud y latitud de la vivienda.

Tabla 12: Datos Generales Para Dimensionamiento Sistema Solar Fotovoltaico

| | | |
|------------------------------|-----------------------|----------------|
| INCLINACIÓN DEL TECHO | 20 | grados |
| COORDENADAS | | |
| LATITUD | 15.0262 | |
| LONGITUD | -87.9948 | |
| ÁREA | | |
| ÁREA TECHO | 10 | m ² |
| SISTEMA AISLADO | SELECCIONE UNA OPCIÓN | |

Fuente: Elaboración Propia

9.1.3. ENERGÍA CONSUMIDA POR LA VIVIENDA

Esta medición es muy importante debido a que si se toman valores erróneos esto hará que el sistema solar quede mal dimensionado, estas mediciones se deben tomar mensualmente durante todo un año, para ello lo podemos hacer descargándolo de la base de datos de la ENEE con la clave del recibo eléctrico.

Tabla 13: Historial Consumo de Energía de la Vivienda

| MES | ENERGÍA CONSUMIDA [kWh] |
|------------|-------------------------|
| ENERO | 406 |
| FEBRERO | 380 |
| MARZO | 423 |
| ABRIL | 351 |
| MAYO | 310 |
| JUNIO | 480 |
| JULIO | 400 |
| AGOSTO | 391 |
| SEPTIEMBRE | 394 |
| OCTUBRE | 405 |
| NOVIEMBRE | 410 |
| DICIEMBRE | 370 |

Fuente: Elaboración Propia

9.1.4. DATOS DE RADIACIÓN

Los datos de radiación los obtenemos con la longitud y latitud de la residencia, estos datos los podemos obtener del sistema meteorológico de los programas PvSyst o de SAM.

Tabla 14: Radiación Solar Mensual en la Latitud y Longitud Especificada

| MES | RADIACIÓN MENSUAL [kW/m ²] |
|------------|--|
| ENERO | 122.8 |
| FEBRERO | 136.4 |
| MARZO | 176.1 |
| ABRIL | 183.6 |
| MAYO | 180.1 |
| JUNIO | 172.2 |
| JULIO | 173.9 |
| AGOSTO | 177.3 |
| SEPTIEMBRE | 163.5 |
| OCTUBRE | 138.3 |
| NOVIEMBRE | 115.2 |
| DICIEMBRE | 111.6 |

Fuente: Elaboración Propia

9.1.5. NÚMERO DE DÍAS DEL MES

Consiste en colocar a cada mes el número de días que posee, este para llevar una generación estable y estar seguros que es mensual. También este dato lo utilizaremos para obtener la energía consumida diariamente.

Tabla 15: Cantidad de Días por Mes

| MES | NUMERO DE DÍAS DEL MES |
|------------|------------------------|
| ENERO | 31 |
| FEBRERO | 28 |
| MARZO | 31 |
| ABRIL | 30 |
| MAYO | 31 |
| JUNIO | 30 |
| JULIO | 31 |
| AGOSTO | 31 |
| SEPTIEMBRE | 30 |
| OCTUBRE | 31 |
| NOVIEMBRE | 30 |
| DICIEMBRE | 31 |

Fuente: Elaboración Propia

9.2. DATOS CALCULADOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO

9.2.1. ENERGÍA DIARIA CONSUMIDA [ET]

Es la energía que se consume diariamente en la vivienda en un lapso de 24 horas, se obtiene dividiéndole a la energía mensual (EC) consumida el número de días del mes (#D).

$$Et = \frac{EC}{\#D}$$

Ecuación 1: Energía Diaria Consumida

Fuente: (Electricidad y Matemáticas, 2018)

Tabla 16: Cálculo Energía Diaria Consumida por la Vivienda

| MES | ENERGÍA CONSUMIDA [kWh] | RADIACIÓN MENSUAL [kW/m ²] | NUMERO DE DÍAS DEL MES | ENERGÍA DIARIA [kWh/DÍA] |
|------------|-------------------------|--|------------------------|--------------------------|
| ENERO | 406 | 122.8 | 31 | 13.09677419 |
| FEBRERO | 380 | 136.4 | 28 | 13.57142857 |
| MARZO | 423 | 176.1 | 31 | 13.64516129 |
| ABRIL | 351 | 183.6 | 30 | 11.7 |
| MAYO | 310 | 180.1 | 31 | 10 |
| JUNIO | 480 | 172.2 | 30 | 16 |
| JULIO | 400 | 173.9 | 31 | 12.90322581 |
| AGOSTO | 391 | 177.3 | 31 | 12.61290323 |
| SEPTIEMBRE | 394 | 163.5 | 30 | 13.13333333 |
| OCTUBRE | 405 | 138.3 | 31 | 13.06451613 |
| NOVIEMBRE | 410 | 115.2 | 30 | 13.66666667 |
| DICIEMBRE | 370 | 111.6 | 31 | 11.93548387 |

Fuente: Elaboración Propia

9.2.2. FACTOR DE ENERGÍA [F.E]

Este factor se obtiene dividiendo la radiación [Rs] entre la energía diaria consumida [Et]. Al calcular el Factor de Energía Diario por cada mes, se selecciona el mes que tiene el factor de energía de menor valor ya que con este valor se calculara la declinación solar.

$$F.E = \frac{R_s}{E_t}$$

Ecuación 2: Factor de Energía

Fuente: (Electricidad y Matemáticas, 2018)

Tabla 17: Cálculo Factor de Energía

| MES | ENERGÍA CONSUMIDA [kWh] | RADIACIÓN MENSUAL [kW/m ²] | ENERGÍA DIARIA [kWh/DÍA] | FACTOR DE ENERGÍA |
|------------|-------------------------|--|--------------------------|--------------------|
| ENERO | 406 | 122.8 | 13.09677419 | 9.37635468 |
| FEBRERO | 380 | 136.4 | 13.57142857 | 10.05052632 |
| MARZO | 423 | 176.1 | 13.64516129 | 12.90567376 |
| ABRIL | 351 | 183.6 | 11.7 | 15.69230769 |
| MAYO | 310 | 180.1 | 10 | 18.01 |
| JUNIO | 480 | 172.2 | 16 | 10.7625 |
| JULIO | 400 | 173.9 | 12.90322581 | 13.47725 |
| AGOSTO | 391 | 177.3 | 12.61290323 | 14.05703325 |
| SEPTIEMBRE | 394 | 163.5 | 13.13333333 | 12.44923858 |
| OCTUBRE | 405 | 138.3 | 13.06451613 | 10.58592593 |
| NOVIEMBRE | 410 | 115.2 | 13.66666667 | 8.429268293 |
| DICIEMBRE | 370 | 111.6 | 11.93548387 | 9.35027027 |

Fuente: Elaboración Propia

9.2.3. RENDIMIENTO DE LA INSTALACIÓN [R]

Para calcular el rendimiento de la instalación tenemos que tomar en cuenta varios factores, muchos de ellos son constantes si se incluirá un banco de baterías, los factores a tomar en cuenta son:

- b: Coeficiente de Perdidas por Rendimiento en las Baterías. Los valores utilizados son 0.05 si no se producen descargas fuertes o 0.1 para casos desfavorables. Para el cálculo del rendimiento en la calculadora solar, trabajamos en un escenario pesimista por lo que utilizamos el valor de 0.1.
- c: Coeficiente de Perdidas en el Inversor. Generalmente se utiliza 0.2 para inversores senoidales y 0.1 para inversores de onda cuadrada. En nuestra simulación utilizamos 0.1.
- v: Coeficiente de Otras Pérdidas. El valor más utilizado es 0.15 pero también admite un valor mínimo de 0.05, depende de las condiciones en las que se va a instalar el sistema. En la simulación utilizaremos el valor de 0.15.

- a: Coeficiente de Descarga. Normalmente para los dimensionamientos en este valor se toma como coeficiente de descarga 0.5% diario, es decir 0.005.
- N: Días de Autonomía. Este es el número de días en los cuales el sistema solar aislado puede estar trabajando sin recibir radiación solar. Este valor ronda entre 2 a 5 días, para realizar la simulación utilizaremos 5 días.
- Pd: Profundidad de Descarga. Es un dato estándar y su valor es de 0.5.

$$R = 1 - \left[(1 - b - c - v) * a * \left(\frac{N}{Pd} \right) \right] - b - c - v$$

Ecuación 3: Rendimiento de la Instalación

Fuente: (Electricidad y Matemáticas, 2018)

Tabla 18: Cálculo Rendimiento de la Instalación

| |
|--------------------|
| RENDIMIENTO |
| 0.6175 |

Fuente: Elaboración Propia

9.2.4. ENERGÍA NECESARIA [E]

Se obtiene dividiéndole a la energía diaria consumida [Et] el rendimiento [R].

$$E = \frac{Et}{R}$$

Ecuación 4: Energía Necesaria

Fuente: (Electricidad y Matemáticas, 2018)

Tabla 19: Cálculo Energía Necesaria

| |
|--|
| ENERGÍA NECESARIA [kWh] |
| 22.1322537 |

Fuente: Elaboración Propia

9.2.5. DECLINACIÓN SOLAR

Es el ángulo entre los rayos del sol y el plano del Ecuador de la tierra. Varía por un ángulo de hasta $\pm 23^\circ 27'$ ($\pm^\circ 23,45$).

Donde:

dn: es el día del año.

$$\delta = 23.45 * \text{Sen} \left[360 * \left(\frac{284 + dn}{365} \right) \right]$$

Ecuación 5: Declinación Solar

Fuente: (Electricidad y Matemáticas, 2018)

Tabla 20: Cálculo Declinación Solar

| |
|------------------------------|
| DECLINACIÓN SOLAR |
| -19.14781731 |

Fuente: Elaboración Propia

9.2.6. ANGULO DE SALIDA DEL SOL [Ws]

(*chapter_3_ES.pdf*, s. f., p. 7) Afirma:

Es la distancia angular entre el círculo de la hora del sol y meridiano del local. El ángulo de la hora se define como cero al mediodía. En otras palabras, el ángulo de la hora se establece como negativas antes del mediodía solar y positivo después del mediodía solar. (p. 7)

$$W_s = \arccos(-\tan(\delta) * \tan(\theta))$$

Ecuación 6: Ángulo de Salida del Sol

Fuente: (Electricidad y Matemáticas, 2018)

Tabla 21: Cálculo Ángulo de Salida del Sol

| |
|--------------------------------------|
| ÁNGULO DE SALIDA DEL SOL [Ws] |
| 1.56916957 |

Fuente: Elaboración Propia

9.2.7. **ÁNGULO DE SALIDA DEL SOL SOBRE UN PLANO INCLINADO [WSS]**

$$W_{ss} = \text{Valor Max } \{W_s | -\arccos(-\tan(\delta) * \tan(\Phi - \beta))\}$$

Ecuación 7: Ángulo de Salida del Sol Sobre un Plano Inclinado

Fuente: (Electricidad y Matemáticas, 2018)

Tabla 22: Cálculo Ángulo de Salida del Sol Sobre un Plano Inclinado

| |
|------------------------|
| PLANO INCLINADO |
| 1.56916957 |

Fuente: Elaboración Propia

9.2.8. **FACTOR DE EXCENTRICIDAD**

Básicamente el factor de excentricidad es una medida de que tan lejos o que tan cerca está la distancia de la tierra al sol en determinado día del año con respecto a un valor promedio de distancia.

$$\epsilon = 1 + 0.033 * \cos\left(2\pi * \left(\frac{dn}{265}\right)\right)$$

Ecuación 8: Factor de Excentricidad

Fuente: (Electricidad y Matemáticas, 2018)

Tabla 23: Cálculo Factor de Excentricidad

| |
|--------------------------------|
| FACTOR DE EXCENTRICIDAD |
| 1.327128841 |

Fuente: Elaboración Propia

9.2.9. RADIACIÓN SOBRE EL PLANO HORIZONTAL [HDM]

Determina un valor máximo teórico de la energía solar disponible, por lo que es ampliamente utilizada como referencia en el estudio de la radiación solar

$$H_{dm} = \left(\frac{T}{\pi}\right) * I * \epsilon * \left[\left(\frac{W_{ss} * \pi}{180}\right) * (\text{Sen}(\Phi) * \text{Sen}(\delta)) + (\text{Cos}(\Phi) * \text{Cos}(\delta) * \text{Sen}(W_{ss})) \right]$$

Ecuación 9: Radiación Sobre el Plano Horizontal

Fuente: (Electricidad y Matemáticas, 2018)

Donde:

T: Longitud del Día (24h).

I: Constante Solar (1367 W/m²).

ε: Factor de Excentricidad.

W_{ss}: Ángulo de Salida del Sol Sobre un Plano Inclinado.

Φ: Latitud del Lugar.

δ: Declinación Solar.

Tabla 24: Cálculo Radiación Sobre el Plano Horizontal

| |
|---|
| RADIACIÓN SOBRE EL PLANO HORIZONTAL [Wh/m²] |
| 313.987198 |

Fuente: Elaboración Propia

9.2.10. ÍNDICE DE CLARIDAD [KTM]

Es la relación entre la irradiación anual sobre una superficie horizontal situada en la Tierra y la irradiación anual sobre una superficie horizontal situada fuera de la atmósfera.

$$K_{tm} = \frac{G_{dm}}{H_{dm}}$$

Ecuación 10: Índice de Claridad

Fuente: (Electricidad y Matemáticas, 2018)

Donde:

G_{dm}: Radiación Solar Global.

H_{dm}: Radiación Sobre el Plano Horizontal.

Tabla 25: Cálculo Índice de Claridad

| |
|---------------------------|
| ÍNDICE DE CLARIDAD |
| 0.026845898 |

Fuente: Elaboración Propia

9.2.11. FRACCIÓN DIFUSA DE LA RADIACIÓN [FDM]

Es una función de la relación entre la radiación diaria verdadera y el índice de claridad.

$$F_{dm} = 1 - 1.13 \cdot K_{tm}$$

Ecuación 11: Fracción Difusa de la Radiación

Fuente: (Electricidad y Matemáticas, 2018)

Ecuación 12: Cálculo Fracción Difusa de la Radiación

| |
|--|
| FRACCIÓN DIFUSA DE LA RADIACIÓN |
| 0.969664135 |

Fuente: Elaboración Propia

9.2.12. RADIACIÓN DIFUSA [DDM]

La energía solar incidente en la superficie terrestre se manifiesta de varias formas, una de ellas es la energía difusa.

Es aquella recibida de la atmósfera como consecuencia de la dispersión de parte de la radiación del sol en la misma. Esta energía puede suponer aproximadamente un 15% de la radiación global en los días soleados, pero en los días nublados, en los cuales la radiación directa es muy baja, la radiación difusa supone un porcentaje mucho mayor. («Radiación directa, difusa y reflejada en Ecomateriales y construcción sostenible - wiki EOI de documentación docente», s. f., párr. 3)

$$D_{dm} = G_{dm} * F_{dm}$$

Ecuación 13: Radiación Difusa

Fuente: (Electricidad y Matemáticas, 2018)

Tabla 26: Cálculo Radiación Difusa

| |
|---|
| RADIACIÓN DIFUSA [kWh/m²] |
| 8.684977436 |

Fuente: Elaboración Propia

9.2.13. RADIACIÓN EN EL PLANO INCLINADO [H]

Es el componente de la radiación solar incidente que es perpendicular a la superficie del módulo.

$$H = G_{dm} - D_{dm}$$

Ecuación 14: Radiación en el Plano Inclinado

Fuente: (Electricidad y Matemáticas, 2018)

Tabla 27: Cálculo Radiación en el Plano Inclinado

| |
|--|
| RADIACIÓN PLANO INCLINADO [kWh/m²] |
| 0.25570914 |

Fuente: Elaboración Propia

9.2.14. FACTOR DE CORRECCIÓN

Representa el cociente entre la energía incidente en un día sobre una superficie orientada hacia el Ecuador e inclinada un determinado ángulo, y otra horizontal.

$$K = \left[\frac{W_{ss} * \left(\frac{\pi}{180}\right) * \text{Sen}(\delta) * \text{Sen}(\Phi - \beta) + (\text{Cos}(\delta) * \text{Cos}(\Phi - \beta) * \text{Sen}(W_{ss}))}{W_s * \left(\frac{\pi}{180}\right) * \text{Sen}(\delta) * \text{Sen}(\Phi) + (\text{Cos}(\delta) * \text{Cos}(\Phi) * \text{Sen}(W_{ss}))} \right]$$

Ecuación 15: Factor de Corrección

Fuente: (Electricidad y Matemáticas, 2018)

Donde:

Ws: Ángulo de Salida del Sol.

Wss: Ángulo de Salida del Sol Sobre un Plano Inclinado.

Φ: Latitud del Lugar.

δ: Declinación Solar.

β: Ángulo de Inclinación de Techo.

Tabla 28: Cálculo Factor de Corrección

| |
|---------------------------------|
| FACTOR DE CORRECCIÓN |
| 13.23117571 |

Fuente: Elaboración Propia

9.2.15. RADIACIÓN DIRECTA SOBRE EL PLANO INCLINADO [H_{ϕ}]

La radiación directa que recibe una superficie depende del ángulo de incidencia de los rayos solares, por lo tanto, se toma en cuenta la radiación que llega al plano inclinado [H] y el factor de corrección [K].

$$H_{\phi} = H * K$$

Ecuación 16: Radiación Directa Sobre el Plano Inclinado

Fuente: (Electricidad y Matemáticas, 2018)

Tabla 29: Cálculo Radiación Directa Sobre el Plano Inclinado

| |
|---|
| RADIACIÓN DIRECTA SOBRE EL PLANO INCLINADO [kWh/m²] |
| 3.3833326 |

Fuente: Elaboración Propia

9.2.16. RADIACIÓN DIFUSA SOBRE EL PLANO INCLINADO [D_{β}]

La radiación difusa recibida por la superficie inclinada no depende de la orientación del plano y no viene de la totalidad de la bóveda del cielo o la tierra cercana - se trata sólo de la parte del cielo que la superficie observa.

$$D_{\beta} = D_{dm} * \left(\frac{1 + \cos(\beta)}{2} \right)$$

Ecuación 17: Radiación Difusa Sobre el Plano Inclinado

Fuente: (Electricidad y Matemáticas, 2018)

Donde:

D_{dm} : Radiación Difusa.

β : Ángulo de Inclinación de Techo.

Tabla 30: Cálculo Radiación Difusa Sobre el Plano Inclinado

| |
|--|
| RADIACIÓN DIFUSA SOBRE EL PLANO INCLINADO [kWh/m²] |
| 7.927096184 |

Fuente: Elaboración Propia

9.2.17. RADIACIÓN POR ALBEDO SOBRE EL PLANO INCLINADO [AL]

Es la radiación reflejada por el suelo sobre un plano inclinado.

$$AL = \left(\frac{\rho * G_{dm} * (1 + \cos(\beta))}{2} \right)$$

Ecuación 18: Radiación Albedo Sobre el Plano Inclinado

Fuente: (Electricidad y Matemáticas, 2018)

Tabla 31: Cálculo Radiación Albedo Sobre el Plano Inclinado

| |
|--|
| RADIACIÓN ALBEDO SOBRE EL PLANO INCLINADO [kWh/m²] |
| 0.050834708 |

Fuente: Elaboración Propia

9.2.18. RADIACIÓN TOTAL SOBRE EL PLANO INCLINADO [G_φ]

Se obtiene mediante la suma de la radiación directa sobre el plano inclinado, radiación difusa sobre el plano inclinado y radiación albedo sobre el plano inclinado.

$$H = H_{\phi} + D_{\beta} + AL$$

Ecuación 19: Radiación Total Sobre el Plano Inclinado

Fuente: (Electricidad y Matemáticas, 2018)

Tabla 32: Cálculo Radiación Total Sobre el Plano Inclinado

| |
|---|
| RADIACIÓN TOTAL SOBRE EL PLANO INCLINADO [kWh/m²] |
| 11.36126349 |

Fuente: Elaboración Propia

9.2.19. HORAS PICO SOLARES [HPS]

Es la cantidad de energía solar que recibe un metro cuadrado de superficie.

$$HPS = \left(\frac{G_{dm} \text{ kWh/m}^2\text{dia}}{1 \text{ kWh/m}^2\text{dia}} \right)$$

Ecuación 20: Horas Pico Solares

Fuente: (Electricidad y Matemáticas, 2018)

Tabla 33: Cálculo Horas Pico Solares

| |
|---|
| HORAS PICO SOLARES [h] |
| 11.36126349 |

Fuente: Elaboración Propia

9.2.20. POTENCIA PICO [Pp]

Es la potencia máxima que puede generar el sistema solar en las condiciones adecuadas establecidas por los paneles solares.

$$Pp = \frac{E}{HSP}$$

Tabla 34: Potencia Pico

Fuente: (Electricidad y Matemáticas, 2018)

Tabla 35: Cálculo Potencia Pico

| |
|--------------------------------|
| POTENCIA PICO [kWp] |
| 1.948045103 |

Fuente: Elaboración Propia

9.2.21. NÚMERO DE PANELES SOLARES [Np]

La ecuación 21 nos permite calcular el número de paneles a instalar para generar la potencia pico del sistema solar fotovoltaico.

$$N_p = \frac{P_p}{0.9 * P_{\text{módulo}}}$$

Ecuación 21: Número de Paneles Solares

Fuente: (Electricidad y Matemáticas, 2018)

Tabla 36: Numero de Paneles Solares a Instalar

| | | |
|-------------------------------------|-----|--------|
| POTENCIA PANELES SOLARES | 330 | W |
| TOTAL NUMERO PANELES SOLARES | 6 | UNIDAD |

Fuente: Elaboración Propia

9.3. DIMENSIONAMIENTO DEL INVERSOR

Para realizar el dimensionamiento del inversor, primero tenemos que conocer el número de paneles solares a instalar y las generalidades de estos.

9.3.1. GENERALIDADES PANELES SOLARES

Los paneles solares tienen un rango mínimo y máximo de voltaje de generación, este voltaje es utilizado para el dimensionamiento de los inversores. El voltaje mínimo de operación lo calculamos con la siguiente ecuación:

$$V_{mpmin} = V_{mp} * \left[1 + \left((T_{max} + T_{add} - T_{stc}) * \left(\frac{T_k V_{mp}}{100} \right) \right) \right]$$

Ecuación 22: Voltaje Mínimo de Operación

Fuente: (Alfsen, Jennifer, 2019)

El voltaje máximo de operación lo calculamos con la siguiente ecuación:

$$V_{ocmax} = V_{oc} * \left[1 + \left((T_{min} - T_{stc}) * \left(\frac{T_{kVoc}}{100} \right) \right) \right]$$

Ecuación 23: Voltaje Máximo de Operación

Fuente: (Alfsen, Jennifer, s. f.)

Con el V_{mp} y el V_{oc} calculamos el Voltaje Mínimo Real [V_{min} Real], este cálculo se realiza multiplicándole el factor de degradación del panel al V_{min} Real, el cual es un valor constante, el valor del factor de corrección es de 0.827, el Voltaje Máximo Real [V_{max} Real] no se ocupa multiplicarle el factor de degradación ya que este es el voltaje máximo de operación del panel. Y va ser igual al V_{oc} .

Tabla 37: Calculo de Voltajes del Panel Solar

| Panel Canadian Solar CS6U-315/320/325/330P | | | |
|---|---------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| V_{min} [V] | V_{max} [V] | V_{min} Real [V] | V_{max} Real [V] |
| 31.25172 | 47.57904 | 25.84517244 | 47.57904 |

Fuente: Elaboración Propia

9.3.2. PARÁMETROS INVERSOR

Para el dimensionamiento de un inversor se tiene que tomar en cuenta varios parámetros, primero la potencia a instalar, si la potencia anda en un rango de 4.34 kW, el inversor a utilizar será uno de 4 kW, la simbología observada en la tabla 28, nos muestra el inversor propuesto por la calculadora solar, la calculadora nos muestra que para suplir la potencia generada por el sistema solar fotovoltaico tenemos que usar un inversor Huawei SUN2000-4KTL, donde SUN2000 es el modelo del inversor y 4KTL es la potencia del inversor.

Tabla 38: Dimensionamiento Inversor

| HUAWEI SUN2000-1.5KTL | |
|------------------------------|-----|
| Vmin Inversor [VDC] | 90 |
| Vmax Inversor [VDC] | 600 |
| I Max [ADC] | 11 |
| Max Módulos String | 12 |
| Min Módulos String | 3 |
| Max Módulos Serie | 12 |
| Min Módulos Serie | 4 |
| MPPT | 2 |
| MPPT a Utilizar | 1 |
| Módulos MPPT1 | 6 |
| Módulos MPPT2 | 0 |

Fuente: Elaboración Propia

9.4. CÁLCULO DE MATERIALES PARA LA INSTALACIÓN

Para la instalación del sistema solar fotovoltaico se necesita estructura especial para el montaje de los paneles solares sobre la superficie del techo. También ocupamos diferentes materiales eléctricos para la parte AC y DC de la instalación en los sistemas de conexión a red, y solo para parte DC en los sistemas aislados. El cálculo de materiales lo dividimos en tres áreas:

9.4.1. CÁLCULO DE ESTRUCTURA

El cálculo de estructura nunca podrá ser exacta al calcularla en una calculadora solar, debido a que esta cambia de acuerdo a la distribución de los módulos solares a instalar, el tipo de lámina del techo y el tipo de estructura a usar.

9.4.1.1. Riel

Es la estructura en la que va montada el panel solar, el tipo de riel determina la orientación del panel solar, el riel va montado directamente sobre la lámina del techo.



Ilustración 9: Vista Superior de un Riel

Fuente: Electric Solar

9.4.1.2. Puente

Los puentes nos permiten fijar los Mid Clamps y End Clamps en los rieles, para evitar el movimiento o desprendimiento de los paneles solares.

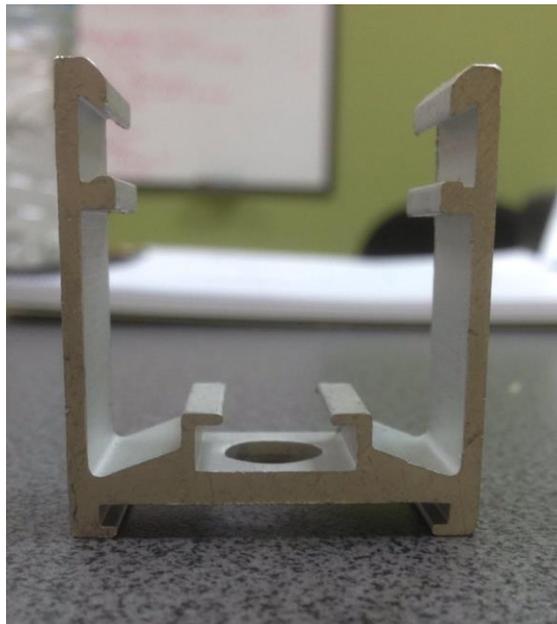


Ilustración 10: Vista Frontal de un Puente

Fuente: Electric Solar

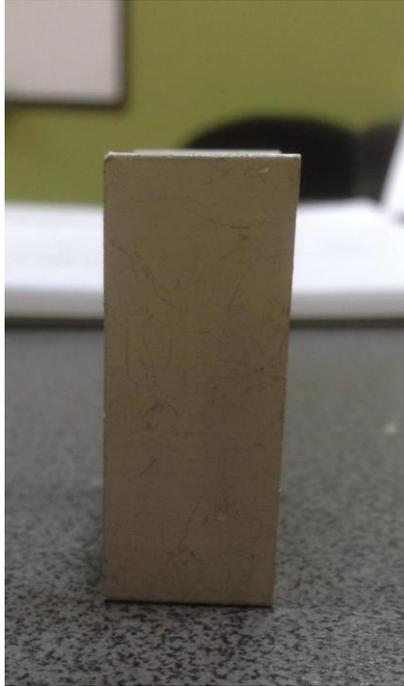


Ilustración 11: Vista Lateral de un Puente

Fuente: Electric Solar

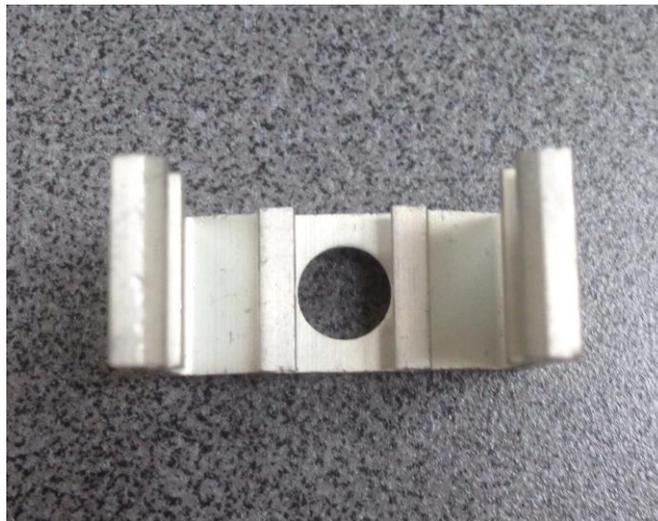


Ilustración 12: Vista Superior de un Puente

Fuente: Electric Solar

9.4.1.3. Mid Clamp

Los Mid Clamp nos sirven para fijar los paneles solares entre sí, estos sirven de soporte y van montados sobre el riel por medio de un puente.



Ilustración 13: Vista Frontal de un Mid Clamp

Fuente: Electric Solar



Ilustración 14: Vista Lateral de un Mid Clamp

Fuente: Electric Solar



Ilustración 15: Vista Superior de un Mid Clamp

Fuente: Electric Solar

9.4.1.4. End Clamp

Los end clamp se ponen en la parte final del panel donde no se continuará la distribución esto con la finalidad de fijar el panel al riel.



Ilustración 16: Vista Superior de un End Clamp

Fuente: Electric Solar

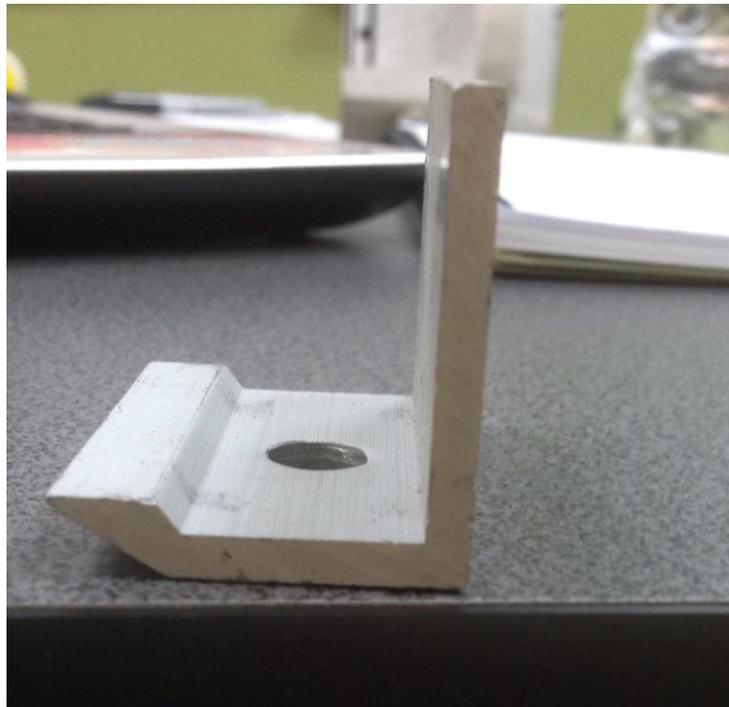


Ilustración 17: Vista Lateral de un End Clamp

Fuente: Electric Solar



Ilustración 18: Vista Frontal de un End Clamp

Fuente: Electric Solar

En la tabla 29, observamos el formato de cálculo de estructura para la instalación solar fotovoltaica simulada, cabe mencionar que los datos no son exactos ya que la cantidad de estructura depende de la distribución de la instalación, el cálculo presentado en la tabla es un estimado.

Tabla 39: Cálculo de Estructura para la Instalación Solar Fotovoltaica

| | | |
|--|------|--------|
| POTENCIA A INSTALAR | 1980 | W |
| POTENCIA MODULO SOLAR | 330 | W |
| NUMERO DE PANELES | 6 | UNIDAD |
| ESTRUCTURA PARA MONTAJE DE PANELES SOLARES | | |
| End Clamp | 8 | UNIDAD |
| Mid Clamp | 8 | UNIDAD |
| Riel | 16 | UNIDAD |
| Remache 3/16 X 1" | 64 | UNIDAD |
| Neopreno | 32 | UNIDAD |
| Fusibles y Porta fusible 20A | 2 | UNIDAD |

Fuente: Elaboración Propia

9.4.2. CÁLCULO DE MATERIALES PARTE AC

El cálculo de materiales en la parte AC es únicamente para los sistemas solares fotovoltaicos de conexión a red, la parte AC para una residencia es conectar del medidor a un main principal después a fusibles de protección y después al inversor.

En los sistemas aislados la conexión AC es para la iluminación de la vivienda, por ende no la tomamos en cuenta ya que es para la instalación normal de una casa.

En la tabla 30, se observa el cálculo de materiales para la parte AC en una residencia, cabe mencionar que estos varían de acuerdo a las condiciones de la residencia.

Tabla 40: Cálculo de Materiales para Bajante AC

| BAJANTE AC | | |
|--|----|--------|
| Breaker doble de 20A para riel din | 1 | UNIDAD |
| grapara para varilla polo tierra de 1/2" | 1 | UNIDAD |
| Varilla Polo Tierra 1/2" | 1 | UNIDAD |
| Cable TSJ 3x10 | 15 | Ft |
| Broca 3/16 " PARA METAL | 3 | UNIDAD |
| Brocha de 2 " | 1 | UNIDAD |
| Tubo SICAFLEX | 1 | UNIDAD |
| tornillos frijolitos punta broca | 25 | UNIDAD |

Fuente: Elaboración Propia

9.4.3. CÁLCULO DE MATERIALES PARTE DC

El bajante CD de una instalación solar fotovoltaica es utilizado en los sistemas aislados y los sistemas de conexión a red, la diferencia de la conexión DC en sistemas aislados es que del inversor en vez de ir conectado al servicio de la red, va conectado a un banco de baterías que sirve de respaldo.

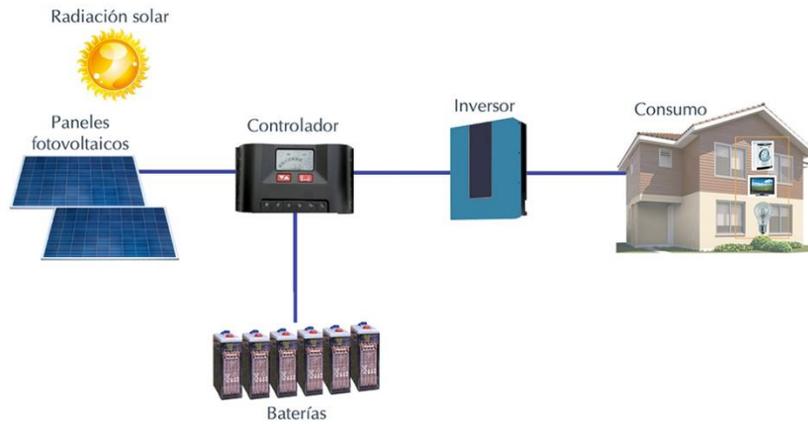


Ilustración 19: Diagrama de un Sistema Solar Fotovoltaico Aislado

Fuente: (Aplicaciones de sistemas fotovoltaicos aislados. Bester, s. f.)

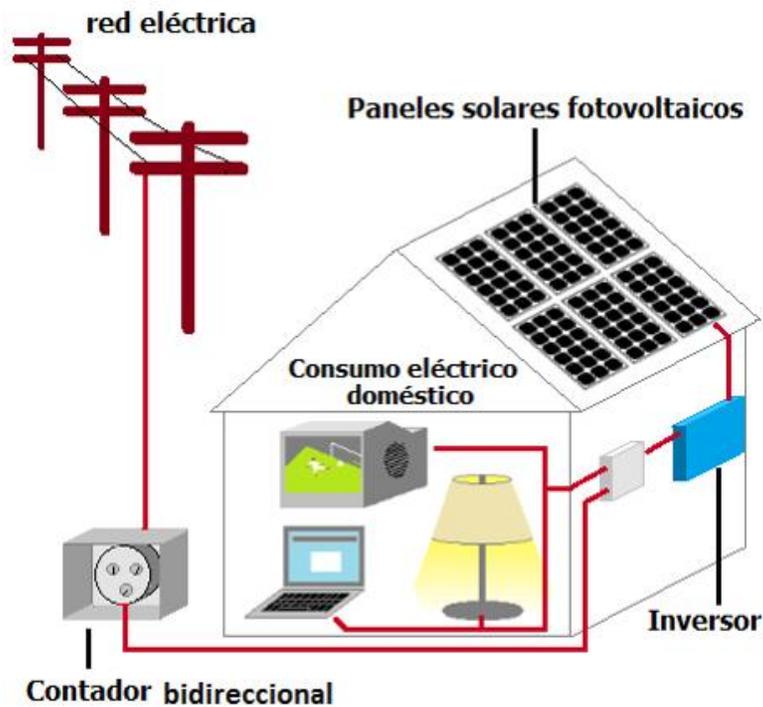


Ilustración 20: Diagrama de un Sistema Solar Fotovoltaico de Conexión a Red

Fuente: (admin, 2017)

En la tabla 31, encontramos el cálculo de materiales para ambos tipos de instalaciones, la cantidad puede variar dependiendo las condiciones de la vivienda y las exigencias del cliente.

Tabla 41: Cálculo de Materiales para Bajante DC

| SISTEMA DE CABLEADO | | |
|--|-------|--------|
| CANTIDAD | 6 | m |
| BAJANTE DC | | |
| Cable Solar Rojo 6mm | 10 | Ft |
| Cable Solar Negro 6mm | 10 | Ft |
| Conductor Verde AWG THHN Cobre #10 | 19.68 | Ft |
| Tubería BX Con Forro 3/4" | 19.68 | Ft |
| Conector Recto Para BX Con Forro De 3/4" | 2 | UNIDAD |
| Caja Cantex 4x4x2" | 1 | UNIDAD |
| Conector PG 3/4" | 5 | UNIDAD |
| Gabinete Metálico Para Intemperie De 300x300x200 | 1 | UNIDAD |
| Riel Din | 1 | UNIDAD |
| Conectores De BX Con Forro De 3/4" | 2 | UNIDAD |
| Abrazaderas De 3/4" | 6 | UNIDAD |
| Tacos S8 Con Tornillo | 6 | UNIDAD |
| Tacos M8 | 8 | UNIDAD |
| Broca Para Concreto 1/2" | 1 | UNIDAD |
| Tornillo Punta Broca De 1 1/2" | 25 | UNIDAD |

Fuente: Elaboración Propia

9.5. CÁLCULOS PARA BANCO DE BATERÍAS

Para poder realizar el dimensionamiento del banco de baterías de un sistema solar fotovoltaico aislado se ocupa la siguiente información:

- Energía Necesaria [E]: Este cálculo se realizó previamente en el punto 4.3.4. El valor de la energía necesaria lo podemos observar en la tabla 9, y la fórmula utilizada es la ecuación 4.
- Días de Autonomía: Son los días en los cuales puede haber un nivel bajo de radiación solar, ya sea por tormentas o huracanes, usualmente el rango anda entre 2 a 5 días al mes, para el cálculo en la simulación utilizamos 5 días.
- Voltaje del Sistema: El voltaje ira de acorde a la potencia pico a instalar en el sistema, la cual la calculamos en el inciso 4.3.20. según el valor de la potencia así se determina el voltaje tal y como se muestra en la tabla 27.

Tabla 42: Voltaje Para Dimensionamiento de Banco de Baterías

| VOLTAJE DEL SISTEMA | |
|--------------------------------|---|
| Potencia de la Instalación [W] | Voltaje de C.C de Trabajo del Sistema [V] |
| <500 | 12 |
| 500-2500 | 24 |
| 2500-5000 | 48 |

Fuente: Elaboración Propia

- Profundidad de Descarga: La profundidad de descarga es el porcentaje de lo que se va a descargar de la batería en el tiempo de funcionamiento, el valor a utilizar es de 0.5.

Tabla 43: Datos Generales Para Dimensionamiento de Banco de Baterías

| | | |
|--------------------------------|-------------|------|
| ENERGÍA NECESARIA | 22.13225371 | kWh |
| DÍAS DE AUTONOMÍA | 5 | DÍAS |
| VOLTAJE DEL SISTEMA | 24 | V |
| PROFUNDIDAD DE DESCARGA | 0.5 | |

Fuente: Elaboración Propia

9.5.1. CAPACIDAD 1

La capacidad 1 la obtenemos multiplicando la Energía Necesaria [E], calculada en el inciso 4.3.4 por los días de autonomía [DA].

$$\text{Capacidad 1} = (E * 1000) * DA$$

Ecuación 24: Capacidad 1

Fuente: (Electricidad y Matemáticas, 2018)

Si la energía necesaria [E] está en kWh esta se tiene que multiplicar por mil. Si esta en Wh no es necesario multiplicarla por mil.

Tabla 44: Cálculo Capacidad 1

| |
|-----------------------------|
| CAPACIDAD 1 [Wh] |
| 110661.2686 |

Fuente: Elaboración Propia

9.5.2. CAPACIDAD 2

La capacidad 2 la obtenemos dividiéndole el Voltaje del sistema a la capacidad 1. El voltaje del sistema lo obtenemos con la potencia pico a instalar, al conocer la potencia pico utilizamos los valores descritos en la tabla 27, y así obtenemos el voltaje a instalar en el banco de baterías.

$$\text{Capacidad 2} = \frac{\text{Capacidad 1}}{\text{Voltaje del Sistema}}$$

Ecuación 25: Capacidad 2

Fuente: (Electricidad y Matemáticas, 2018)

Tabla 45: Cálculo Capacidad 2

| CAPACIDAD 2 [Ah] |
|-----------------------------|
| 4610.88619 |

Fuente: Elaboración Propia

9.5.3. CAPACIDAD 3

Se calcula dividiéndole a la capacidad 2 la profundidad de descarga de la batería, generalmente el porcentaje de descarga de la batería lo trae el catálogo del modelo a utilizar.

$$\text{Capacidad 3} = \frac{\text{Capacidad 2}}{\text{Profundidad de Descarga}}$$

Ecuación 26: Profundidad de Descarga

Fuente: (Electricidad y Matemáticas, 2018)

Tabla 46: Cálculo Capacidad 3

| CAPACIDAD 3 BANCO BATERÍA [Ah] |
|---|
| 9221.772 |

Fuente: Elaboración Propia

Mediante la capacidad 3 se dimensiona el banco de baterías, generalmente es casi imposible encontrar una batería de 4610.886 Ah, por lo que se tiene que realizar el dimensionamiento de un banco de baterías que cumpla con 48 V y 4610.886 Ah.

9.6. DIMENSIONAMIENTO BANCO DE BATERÍAS

Para el dimensionamiento del banco de baterías tenemos que conocer dos aspectos:

- Tipo de batería
- Cantidad de baterías a utilizar

9.6.1. TIPO DE BATERÍA

Para sistemas solares fotovoltaicos se tienen que usar baterías especial, conocidas como baterías de ciclo profundo o simplemente como baterías solares, existen muchas marcas y modelos diferentes de baterías de ciclo profundo, muchas de ellas requieren mantenimientos constantes y otras simplemente no requieren mantenimiento, pero esto influye directamente en su valor económico.

Para la realización del proyecto se recomienda baterías marca Trojan ya que ofrecen una elevada durabilidad en comparación con la mayoría de su competencia. La robustez, larga vida útil y rendimiento óptimo en cargas parciales, hacen de la batería TROJAN de ciclo profundo una excelente opción para la mayoría de instalaciones fotovoltaicas aisladas que deseen una elevada durabilidad sin llegar a asumir elevados costes de inversión.

Entre las características principales de estas baterías Trojan de ciclo profundo destacamos:

- Baterías de 6V para instalaciones solares fotovoltaicas.
- Baterías de Ciclo Profundo, tecnología Plomo Ácido.
- Con capacidades medias desde 250Ah a 466Ah en C100.
- Larga Vida Útil.
- Mantenimiento Mínimo.

- Disponible en cajas ultra-duraderas de Polyon para aplicaciones en entornos extremos.

El modelo utilizado para el ejemplo de dimensionamiento de un banco de baterías mediante el uso de la calculadora solar, es SOLAR SAGM 06 220, la cual es una batería con especificación C100, esto quiere decir que tiene 100 horas de carga. Al ser tipo C100 la batería trabaja con 235 Ah siendo esta su máxima capacidad.

Tabla 47: Generalidades Batería Propuesta

| BATERÍA PROPUESTA | Trojan SAGM 06 220 | |
|-------------------|--------------------|----|
| Voltaje | 6 | V |
| Capacidad 100Hr | 235 | Ah |

Fuente: Elaboración Propia

9.6.2. CANTIDAD DE BATERÍAS A UTILIZAR

Como observamos anteriormente en la tabla 32, el voltaje de la batería es de 6V y su capacidad es de 235 Ah, pero en el dimensionamiento del proyecto nos dice que el banco de baterías tiene que ser de 24V y en el cálculo de la capacidad 3 nos dice que tiene que ser la capacidad de 9221.772 Ah. Por lo tanto el banco de baterías tiene que tener conexión en serie para aumentar el amperaje y baterías en paralelo para aumentar el voltaje.

9.6.2.1. Conexión de Baterías en Serie

Para calcular el número de baterías conectadas en serie, se le divide a la capacidad tres la capacidad de carga de la batería propuesta.

$$\text{Baterías en Serie} = \frac{\text{Capacidad 3}}{\text{Capacidad de Carga Batería}}$$

Ecuación 27: Número de Baterías en Serie

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 48: Cálculo Baterías en Serie

| |
|--------------------------|
| Baterías en Serie |
| 40 |

Fuente: Elaboración Propia

Si el cálculo realizado en la tabla 33 da un número con decimales este se tiene que redondear al entero mayor.

9.6.2.2. Conexión de Baterías en Paralelo

Para calcular cuantas baterías tienen que ir conectadas en paralelo, se tiene que dividirlo al voltaje del sistema el voltaje de la batería.

$$\text{Baterías en Paralelo} = \frac{\text{Voltaje del Sistema}}{\text{Voltaje de la Batería}}$$

Ecuación 28: Número Baterías en Paralelo

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 49: Cálculo de Baterías en Paralelo

| |
|-----------------------------|
| Conexión en Paralelo |
| 4 |

Fuente: Elaboración Propia

Estos cálculos la información que nos brinda es que entre las 40 baterías tendremos 4 filas conectadas en paralelo. El número total de baterías a instalar en el banco de baterías nos lo brinda el número de baterías en serie.

Tabla 50: Tabla Resumen Banco de Baterías

| DIMENSIONAMIENTO BANCO BATERÍAS | | |
|--|--------------------------|-----------------------|
| Conexión en Paralelo | Baterías en serie | TOTAL BATERÍAS |
| 4 | 40 | 40 |

Fuente: Elaboración Propia

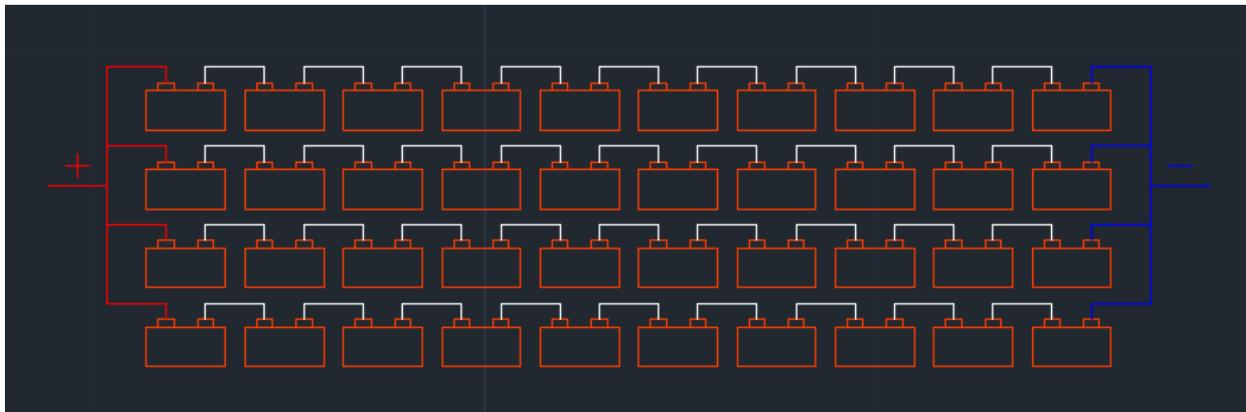


Ilustración 21: Diagrama de Conexión de Banco de Baterías

Fuente: Elaboración Propia

9.7. MODELO ECONÓMICO

9.7.1. FLUJO DE CAJA PARA SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO DE CONEXIÓN A RED

Tabla 51: Premisas Básicas para la Realización del Flujo de Caja

| | |
|------------------------------------|-------------|
| Potencia Instalada [kWp] | 1.980 |
| Inversión Inicial Final | \$ 2,970.00 |
| Precio de venta [kW-\$] | \$ 1,500.00 |
| Precio de Energía [\$/kWh] | 0.195 |
| Tasa de descuento | 10% |
| Costos de O&M (Año 1-20) [8\$/kWp] | 8.00 |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 52: Resumen Flujo de Caja

| Accionista | TIR | VPN | Pay Back |
|------------|-----|-------------|----------|
| 10 Años | 16% | \$ 844.99 | 5.164 |
| 20 Años | 21% | \$ 3,119.50 | |
| 30 Años | 22% | \$ 3,884.82 | |

Fuente: Elaboración Propia

El flujo de caja nos determina que el modelo generado en la calculadora solar es rentable debido a que presenta un retorno de inversión de 5 años como lo podremos observar en la tabla 42, lo que nos demuestra que los sistemas solares residenciales de conexión a red son rentables,

también el VPN y la TIR nos determina que son rentables por los valores obtenidos en la Tabla 42.

9.7.2. FLUJO DE CAJA PARA SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO AISLADO

El análisis de flujo de caja para este tipo de sistemas solares se depende de los días de autonomía que le establezcamos al sistema, ya que este factor determina el banco de baterías a dimensionar para el sistema solar por lo tanto el valor del proyecto aumenta y disminuye su rentabilidad.

El máximo de días de autonomía que se utiliza para dimensionar el banco de baterías es de 5 y el mínimo es de 1, para realizar el análisis de factibilidad del proyecto en base a la TIR, VPN y PayBack, se realizara la corrida económica para ambos días de autonomía y ver si son factibles o no.

9.7.2.1. Flujo de Caja con Un Día de Autonomía

Como se mencionó anteriormente, los días de autonomía, son los días en el que el banco de baterías debe generar energía sin que reciba carga del sistema de paneles solares, el rango de días de autonomía para el dimensionamiento de un banco de baterías es de 1 a 5 días, pero entre más días de autonomía sean, más grande es el banco de baterías y por ende más elevado es el precio del sistema por lo que se torna con un retorno de inversión a largo plazo.

En la tabla 43 podemos observar los datos para el dimensionamiento del banco de baterías el cual se dimensionó con un día de autonomía, al dimensionarlo obtuvimos que para una energía necesaria de 22.13 kWh ocupamos en total 8 baterías Trojan de 6 V con 235 Ah de capacidad.

Tabla 53: Dimensionamiento de Banco de Baterías con Un Día de Autonomía

| BATERÍA PROPUESTA | Trojan SAGM 06 220 | |
|-------------------|--------------------|----|
| Voltaje | 6 | V |
| Capacidad 100Hr | 235 | Ah |

| | | |
|-------------------------|-------------|------|
| ENERGÍA NECESARIA | 22.13225371 | kWh |
| DÍAS DE AUTONOMÍA | 1 | DÍAS |
| VOLTAJE DEL SISTEMA | 24 | V |
| PROFUNDIDAD DE DESCARGA | 0.5 | |

| CAPACIDAD 1 | CAPACIDAD 2 | CAPACIDAD BANCO BATERÍA [Ah] |
|-------------|-------------|------------------------------|
| 22132.25371 | 922.177238 | 1844.354 |

| DIMENSIONAMIENTO BANCO BATERÍAS | | |
|---------------------------------|-------------------|----------------|
| Conexión en Paralelo | Baterías en serie | TOTAL BATERÍAS |
| 4 | 8 | 8 |

Fuente: Elaboración Propia

Para desarrollar el flujo financiero de este sistema solar fotovoltaico con un día de autonomía ocupamos los valores establecidos en la tabla 44, la energía necesaria anunciada en la tabla 43 es en base a una potencia de 1.980 kWp, al variar la cantidad de días de autonomía, los parámetros de inversión inicial también varía.

Tabla 54: Premisas Básicas Flujo de Caja Sistema Aislado

| | |
|------------------------------------|-------------|
| Potencia Instalada [kWp] | 1.980 |
| Inversión Inicial Final | \$ 5,385.60 |
| Precio de venta [kW-\$] | \$ 2,720.00 |
| Precio de Energía [\$/kWh] | 0.195 |
| Tasa de descuento | 10% |
| Costos de O&M (Año 1-20) [8\$/kWp] | 8.00 |

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 45 podemos observar el resumen del flujo de caja, el flujo de caja de esta simulación se puede observar en anexo 8, para determinar si el proyecto es factible se analizara mediante la TIR, VPN y el PayBack. Primero evaluaremos la TIR, podemos observar que para los primeros 10 años es de 3% y para 20 años es de 12%, eso quiere decir que el retorno de inversión se recupera antes de los 10 años de instalado el proyecto, cabe mencionar que la vida útil de un proyecto es de 20 a 25 años, cuando analizamos el VPN vemos que para los primeros 10 años es de -1570.61 \$, esto quiere decir que estamos reduciendo el valor del proyecto en ese valor, en el año 20 tiene un valor de 703.90 \$, quiere decir que tendremos un incremento de valor equivalente a 703.90 \$, ahora analizamos el PayBack, nos dice que el retorno de inversión será de 8.647 años, el cual es un equivalente de 8 años,7 meses y 22 días, lo cual es un retorno un poco elevado pero el cliente tuviera de 11 a 16 años de ganancia. Ya habiendo analizado al TIR, el VPN y el PayBack, podemos decir que un sistema solar fotovoltaico aislado con un banco de baterías con una autonomía de un día es rentable.

Tabla 55: Resumen Flujo de Caja

| Accionista | TIR | VPN | PayBack |
|-------------------|------------|--------------|----------------|
| 10 Años | 3% | \$ -1,570.61 | 8.647 |
| 20 Años | 12% | \$ 703.90 | |
| 30 Años | 13% | \$ 1,469.22 | |

Fuente: Elaboración Propia

9.7.2.2. Flujo de Caja con Un Día de Autonomía

En la tabla 46 podemos observar los datos para el dimensionamiento del banco de baterías el cual se dimensionó con un día de autonomía, al dimensionarlo obtuvimos que para una energía necesaria de 22.13 kWh ocupamos en total 40 baterías Trojan de 6 V con 235 Ah de capacidad.

Tabla 56: Dimensionamiento de Banco de Baterías con Cinco de Días de Autonomía

| BATERÍA PROPUESTA | Trojan SAGM 06 220 | |
|-------------------|--------------------|----|
| Voltaje | 6 | V |
| Capacidad 100Hr | 235 | Ah |

| | | |
|-------------------------|-------------|------|
| ENERGÍA NECESARIA | 22.13225371 | kWh |
| DÍAS DE AUTONOMÍA | 5 | DÍAS |
| VOLTAJE DEL SISTEMA | 24 | V |
| PROFUNDIDAD DE DESCARGA | 0.5 | |

| CAPACIDAD 1 | CAPACIDAD 2 | CAPACIDAD BANCO BATERÍA [Ah] |
|-------------|-------------|------------------------------|
| 110661.2686 | 4610.88619 | 9221.772 |

| DIMENSIONAMIENTO BANCO BATERÍAS | | |
|---------------------------------|-------------------|----------------|
| Conexión en Paralelo | Baterías en serie | TOTAL BATERÍAS |
| 4 | 40 | 40 |

Fuente: Elaboración Propia

Para desarrollar el flujo financiero de este sistema solar fotovoltaico con un día de autonomía ocupamos los valores establecidos en la tabla 47, la energía necesaria anunciada en la tabla 46 es en base a una potencia de 1.980 kWp, al variar la cantidad de días de autonomía, los parámetros de inversión inicial también varía.

Tabla 57: Premisas Básicas para Flujo de Caja Sistema Aislado

| | |
|---------------------------------------|--------------|
| Potencia Instalada [kWp] | 1.980 |
| Inversión Inicial Final | \$ 18,414.00 |
| Precio de venta [kW-\$] | \$ 9,300.00 |
| Precio de Energía [\$/kWh] | 0.195 |
| Tasa de descuento | 10% |
| Costos de O&M (Año 1-20) [8\$/kWp] | 8.00 |

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 48 podemos observar el resumen del flujo de caja, el flujo de caja de esta simulación se puede observar en anexo 9, para determinar si el proyecto es factible se analizara mediante la TIR, VPN y el PayBack. Primero evaluaremos la TIR, podemos observar que para los primeros 10 años es de -15% y para 20 años es de -.1%, eso quiere decir en ambos casos que la inversión inicial es mayor que lo generado económicamente en esos 20 años, en el año 30 la TIR aumenta a un 3%, significa que se recuperaría la inversión, pero esto no es viable porque la vida útil de un proyecto es de 20 a 25 años, cuando analizamos el VPN vemos que para los primeros 10 años es de -14,599.01 \$, esto quiere decir que estamos reduciendo el valor del proyecto en ese valor, en el año 20 tiene un valor de -12,324.50 \$, quiere decir que aun el valor de nuestro proyecto disminuye, ahora analizamos el PayBack, nos dice que el retorno de inversión será de 21.615 años, el cual es un equivalente de 21 años,7 meses y 11 días, lo cual es un retorno muy elevado sin nada de ganancia por la vida útil del sistema solar fotovoltaico. Ya habiendo analizado la TIR, el VPN y el PayBack, podemos decir que un sistema solar fotovoltaico aislado con un banco de baterías con una autonomía de cinco días no es rentable.

Tabla 58: Resumen Flujo de Caja

| Accionista | TIR | VPN | Pay Back |
|------------|------|---------------|----------|
| 10 Años | -15% | \$ -14,599.01 | 21.615 |
| 20 Años | -1% | \$ -12,324.50 | |
| 30 Años | 2% | \$ -11,559.18 | |

Fuente: Elaboración Propia