

**Diseño de un modelo de sistema de energía solar fotovoltaica aplicado a vivienda familiar
de la Armada Nacional de Colombia en la Base Naval ARC “Málaga”**

Rubén Darío Arboleda Rojas

Director (a):

Faver Adrián Amorocho Sepúlveda

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería - ECBTI

Ingeniería Electrónica

2022

Declaración de Derechos de Propiedad Intelectual

Los autores de la presente propuesta manifestamos que conocemos el contenido del Acuerdo 06 de 2008, Estatuto de Propiedad Intelectual de la UNAD, Artículo 39 referente a la cesión voluntaria y libre de los derechos de propiedad intelectual de los productos generados a partir de la presente propuesta. Así mismo, conocemos el contenido del Artículo 40 del mismo Acuerdo, relacionado con la autorización de uso del trabajo para fines de consulta y mención en los catálogos bibliográficos de la UNAD.

Agradecimientos

La concepción de este proyecto está dedicada en primer lugar a Dios por haberme acompañado y

guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por

brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

A mis padres Ramón y Leonor (Q.E.P.D.) pilares fundamentales en mi vida, por los valores que

me han inculcado, y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el

transcurso de mi vida. Sobre todo, por ser un excelente ejemplo de vida a seguir.

A mi hermana Francly por ser parte importante en mi vida y representar la unidad familiar, su

tenacidad y lucha insaciable han hecho de ella el gran ejemplo a seguir y destacar.

A mi amada esposa Yolima compañera inseparable de cada jornada. Ella representa gran

esfuerzo y tesón en momentos de decline y cansancio; es parte importante de mi vida, su apoyo

en las buenas y en las malas, sobre todo por su paciencia y amor incondicional.

Resumen

El tamaño del proyecto tiene gran influencia, como conocedores que en el Parque Nacional Natural Uramba Bahía Málaga se encuentra la Base Naval ARC “Málaga” que tiene aproximadamente 2.100 habitantes entre militares y/o familiares de militares, quienes sirviendo a la patria resguardando el Océano Pacífico de Colombia, de ahí la trascendencia del proyecto actualmente se trae desde la distancia la conexión de la energía lo cual aumenta los costos. Se aprobó la ejecución del proyecto, para que se haga el estudio de la viabilidad de colocar un sistema de energía renovable en la Base Naval. Disponiendo de los técnicos para que realicen actividades operacionales como tomas de medidas, instalar contadores de energía que no contaba el edificio tipo a realizar el diseño.

El diseño que se le aplicará al proyecto se ajusta a las necesidades y requerimientos, la cual busca caracterizar los parámetros y factores que permiten dimensionar, seleccionar y aplicar diferentes tecnologías que se adecuan a las condiciones operacionales del sistema y las necesidades que se requieran satisfacer por medio de un sistema fotovoltaico.

Palabras claves: sistemas fotovoltaicos, energía solar, sistema ON GRID, sistema OFF GRID

Abstract

The size of the project has a great influence, as they know that the ARC “Málaga” Naval Base is in the Uramba Bahía Málaga National Natural Park, which has approximately 2,100 inhabitants among soldiers and/or family members of soldiers, who serve the country by protecting the ocean Pacific of Colombia, hence the importance of the project, currently the connection of energy is brought from a distance, which increases costs.

The execution of the project was found, so that the feasibility study of placing a renewable energy system in the Naval Base is carried out. Having the technicians to carry out operational activities such as taking measurements, install energy meters that the building type to carry out the design did not have.

The design that will be used for the project is adjusted to the needs and requirements, which seeks to characterize the parameters and factors that allow dimensioning, selecting and applying different technologies that are adapted to the operational conditions of the system and the needs that are required to be satisfied by through a photovoltaic system.

Keywords: photovoltaic systems, solar energy, ON GRID system, OFF GRID system

Contenido

	Pág.
Introducción	16
Planteamiento del problema.....	18
Justificación	21
Objetivos	23
Objetivo general	23
Objetivos específicos	23
Marco referencial	24
Antecedentes	24
Estudio para el uso de la tecnología solar fotovoltaica	26
Marco Teórico.....	27
Modelo y simulación de un sistema fotovoltaico portátil	27
Aspectos que afectan la eficiencia en los paneles fotovoltaicos y sus potenciales soluciones.....	28
Marco Normativo.....	30
Metodología	34
Tipo de investigación general	34
Desarrollo del proyecto.....	38
Fase de Planeación	38
Objetivo: Identificar el consumo de energía eléctrica actual efectuando mediciones en las viviendas tipo, analizando los respectivos resultados.....	38
Fase de Planeación	62

Objetivo: Determinar los factores normativos que se debe considerar en el diseño del modelo.....	62
Fase de análisis.....	66
Fase de ejecución	68
Objetivo: Diseñar el modelo de sistema conforme al modelo de vivienda familiar que se identifique.	68
Fase de Evaluación.....	111
Objetivo: Comparar la eficiencia del modelo propuesto versus el sistema actual de suministro de energía.	111
Conclusiones.....	113
Recomendaciones	115
Referencias Bibliográficas	116
Apéndices.....	124
Apéndice A.....	124
<i>Registro fotográfico</i>	124
Apéndice B.....	132
<i>Pasos para diseñar una planta solar</i>	132
Apéndice C.....	139
<i>Informe Técnico Bahía Málaga BN2</i>	139
Apéndice D.....	158
<i>Certificado calibración pinza Fluke 355</i>	158

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1 <i>Clasificación energética en escala de colores</i>	18
Figura 2 <i>Vivienda militar, Bahía Málaga - Valle del Cauca</i>	32
Figura 3 Mapa de temperatura del Valle del Cauca.....	41
Figura 4 Irradiación Global Horizontal, Multianual de Bahía Málaga.....	42
Figura 5 Caracterización de la radiación solar incidente en la Notaría Única de Bahía Málaga.	45
Figura 6 Rango de valores de insolación promedio a 3°	46
Figura 7 Caracterización de la hora solar pico	47
Figura 8 Elementos funcionales de un sistema de generación según la norma NTC 5549	49
Figura 9 Componentes de una planta solar	64
Figura 10 Gráfico general de un sistema solar fotovoltaico offgrid	105

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1 Etapas del trabajo: Procedimientos y materiales	34
Tabla 2 Carga eléctrica vivienda.....	43
Tabla 3 Propiedades eléctricas a Standar Test Conditions	50
Tabla 4 Condiciones de temperatura en condiciones normales establecidas.....	51
Tabla 5 Ficha técnica controlador Smart solar MPPT 70	53
Tabla 6 Ficha técnica batería UCG150.....	56
Tabla 7 Ficha técnica inversor sistema fotovoltaico.....	58
Tabla 8 Especificaciones técnicas de un sistema fotovoltaico autónomo.....	59
Tabla 9 Rendimiento total de la instalación.....	61
Tabla 10 Operacionalización de las variables.....	66
Tabla 11 Contador eléctrico.....	69
Tabla 12 Carga Vivienda – Casa_Tipo_1	70
Tabla 13 Rendimiento Total de la Instalación – Casa_Tipo_1	72
Tabla 14 Consumo Energético Real Medido – Casa_Tipo_1	73
Tabla 15 Estimación del consumo real sin considerar margen de seguridad – Casa_Tipo_1	74
Tabla 16 Energía promedio diario en A-h	74
Tabla 17 Estimación del consumo real considerando margen de seguridad y perdidas en componentes – Casa_Tipo_1	75
Tabla 18 Energía real promedio diario en A-h – Casa_Tipo_1	75
Tabla 19 Estimación del consumo real considerando margen de Seguridad y perdidas en componentes – Casa_Tipo_1	76

Tabla 20 Energía real promedio diario en A-h – Casa_Tipo_1	76
Tabla 21 Cálculo del banco de batería – Casa_Tipo_1	76
Tabla 22 Número de baterías – Casa_Tipo_1	77
Tabla 23 Baterías según potencia de la carga – Casa_Tipo_1	77
Tabla 24 Dimensionamiento de los paneles o módulos solares – Casa_Tipo_1	78
Tabla 25 Dato del Panel seleccionado – Casa_Tipo_1	79
Tabla 26 Corriente de Módulos en paralelo – Casa_Tipo_1	79
Tabla 27 Número de paneles – Casa_Tipo_1	79
Tabla 28 Número de paneles en Serie – Casa_Tipo_1	80
Tabla 29 Número de paneles en paralelo – Casa_Tipo_1	80
Tabla 30 Cálculo del controlador o regulador – corriente de entrada al controlador – Casa_Tipo_1	81
Tabla 31 Cálculo del controlador o regulador – corriente de salida en el controlador – Casa_Tipo_1	81
Tabla 32 Cálculo del inversor – Potencia del inversor – Casa_Tipo_1	82
Tabla 33 Carga Vivienda – Casa_Tipo_2	82
Tabla 34 Rendimiento Total de la Instalación – Casa_Tipo_2	84
Tabla 35 Consumo Energético Real Medido – Casa_Tipo_2	85
Tabla 36 Estimación del consumo real sin considerar margen de seguridad – Casa_Tipo_2	86
Tabla 37 Energía promedio diario en A-h – Casa_Tipo_2	86
Tabla 38 Estimación del consumo real considerando margen de seguridad y perdidas en componentes – Casa_Tipo_2	87
Tabla 39 Energía real promedio diario en A-h – Casa_Tipo_2	87

Tabla 40 Estimación del consumo real considerando margen de Seguridad y perdidas en componentes – Casa_Tipo_2	88
Tabla 41 Energía real promedio diario en A-h – Casa_Tipo_2	88
Tabla 42 Cálculo del banco de batería – Casa_Tipo_2.....	88
Tabla 43 Número de baterías – Casa_Tipo_2.....	89
Tabla 44 Baterías según potencia de la carga – Casa_Tipo_2.....	90
Tabla 45 Dimensionamiento de los paneles o módulos solares – Casa_Tipo_2	90
Tabla 46 Dato del Panel seleccionado – Casa_Tipo_2	90
Tabla 47 Corriente de Módulos en paralelo– Casa_Tipo_2	91
Tabla 48 Número de paneles – Casa_Tipo_2	91
Tabla 49 Número de paneles en Serie – Casa_Tipo_2	91
Tabla 50 Número de paneles en paralelo– Casa_Tipo_2.....	92
Tabla 51 Cálculo del controlador o regulador – corriente de entrada al controlador – Casa_Tipo_2	92
Tabla 52 Cálculo del controlador o regulador – corriente de salida en el controlador – Casa_Tipo_2	93
Tabla 53 Cálculo del inversor – Potencia del inversor – Casa_Tipo_2.....	93
Tabla 54 Carga Vivienda – Casa_Tipo_3.....	94
Tabla 55 Rendimiento Total de la Instalación – Casa_Tipo_3.....	95
Tabla 56 Consumo Energético Real Medido – Casa_Tipo_3.....	96
Tabla 57 Estimación del consumo real sin considerar margen de seguridad – Casa_Tipo_3	97
Tabla 58 Energía promedio diario en A-h – Casa_Tipo_3	97

Tabla 59 Estimación del consumo real considerando margen de seguridad y perdidas en componentes – Casa_Tipo_3	98
Tabla 60 Energía real promedio diario en A-h – Casa_Tipo_3	98
Tabla 61 Estimación del consumo real considerando margen de Seguridad y perdidas en componentes – Casa_Tipo_3	99
Tabla 62 Energía real promedio diario en A-h – Casa_Tipo_3	99
Tabla 63 Cálculo del banco de batería – Casa_Tipo_3.....	99
Tabla 64 Número de baterías – Casa_Tipo_3.....	100
Tabla 65 Baterías según potencia de la carga – Casa_Tipo_3.....	101
Tabla 66 Dimensionamiento de los paneles o módulos solares – Casa_Tipo_3	101
Tabla 67 Dato del Panel seleccionado – Casa_Tipo_3	101
Tabla 68 Corriente de Módulos en paralelo– Casa_Tipo_3	102
Tabla 69 Número de paneles – Casa_Tipo_3	102
Tabla 70 Número de paneles en Serie – Casa_Tipo_3	102
Tabla 71 Número de paneles en paralelo– Casa_Tipo_3.....	103
Tabla 72 Cálculo del controlador o regulador – corriente de entrada al controlador – Casa_Tipo_3	103
Tabla 73 Cálculo del controlador o regulador – corriente de salida en el controlador – Casa_Tipo_3	103
Tabla 74 Cálculo del inversor – Potencia del inversor – Casa_Tipo_3.....	104
Tabla 75 Datos de entrada.....	106
Tabla 76 Cálculos de Potencia y Energía – Casa_Tipo_1	107
Tabla 77 Datos de Salida	107

Tabla 78 Datos de entrada – Batería según Paneles.....	109
Tabla 79 Datos de salida -Batería según Paneles.....	110
Tabla 80 Datos de entrada - Paneles según batería.....	110

Lista de Apéndices

	Pág.
Apéndice A. Registro fotográfico	124
Apéndice B. Pasos para diseñar una planta solar.....	132
Apéndice C. Informe Tecnico Bahia Malaga BN2.....	139
Apéndice D. Certificado calibración pinza Fluke 355.....	158

Introducción

Para el desarrollo del presente proyecto se requiere involucrar las ciencias básicas y aplicadas en la ingeniería electrónica; y considerando que en el momento actual el auge de la tecnología en el mundo está basado en los factores que afectan directamente el medio ambiente y sus cambios climáticos, es por esta razón que este proyecto de investigación aplicada toma relevancia al momento de seleccionar un sistema energético que sea autosuficiente y amigable con el medio ambiente. La propuesta presentada como diseño de un modelo de sistema de energía solar fotovoltaica aplicado a vivienda familiar de la Armada Nacional de Colombia en la Base Naval ARC “Málaga”, es un modelo interesante que aporta no solo investigación sino también conceptualiza y aplica los conocimientos adquiridos durante el desarrollo de la ingeniería.

En el marco conceptual del presente proyecto se evidencia un gran tema de interés nacional e internacional como lo es “Las energías renovables” como alternativa para ayudar al planeta debido a los cambios climáticos en los que nos hemos visto involucrados en las dos últimas décadas. El proyecto tiene un proceso de ejecución de acuerdo con las fases del ciclo Planear-Hacer-Verificar-Actuar, en este orden lógico secuencial se inicia con la recolección de datos y estudio previo de la normatividad técnica legal vigente, dadas las condiciones se plantea una programación en la toma de datos, estas se toman como parte del análisis en el que vamos a diseñar el sistema en la Base Naval ARC “Málaga” de la Armada Nacional de Colombia, en esta fase del proyecto surgieron ciertas condiciones que coadyuvaron a mejorar condiciones presentadas en las viviendas como por ejemplo no contar con medidores de energía por vivienda, seguido con los cálculos para el diseño del sistema aquí es donde nos apoyamos de la herramienta básica que nos permite realizar los cálculos para medir, analizar y tomar decisiones de los elementos, componentes y equipos del sistema.

Dichos datos de entrada, nos permite realizar cálculos basados en los principios matemáticos y físicos aplicado a la ingeniería. Lo que hace posible la deducción de los elementos que se van a utilizar para dicho sistema de energía.

Por último, con la guía del diseño propuesto del sistema se verifica que se den las condiciones para que esta cumpla con lo requerido del proyecto, donde se estudiaron variables como la radiación solar, consumos energéticos mínimos en una vivienda familiar que se convirtieron en datos de entrada para el desarrollo de este.

Las expectativas de esta solución para disminuir los consumos energéticos de energía convencional en la Base Naval ARC “Málaga” fue tomada como excelente y todos de acuerdo para la adaptabilidad a este cambio, uno de los productos inherentes al desarrollo de este diseño es una propuesta para ser presentada a la Dirección General de la Armada Nacional de Colombia que sirva como modelo para cualquiera de las bases navales.

De los resultados presentados en el proyecto son los productos que los objetivos planteados en la propuesta y realizando la trazabilidad nos permiten tomar indicadores que son medibles y cuantificables.

Planteamiento del problema

El consumo de energía eléctrica de la vivienda familiar que pertenecen a la Armada Nacional de Colombia ubicadas en los puertos del territorio nacional, por pertenecer a zonas sobre el nivel del mar donde las temperaturas oscilan entre 30 °C a 35 °C, la mayoría de estas viviendas cuentan con aire acondicionado para confort de los militares y sus familiares y demás electrodomésticos necesarios para la cotidianidad; donde en la mayoría de veces no son equipos que sean eficientes energéticamente de acuerdo con la clasificación de la etiqueta energética la mayoría son tipo “D, E, F y G”, por ser ambiguos, “el consumo energético anual en una escala de colores y letras de la A (verde oscuro) a la G (rojo). En el caso de algunos productos, la etiqueta también debe indicar el consumo de agua y el nivel de ruido y de calor” (Factor Energía, 2018).

Figura 1

Clasificación energética en escala de colores



Nota. (minenergia.gov.co, 2015)

Resolución No. 4 1012 DE 18 SEP 2015 de 2015, reglamento técnico de etiquetado RETIQ.

En consecuencia, esto ha incrementado el costo de energía eléctrica, aun por estar en zona por debajo de 100 msnm cuyo costo es \$ KWh es de 506, 99 por consumo de subsistencia (173 kWh). En una casa regular “Una persona consume en promedio 38 kWh mes (kilovatios hora mes), es decir que, para una familia de cuatro personas, el promedio de consumo mensual debe ser 152 kWh mes de energía” (EPM, 2013).

En la Base Naval ARC “Málaga”, el consumo promedio por vivienda mensual es de aproximadamente 237 kWh, energía suministrada por la empresa de energía CELSIA del grupo Argos en convenio con las Empresas Municipales de Cali (EMCALI); la energía es suministrada desde la hidroeléctrica de Anchicayá con 115.000 Voltios por 6 líneas hasta la subestación eléctrica El Pailón, el cual se encarga de enviar por medio de 104 torres eléctricas, hasta la Base Naval ARC “Málaga”, a través de 3 líneas y una cuarta de comunicaciones (telemidas), las cuales son visualizadas en Yumbo, Valle del Cauca. A bordo de la base, la subestación eléctrica transforma a 13.200 voltios los cuales son distribuidos por circuitos aéreos y subterráneos a toda la unidad. Este fluido eléctrico es sectorizado por 36 transformadores encargados de dar la distribución final de 220 voltios y 115 voltios a las viviendas. Un factor determinante en este diseño es que se va a realizar en la zona de costa donde la incidencia solar es más alta que en cualquier otro punto del territorio nacional.

El diseño del modelo de este sistema se realizará en La Bahía Málaga una bahía del Océano Pacífico ubicada al occidente del departamento del Valle del Cauca, en Colombia, entre el delta del río San Juan y la bahía de Buenaventura – coordenadas 3°58'12" N, 77°19'12" W” (google.com.co/maps, 2022). “De acuerdo con La norma NTC-ISO 50001:2019 228 Gestión Energética. “donde se especifica los requisitos para establecer, implementar, mantener y mejorar un sistema de gestión de la energía (SGEn)” (NTC ISO 50001, 2019).

En el marco del ODS 7 (objetivo de desarrollo sostenible 7) llamado energía asequible y no contaminante, de la misma forma el ODS 9 fomentar la industria, innovación e infraestructura, surge la necesidad de implementar un sistema inteligente en la aplicación de este tipo de energías y así optimizar la eficiencia, con el fin de caracterizar los potenciales de recursos renovables que se pueden aprovechar en la región, sin importar los cambios repentinos en la irradiancia por causas atmosféricas como por ejemplo el paso de una nube o las épocas de invierno donde la radiación solar se atenúa en altos porcentajes.

Basado en la revisión literaria, la problemática y la justificación expuesta en la siguiente sección, surgen los siguientes interrogantes: ¿Cuáles son los factores energéticos más determinantes en un sistema solar fotovoltaico?, ¿Cuáles son las variables para controlar para la optimización de un sistema solar fotovoltaico?, ¿Cuáles son los elementos de carga a utilizar en un sistema solar fotovoltaico?, ¿Cómo reducir el costo de implementación de un sistema de energía fotovoltaica?, ¿Por qué esta propuesta pueda apoyar al ahorro energético tradicional en sus costos?

De la reflexión de los interrogantes anteriores surge la siguiente pregunta central de investigación:

¿Qué características debe tener un modelo de sistema de energía fotovoltaica de forma que sea eficiente para atender las demandas de energía de las viviendas familiares de la Armada Nacional de Colombia en la Base Naval ARC “Málaga”?

Justificación

El proyecto plantea realizar un estudio con un sistema de energía solar fotovoltaica aplicado a vivienda familiar que cuente con un sistema de energía solar con el objetivo de disminuir los costos de energía a largo plazo.

La ley 1715 de 2014 busca fomentar y promover el uso de energía renovable en el país, por lo que ha reglamentado una serie de incentivos tributarios aprobados y otorgados por la ley 028 de la UPME (Unidad de Planeación Minero-Energética) a los cuales se puede acceder si se invierte en un sistema de energía solar fotovoltaico, especialmente en las empresas.

Adicionalmente existen incentivos tributarios como son deducción de impuesto de renta: plazo de 5 años para utilizar el beneficio, se puede descontar el 50% de la inversión de la base gravable del impuesto. La deducción no puede ser mayor al 50% de la renta líquida del periodo. Así mismo la depreciación acelerada: Se puede depreciar el otro 50% del activo de manera acelerada a un 20% anual durante 5 años. La depreciación se puede incluir como un gasto en el estado de resultados y reduce el impuesto de renta. Exención de IVA y aranceles: El propietario no paga IVA sobre el proyecto ni el contratista lo cobra. La exención de aranceles para el material y equipos importados para el proyecto. En atención a lo anterior se corrobora que bajo la Ley 2099 Del 10 de julio del 2021.... “por medio de la cual se dictan disposiciones para la transición energética, la dinamización del mercado energético, la reactivación económica del país y se dictan otras disposiciones”. Así mismo el decreto 829 del 10 de junio del 2020 ... “Por el cual se reglamentan los artículos 11, 12, 13 Y 14 de la Ley 1715 de 2014, se modifica y adiciona el Decreto 1625 de 2016, único Reglamentario en Materia Tributaria y se derogan algunos artículos del Decreto 1073, único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía”.

Basados en los anteriores beneficios tributarios, los altos costos de la energía en Colombia, las exigencias de los Objetivos de desarrollo sostenible (ODS) para tener un medio ambiente más sano, es interesante y posible implementar sistemas de generación de energías limpias, y en el presente proyecto se diseña un sistema de energía solar fotovoltaico para vivienda familiares de la Armada Nacional de Colombia en la Bahía Málaga.

La implementación de un sistema solar fotovoltaico ayuda a minimizar costos energéticos y el aprovechamiento de las excepciones de impuestos que está dando el gobierno ayuda a una recuperación rápida de la inversión y hace más competitivas nuestras empresas al tener una disminución del costo de la energía utilizada en sus procesos productivos.

Objetivos

Objetivo general

Diseñar un modelo con un sistema de energía solar fotovoltaica aplicado a la vivienda familiar de la Armada Nacional de Colombia en la Base Naval ARC “Málaga”.

Objetivos específicos

Identificar el consumo de energía eléctrica actual efectuando mediciones en las viviendas tipo, analizando los respectivos resultados.

Determinar los factores normativos que se debe considerar en el diseño del modelo.

Diseñar el modelo de sistema conforme al modelo de vivienda familiar que se identifique.

Comparar la eficiencia del modelo propuesto versus el sistema actual de suministro de energía.

Marco referencial

Antecedentes

El proceso para el desarrollo de este proyecto comienza con el conocimiento y las habilidades adquiridas mediante estancias de investigación en el Instituto Nacional de electricidad y energías limpias y culmina con la implementación de un sistema de energía solar fotovoltaica aplicado a una vivienda unifamiliar de la Armada Nacional de Colombia en la base ARC “Málaga”. Se buscó que el sistema tenga la capacidad de abastecer la energía requerida por la vivienda, los datos registrados fueron tomados través de equipos de medida calibrados por el centro de metrología de la Base Naval.

Debido a la gran población y evolución industrial, ha traído como consecuencia gran demanda de energía eléctrica afectando el medio ambiente, según Céspedes & Sierra: aproximadamente el 86% de energía se está extrayendo de fósiles, mientras que el 19% de fuentes renovables asociadas al uso tradicional de la biomasa y centrales hidroeléctricas. Somos conocedores del gran daño que hace el uso del gas y carbón produciendo CO₂ concentrado directamente en la atmosfera, lo que hace que ocurra el calentamiento global, erosión, salinización en las costas, propagación de enfermedades infectocontagiosas. El abuso por la sobreexplotación y el uso de los combustibles fósiles han ocasionado serios daños al medio ambiente: gases de efecto invernadero, contaminación del agua, suelo y daños irreparables a los sistemas ecológicos (Cepeda & Sierra, 2017).

Como parte del proyecto se debe definir o reconocer variables que identifiquen al proyecto entre estas tenemos:

Nominal Operating Cell Temperature (NOCT): Temperatura a la que trabaja una célula en un módulo bajo las Condiciones de Operación Estándar, que es de 20° Centígrados de

temperatura ambiente, irradiación de 0.8 kW/m^2 y velocidad media del viento de 1 m/s , con el viento orientado en paralelo al plano de la estructura y todos los lados de la estructura totalmente expuestos al viento.

Punto de máxima potencia de un Panel: Potencia que suministra un panel fotovoltaico cuando el producto de la tensión por la intensidad es máximo.

Radiación Solar: Cantidad de energía procedente del sol que se recibe en una superficie y tiempo determinados.

Rendimiento: Es la relación que existe entre la energía que realmente transforma en energía útil y la que requiere un determinado equipo para su funcionamiento.

Sistema Aislado o Remoto: Sistema fotovoltaico autónomo, no conectado a red. Estos sistemas requieren baterías u otras formas de acumulación. Suelen utilizarse.

Sistema Conectado a la Red (Grid tie): Es un sistema solar eléctrico o fotovoltaico (PV) en el cual el arreglo solar se comporta como una planta generadora central, supliendo potencia a la red. También se le conoce como Sistema Line Tie.

Sistema Independiente (off grid): Es un sistema autónomo o híbrido solar que no está conectado a la red.

Requiere tener reserva de energía en baterías u otra forma de reserva, también se le conoce como sistema remoto o separado de la red.

Sistema híbrido: Es un sistema solar eléctrico o sistema fotovoltaico que incluye otras fuentes de generación de electricidad, tales como, generadores Diesel, generadores de viento y generadores de agua.

Estudio para el uso de la tecnología solar fotovoltaica

En el trabajo presentado por los autores Janett Barbosa Urbano, Faiver Humberto Trujillo González, Pablo Elías Velásquez Perilla, José Ulises Castellanos Contreras **Fuente especificada no válida.** dan a conocer los aspectos iniciales del proyecto: “Factibilidad para el diseño de un sistema de captación, almacenamiento, distribución y uso de energía fotovoltaica en Bogotá”, elaborado por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Cooperativa de Colombia. Se explican las normas actuales relacionadas con la implementación, prueba y desempeño de paneles solares fotovoltaicos; además, se relacionan algunos trabajos realizados por diferentes instituciones en el ámbito mundial y se presentan elementos preliminares del software de control para el sistema fotovoltaico.

Desde este punto de vista práctico del presente proyecto se tiene como hipótesis de trabajo que la utilización de sistemas fotovoltaicos para solucionar necesidades de energía eléctrica en el país de forma masiva puede contribuir significativamente a solucionar problemas de demanda de energía y uso inteligente de la misma.

Marco Teórico

El Sistema de medición de la calidad de suministro eléctrico para planta solar fotovoltaica, fue estudiado por los autores Aquino-Robles, José Antonio, Fernández Nava, Cecilia, y Corona-R., Leonel G. Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas del Instituto Politécnico Nacional UPIITA IPN. 9 de marzo, 2017.

Donde presenta el diseño, implementación y validación de un sistema de medición de calidad de suministro eléctrico para planta fotovoltaica. En esta investigación se utilizó un sistema embebido (NI Compact RÍO 9074). Mismo que fue programado en LabVIEW. El sistema es autónomo para adquirir y procesar las señales del inversor, calculando y almacenando la información generada, en la NI Compact RÍO. Comparándola con los parámetros básicos normalizados que son considerados en la medición de la calidad de la energía a nivel internacional.

Modelo y simulación de un sistema fotovoltaico portátil

En un trabajo de grado realizado por los autores Alejandro Zapata Martínez, Matilde Santos, Facultad de Ciencias Físicas – UCM Madrid – España, “Modelo de simulación en el entorno Matlab/Simulink” para una configuración de una célula de litio de alta capacidad junto con un panel fotovoltaico flexible para aplicaciones portátiles. Este dispositivo está en desarrollo y la obtención del modelo y simulación de este son necesarias para probar los nuevos prototipos.

En este artículo se estudia la posibilidad de incorporar una célula de litio de alta capacidad a un panel fotovoltaico flexible. De esta forma, no tendríamos problemas para cargar nuestros dispositivos, independientemente del nivel de irradiancia solar. Un dispositivo como el propuesto se puede utilizar cuando estamos en el campo o en la playa, dado su fácil

acoplamiento a diferentes situaciones y elementos (adheridos a la tela de una mochila, etc.), y gracias a sus reducidas dimensiones y poco peso del sistema, y a la gran capacidad que proporciona la batería de litio. (Zapata Martínez, & Santos, 2015).

Aspectos que afectan la eficiencia en los paneles fotovoltaicos y sus potenciales soluciones

Los factores que afectan la eficiencia de un panel solar fotovoltaico y determinar los avances científicos que se han propuesto para reducir estos factores de ahí que Cepeda, Juan. Sierra, Adriana. Facultad de Ingeniería Mecánica Universidad Santo Tomás Bogotá, Colombia, estudiaran la eficiencia y potencia entregada por un panel fotovoltaico son condiciones que se ven afectadas, principalmente por aspectos ambientales y tecnologías utilizadas en su proceso de fabricación.

La temperatura de funcionamiento del panel fotovoltaico desempeña un papel clave en el proceso de conversión de energía. Tanto en el rendimiento eléctrico como la potencia de salida del módulo, dependen linealmente de la temperatura de funcionamiento del panel. Los paneles solares absorben en promedio el 80% de la irradiación solar recibida. Sin embargo, una parte de esta irradiancia se convierte en electricidad y la restante se convierte en calor. La fracción que se convierte en calor aumenta la temperatura del módulo, formando concentraciones de portadores intrínsecos produciendo una mayor saturación de corriente, lo que provoca una reducción en la eficiencia y deterioro en el panel fotovoltaico. Para regular la temperatura de los paneles solares se utilizan varios métodos con el fin de mejorar su eficiencia. De acuerdo con Bahaidarah et al, Chandel & Schiro las técnicas más utilizadas y viables para controlar el aumento de la temperatura de los paneles fotovoltaicos son:

Aire acondicionado; enfriamiento a base de agua; enfriamiento por inmersión líquida; refrigeración termoeléctrica; refrigeración del tubo de calor; micro-canales; Intercambiadores de calor mejorado; enfriamiento por chorros; micro-canales híbridos; sistemas de cambio de fase.

Shahrestan, evaluó el rendimiento energético y térmico de un sistema fotovoltaico naturalmente ventilado, este consistía en aprovechar las corrientes de viento que se presentan en Izmir, Turquía para disminuir la temperatura del panel. Los resultados en dicho estudio mostraron una mejora en la eficiencia hasta del 4% y un aumento en la generación anual de electricidad del sistema entre 4,7 a 5,7%.

Marco Normativo

Ley 1715 de 2014 expedida por el congreso: por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional

Decreto 2143 de 2015 del ministerio de Minas y Energía, Hacienda y Crédito público, Comercio, Industria y Turismo y de Ambiente y de Desarrollo sostenible: por la cual se adiciona el Decreto único reglamentario del sector administrativo de minas y energía, 1073 de 2015, en lo relacionado con la definición de los lineamientos para la aplicación de los incentivos establecidos en el capítulo 111 de la Ley 1715 de 2014

Resolución Min Ambiente 1283 de 08 de agosto de 2016: por la cual se establece procedimiento y requisitos para la expedición de la certificación de beneficio ambiental por nuevas inversiones en proyectos de fuentes no convencionales de energías renovables – FNCER y gestión eficiente de la energía, para obtener los beneficios tributarios que tratan en los artículos 11, 12, 13, 14 de la Ley 1715 de 2014 y se adoptan otras determinaciones

Ley 1715 de 2014: por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional.

Resolución UPME 0281 de 2015 Por la cual se define el límite máximo de potencia de la autogestión a pequeña escala

Resolución CREG 024 de 2015: por la cual se regula la actividad de autogeneración a gran escala en el Sistema Interconectado Nacional (SIN).

Decreto 1623 de 2015: por el cual se modifica y adiciona el Decreto 1073 de 2015, en lo que respecta al establecimiento de los lineamientos de política para la expansión de la cobertura del servicio de energía eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional y en las Zonas No Interconectadas

Decreto 2492 de 2014: Por el cual se adoptan disposiciones en materia de implementación de mecanismos de respuesta de la demanda.

Decreto 2469 de 2014: Por el cual se establecen los lineamientos de política energética en materia de entrega de excedentes de autogeneración.

Resolución No 024 del 13 de marzo del 2015, Comisión de Regulación de Energía y Gas - CREG, mediante la cual se regula la actividad de autogeneración a gran escala en el Sistema Interconectado Nacional, deroga el Decreto 2469 del 2014 (Ministerio de Minas y Energía, 2015).

NTC 5549: Sistema fotovoltaicos (fv) terrestres. Generadores de potencia. Generalidades y guía. Esta norma brinda una visión general de los sistemas fotovoltaicos (fv) terrestres generadores de potencia y de los elementos funcionales que los constituye .

NTC 5710: Protección contra las sobretensiones de los sistemas fotovoltaicos productores de energía. Esta norma establece algunos métodos para proteger los sistemas fotovoltaicos productores de energía de sobretensiones, independiente de si son autónomos o si están conectados a la red de distribución del sistema de potencia (Torres, 2016).

Figura 2

Vivienda militar, Bahía Málaga - Valle del Cauca



Nota. elaboración propia, imagen aprobada por la Armada de Colombia para efectos del proyecto

Panel Solar: Los rayos solares chocan con unas placas compuestas por materiales semiconductores que transforman la energía recibida en electricidad. Las encargadas de realizar esta transformación son las llamadas celdas solares. Forman los paneles solares y son pequeñas células hechas de silicio cristalino o arseniuro de galio

Regulador: Se encarga de controlar el flujo de energía que circula entre el campo fotovoltaico y el campo de baterías

Batería: Son dispositivos usados para almacenar la energía que los paneles solares o cualquier fuente de energía produce. La energía almacenada en las baterías es consumida posteriormente, cuando el sistema diseñado lo requiera.

Inversor: es un convertidor que transforma la corriente continua que recibe de los paneles fotovoltaicos y las baterías en corriente alterna, que se puede usar, almacenar en baterías o verter a la red. (Endesa, 2020).

Metodología

Tipo de investigación general

La metodología para implementar será una descripción cualitativa y cuantitativa, en la que se toma como base los aspectos normativos y especificaciones técnicas de las alternativas de solución para el presente problema, y a partir de un proceso de ajuste del modelo, se busca llegar al modelo óptimo, sin descartar que se llegue a proponer más de una solución factible.

Siguiendo entonces el proceso establecido por el método Científico, en la Tabla 1. Etapas del trabajo: Procedimientos y materiales, se establecen las siguientes etapas de trabajo con sus respectivos procedimientos y materiales requeridos.

Tabla 1

Etapas del trabajo: Procedimientos y materiales

Fase	Etapas	Descripción	Procedimiento	Materiales
Planear	Plantear la problemática	Caracterización de los consumos actuales de energía, de acuerdo con los tipos de vivienda que se identifiquen.	Diseño de la propuesta de investigación con todos sus elementos para orientar la investigación hacia su fin principal:	Únicamente la información y documentación requerida para la propuesta de investigación.
Hacer	Recolección de información	Análisis de la normatividad vigente para el diseño, instalación y uso de sistema de energía fotovoltaica	La actividad principal de esta fase será realizar un banco de información con la bibliografía que más se ajuste a la investigación, teniendo en cuenta las diferentes temáticas y conceptualización requerida	Computador con acceso a Internet y un navegador web, para la búsqueda de información; el acceso a diferentes bases de datos científicas tanto nacionales como

Fase	Etapa	Descripción	Procedimiento	Materiales
			(modelamiento matemático, mecánica newtoniana, ingeniería eléctrica, maquinas eléctricas rotativas, economía de la energía eléctrica, marco legal en Colombia, estado actual de la generación, transformación y uso de la energía eléctrica, energías renovables y el impacto	internacionales (Scholar, Scopus, Science Direct, Springer, Scielo, Redalyc, Latindex, etc); y un gestor de referencias que permita construir el proyecto
	Diseño del sistema	Caracterización de las condiciones ambientales de la zona	Cuadro de cargas de la vivienda teniendo en cuenta los electrodomésticos previamente instalados.	Medidores de energía
		Análisis y dimensionamiento del sistema de acuerdo con los resultados de las etapas anteriores.	Determinación de las variables ambientales como radiación y brillo solar obtenido para la vivienda, etc.	Computador con acceso a Internet y un navegador web, para la búsqueda de información; el acceso a diferentes bases de datos científicas tanto nacionales como internacionales (Scholar, Scopus, Science Direct, Springer, Scielo, Redalyc,

Fase	Etapa	Descripción	Procedimiento	Materiales
				Latindex, etc); y un gestor de referencias que permita construir el proyecto
Verificar		Diseño del modelo final como alternativa de solución.	Diseño del modelo	Computador con acceso a Internet y un navegador web, para la búsqueda de información; el acceso a diferentes bases de datos científicas tanto nacionales como internacionales (Scholar, Scopus, Science Direct, Springer, Scielo, Redalyc, Latindex, etc); y un gestor de referencias que permita construir el proyecto
Actuar	Verificación de la eficiencia del sistema	Comparación con prototipos establecidos para el aprendizaje	Cotización de la solución planteada en el modelo.	Computador con acceso a Internet y un navegador web, para la búsqueda de información; el acceso a diferentes bases de datos científicas tanto nacionales como

Fase	Etapa	Descripción	Procedimiento	Materiales
				internacionales (Scholar, Scopus, Science Direct, Springer, Scielo, Redalyc, Latindex, etc); y un gestor de referencias que permita construir el proyecto

Nota. elaboración propia del proyecto

Desarrollo del proyecto

Fase de Planeación

Objetivo: Identificar el consumo de energía eléctrica actual efectuando mediciones en las viviendas tipo, analizando los respectivos resultados.

Actividad. Estudio de la normatividad vigente e identificación de las variables que afectan a un sistema de paneles solares fotovoltaicos, determinando así la radiación solar que puede ser aprovechada, según las características de localización del proyecto.

Determinar las características físicas del lugar donde se ubicarán los paneles solares.

Identificar las características geográficas y climatológicas generales de la zona que son los principales factores de variación en el rendimiento de los sistemas fotovoltaicos.

Establecer el valor de radiación tomando como datos, los registrados en el mes con menor índice de radiación solar

Resultado:

Estudio de localización del proyecto. La localización del proyecto está condicionada a los aspectos localización, para asegurar la maximización de beneficios económicos, sociales y ambientales. La Base Naval ARC “Málaga” ubicada en el municipio de Buenaventura departamento del Valle del Cauca, coordenadas 3°15’N -77°19’O, la Bahía Málaga es una bahía del océano Pacífico ubicada al occidente del departamento del Valle del Cauca, en Colombia, entre el delta del río San Juan y la bahía de Buenaventura. Sus características y factores condicionantes relevantes para la evaluación de factibilidad técnica y económica de una instalación de paneles solares fotovoltaicos.

La Bahía de Málaga está ubicada específicamente en la porción media de la costa

Pacífica Colombiana en el municipio de Buenaventura, Departamento del Valle del

Cauca. El área protegida comprende 47.094 hectáreas (equivalentes a 137.34 millas náuticas cuadradas), y los límites de su área de influencia son el río San Juan al Norte, al Este la carretera de acceso a la Base Naval ARC “Málaga”, al Sur la costa del Istmo de Pichidó y al Oeste el Mar Territorial. A escala regional, el parque se articula al "Corredor de Conservación" con los Parques Nacionales Naturales Farallones de Cali y Munchique (Bahía Malaga, 2021). El área de la gran región comprende una superficie de 907.200 hectáreas de las cuales 570.660 son continentales y 336.530 son marinas, localizadas en la subregión central de la costa pacífica, parte norte del municipio de Buenaventura y parte sur del municipio de Istmina – Chocó. Su ubicación en la mitad del camino del rango de desplazamiento del cinturón de convergencia intertropical, la convierte en una de las regiones más lluviosas del mundo con precipitaciones de 6.000 a 7.000 mm/año y 26 – 28 °C de temperatura. La región en su parte terrestre, está cubierta casi totalmente de bosques del tipo húmedo tropical (bmh-t) y bosque pluvial tropical (bp-t) con vegetación exuberante y diversa, con una altura promedio de 30msnm, gran cantidad de epífitas, lianas, bejucos y fauna muy variada en especies. El medio ambiente marino de la Bahía se caracteriza por la existencia de un número apreciable de hábitats diferentes que la hacen realmente excepcional, sobre todo porque recoge a modo de síntesis muchas condiciones de vida de la costa pacífica Colombiana. Los suelos de Bahía Malaga son de origen laterítico con altos niveles de saturación de aluminio y hierro, Ph ácido, escasos de bases y sílice, desprovistos de potasio, calcio y fósforo. Esta composición determina que sean suelos porosos muy frágiles, altamente erosionables (Arboleda Home, 1993).

Factores que condicionan la localización del proyecto. Los factores para tener en cuenta son:

Económico: A partir del levantamiento de cargas que se realizó en campo, se establece que los aparatos electrónicos tienen un consumo de 140 kW/h mensual, con el propósito de disminuir e incluso eliminar el costo de consumo energético y teniendo en cuenta que es un sistema autónomo y puede llegar a convertirse en auto generador, este factor económico se convierte de gran importancia para el proyecto.

Legales: Conociendo de antemano que la empresa de energía pública del municipio de Buenaventura es CELSIA donde está ubicado el proyecto establece los requisitos para el proceso autogeneración y distribución de energía esto se convierte en una oportunidad de disminuir costos energéticos a la Base Naval.

Insumos: Los insumos principales para el sistema fotovoltaico; paneles solares, baterías, controladores, inversores y cables y demás conexiones son inventariados y transportados desde Bogotá, mientras que otros insumos que sean necesarios son de fácil obtención en municipios cercanos como Buenaventura e incluso Cali.

Ambiental: La influencia de variables ambientales como la geografía y el clima de la localización del proyecto son factores determinantes del rendimiento del sistema fotovoltaico.

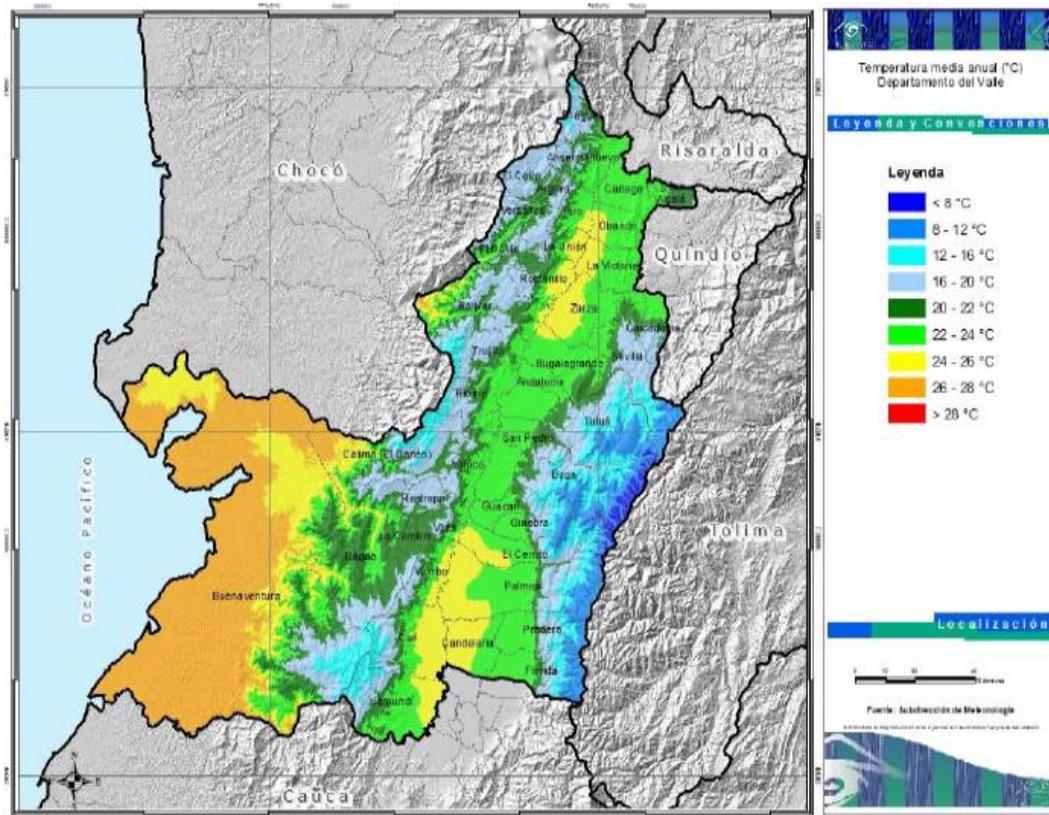
En la ilustración 1 y 2 se puede observar la región del departamento del Valle del Cauca focalizado a Bahía Málaga a través del atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia puesto a disposición por el IDEAM, (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales del Gobierno de Colombia) se puede estimar la Irradiación Global 23. Por medio del Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia puesto a disposición por el IDEAM, (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales del Gobierno de

Colombia) se puede estimar la Irradiación Global Horizontal, en un mapa Multianual donde se evidencia una irradiación promedio de 4,0 a 4,5 KWh/m² en casi todo el municipio incluyendo área rural.

En la figura 3 Se puede detallar la temperatura promedio del departamento del Valle del Cauca objeto de estudio, específicamente en Bahía Málaga

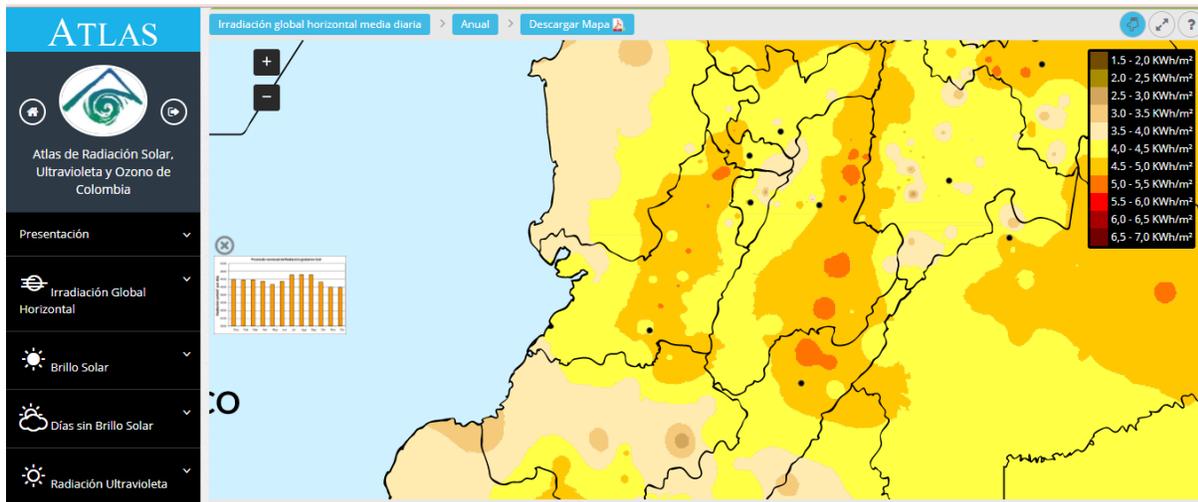
Figura 3

Mapa de temperatura del Valle del Cauca



Nota. mapa centrado del Valle del Cauca. (IDEAM, 2019).

En la figura 4 Apoyados del software sollarys se observa la irradiación global horizontal de Bahía Málaga.

Figura 4*Irradiación Global Horizontal, Multianual de Bahía Málaga*

Nota. (IDEAM, 2019).

El presente proyecto fue postulado y aprobado por el área de electrónica, y desde allí el comandante de la Base Naval ARC “Málaga” aprobó su ejecución, para que se haga el estudio de la viabilidad de colocar un sistema de energía renovable en la Base Naval. Disponiendo de los técnicos para que realicen actividades operacionales como tomas de medidas, colocar contadores de energía que no contaba el edificio tipo a realizar el diseño.

El talento humano tanto los profesionales como técnicos que apoyan las actividades de electricidad y electrónica de la Base Naval son altamente competitivos en el tema, en cuanto a contar con los materiales a la mano para la ejecución del proyecto serán dados a medida que se observe si tiene viabilidad el proyecto. La base cuenta con un laboratorio de metrología y con máquinas y herramientas que aportan a que se den las condiciones del proyecto.

El diseño que se le aplicará a este proyecto es de acuerdo con la ingeniería que se caracteriza por medio de la búsqueda de parámetros y factores que permiten dimensionar, seleccionar y aplicar diferentes tecnologías que se adecuan a las condiciones operacionales del

sistema y las necesidades que se requieran satisfacer por medio de un sistema fotovoltaico. La cual se presenta en el Apéndice C.

El levantamiento de cargas. Se realiza teniendo en cuenta modelos de vivienda de la Base Naval ARC “Málaga”, tal como se presenta en la Tabla 2. Carga eléctrica vivienda, que se presenta a continuación.

Tabla 2

Carga eléctrica vivienda

Equipo	Cant.	Estimación Carga				
		Horas / Día	Voltaje	Corriente	Potencia	Wh/Día
Plancha Cabello	1	0,003	125,0 V	1,35 A	168,75 W	0,47 W
Wii	1	0,1	125,0 V	0,18 A	22,50 W	2,25 W
Plancha Ropa	1	0,003	125,0 V	7,40 A	925,00 W	2,57 W
Bombillas	12	0,5	125,0 V	0,14 A	17,50 W	8,75 W
Cargador Celular	2	4	125,0 V	0,16 A	20,00 W	80,00 W
Ventilador	1	1	125,0 V	0,87 A	108,75 W	108,75 W
PC	1	3	125,0 V	0,31 A	38,75 W	116,25 W
Nevera	1	24	125,0 V	0,08 A	10,00 W	240,00 W
Router WiFi	1	24	125,0 V	0,08 A	10,00 W	240,00 W
Microondas	1	0,2	125,0 V	11,41 A	1426,25 W	285,25 W
Lavadora	1	1	125,0 V	2,34 A	292,50 W	292,50 W
TV	1	5	125,0 V	0,85 A	106,25 W	531,25 W
Estufa y Horno	1	1	125,0 V	18,29 A	2286,25 W	2286,25 W
Aire Acondicionado	2	12	125,0 V	8,18 A	1022,50 W	12270,00 W
TOTALES					6286,25 W	16463,82 W

Nota. Elaboración del proyecto

Teniendo en cuenta la tabla anterior el diseño del sistema solar fotovoltaico se realiza teniendo en cuenta un consumo por día de 16.46 Kwh/día

Recurso solar. La fuente de información utilizada en esta ocasión es Solarius PV, es un software para el dimensionamiento y el cálculo de la instalación fotovoltaica. Es un instrumento completo, confiable e innovador para el diseño de instalaciones fotovoltaicas autónomas,

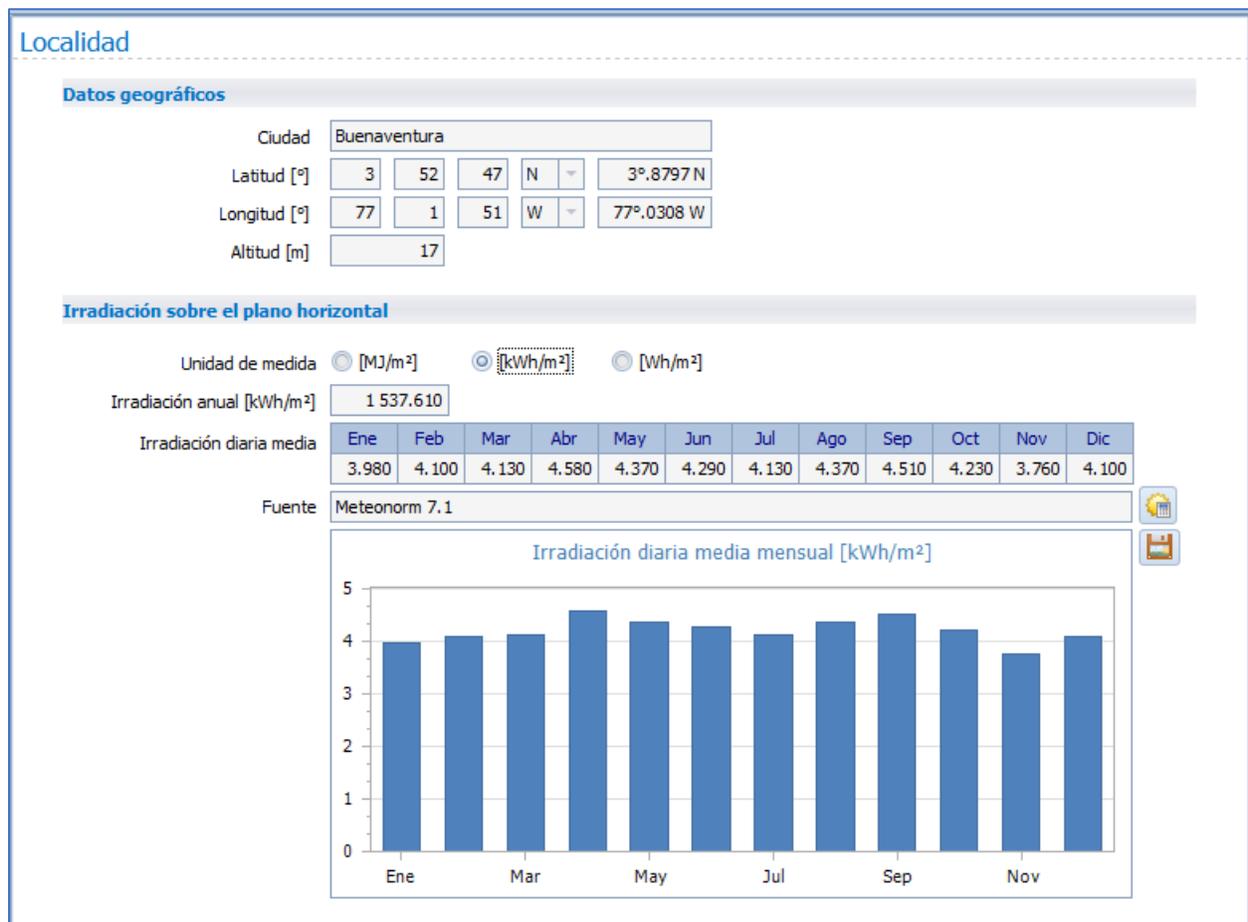
también con sistemas de almacenamiento, de cualquier tipo y dimensión, tanto desde el punto de vista técnico como económico

Teniendo en cuenta que los datos requeridos para el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico son la Irradiación solar, este software permite obtener los datos de la irradiación diaria media a través de una fuente de datos de acceso libre llamada Meteonorm 7.3.3, los datos se obtienen por medio de las coordenadas de Bahía Málaga la cuales son Latitud $3,980^{\circ}\text{N}$ y Longitud $-77,329^{\circ}\text{E}$, estas coordenadas se obtienen seleccionando en el mapa la ubicación del proyecto y automáticamente se generan los datos de Altitud, Irradiación anual en Kwh/m^2 e Irradiación diaria media (Gdm).

A continuación, y con el ánimo de verificar la información de la irradiación media incidente obtenido por medio del software se compara la información por medio de la aplicación Solar App - CCEEA la cual obtiene los datos directamente de las bases de datos de la NASA obteniendo la ilustración 3, que será utilizada para realizar el dimensionamiento teniendo en cuenta que el mes crítico donde se reciben menos de horas de sol al día es el mes de julio.

Figura 5

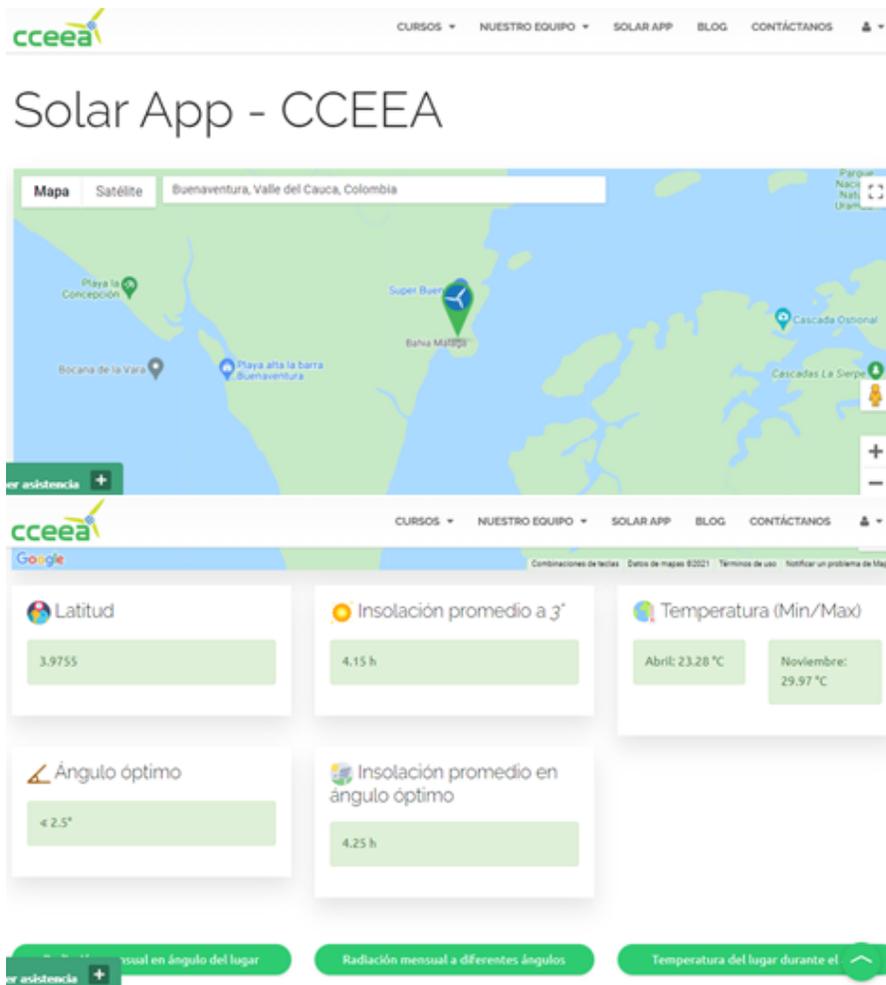
Caracterización de la radiación solar incidente en la Notaría Única de Bahía Málaga



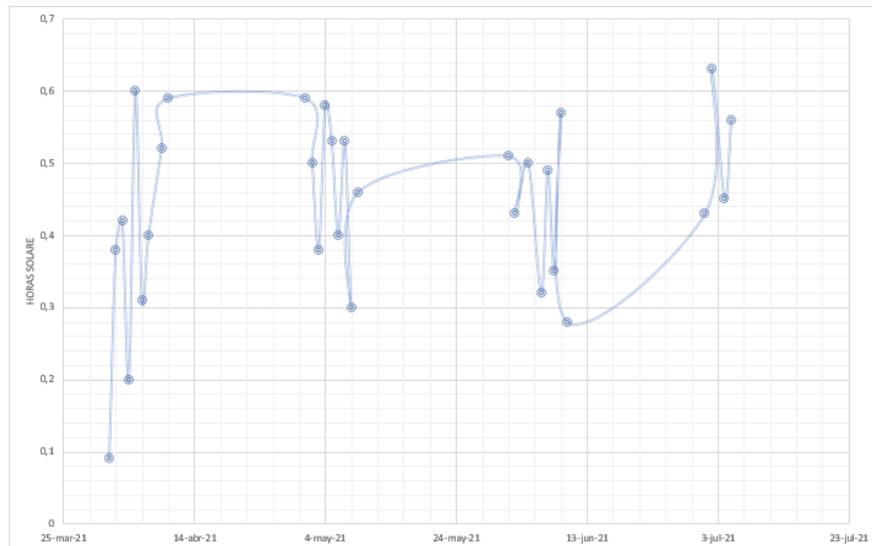
Nota. software libre solariusPV.

Figura 6

Rango de valores de insolación promedio a 3°



Nota. Solar App - CCEEA

Figura 7*Caracterización de la hora solar pico*

Nota. Solar App – CCEEA

En la caracterización de las horas solar pico de la ilustración 5: se visualiza que mes a mes en la vigencia del proyecto las horas solares fluctúan entre 0.1 a 0.4 horas solares, dando a entender que existen picos de radiación solar ya que se encuentra en zona costera, pero a la vez, esta zona en nuestro país es la de mayor alto índice de lluvias por mes, lo que hace que exista como una estabilidad sea en descenso o en ascenso de radiación por ciertos días a la semana.

Hora Solar Pico de acuerdo con trabajo de grado de Miguel Barragán “Esta unidad denominada hora solar pico es muy usado en el campo de la energía solar fotovoltaica y su conocimiento resulta útil en el análisis de sistemas fotovoltaicos, como los instalados en las escuelas primarias rurales, etc. La hora solar pico (HSP) es una unidad que mide la irradiación solar y se define como el tiempo en horas de una hipotética irradiación solar constante de 1.000 W/m². Una hora solar pico equivale a 3,6 MJ/m² o, lo que es lo mismo, 1 kWh /m², tal y como se muestra en la siguiente conversión:

$$1 \text{ HSP} = \frac{1000 \text{ w. } 1h}{1 \text{ m}^2} * \frac{3600 \text{ s}}{1h} * \frac{1 \text{ J/s}}{1W} = 3,6 \text{ MJ/m}^2$$

La hora pico solar que se gráfica en la imagen anterior es equivalente a la energía generada con una radiación solar de 1000Wh/m² y son las horas en las cuales se puede aprovechar la mejor calidad del recurso solar para una superficie o modulo fotovoltaico con una orientación e inclinación determinada” (Barragan Bueno, 2020), que en este caso son a 3°.

Para este caso en específico teniendo en cuenta que se va a utilizar la metodología del mes peor para garantizar en las peores condiciones el suministro de energía se selecciona el mes de abril siendo este mes el que menos irradiación global (Gdm) presenta con un valor de 4,15 Kwh/m² tal y como se evidencia en la ilustración 4, entonces:

$$(HSP) = \frac{Gdm}{1 \text{ sol}} = \frac{4125 \text{ Wh/m}^2}{1000 \text{ W/m}^2}$$

$$= 4.125 \text{ Horas solar pico}$$

Ecuación 1. Horas solar pico
(Rodríguez, 2020)

Selección de instalación generadora. Según el reglamento NTC 5549 de Sistemas Fotovoltaicos (FV) Terrestres, Generadores de Potencia, existen dos tipos de instalaciones generadoras. fotovoltaicas conformados por componentes y subsistemas que convierten la radiación solar incidente en energía eléctrica.

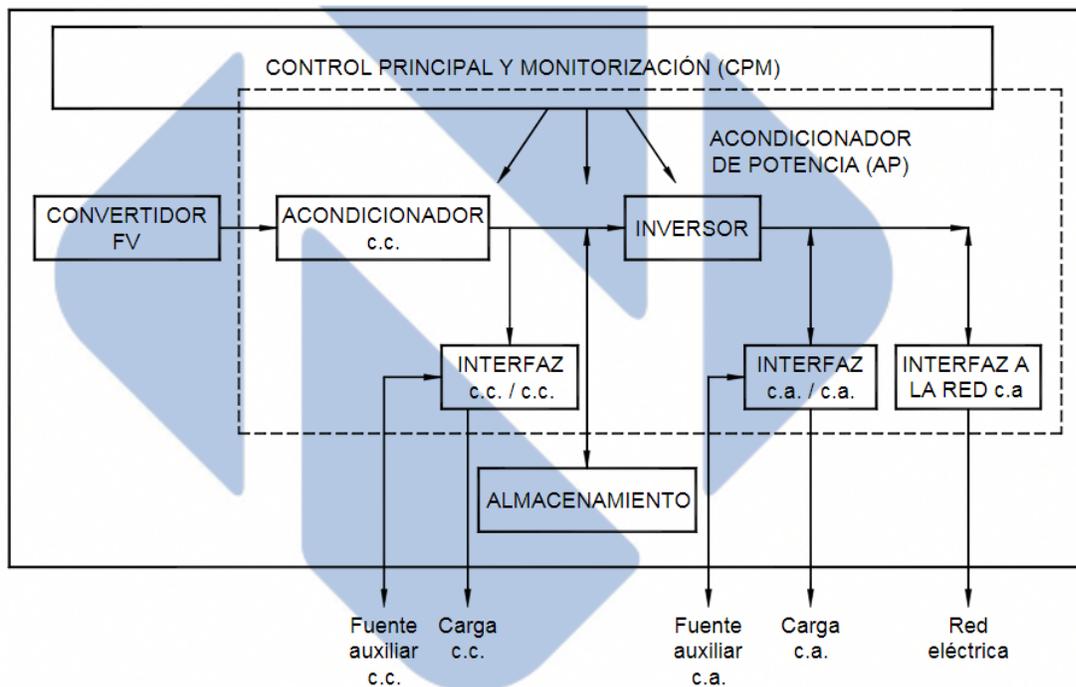
El sistema de generación fotovoltaica puede operar en paralelo con fuentes auxiliares de potencia que se deben conectar con las interfaces adecuadas. (ICONTEC).

Las configuraciones principales de generación de energía son: Sistema autónomo y Sistema conectado a la red. Para este proyecto en específico se va a utilizar un Sistema autónomo recomendado por la norma NTC 5549 para aplicaciones residenciales urbanas que produce energía y utiliza como respaldo un banco de baterías y la compañía eléctrica de la zona

alternando el uso cuando no se cuenta con el recurso solar, en el siguiente diagrama se pueden observar los principales elementos funcionales de un sistema FV. (NTC 5549:2007, 2007).

Figura 8

Elementos funcionales de un sistema de generación según la norma NTC 5549



Nota. NTC 5549:2007

Como parte del proyecto nos remitimos a la NTC 5549, la cual explica el sistema funcional de los elementos que componen una generación energética, como lo explica la ilustración 6.

Paneles Fotovoltaicos. El panel fotovoltaico es el encargado de transformar la energía incidente del sol en corriente continua y puede estar compuesto de múltiples células fotovoltaicas conectados entre sí, la potencia de un panel solar depende directamente de la cantidad de celdas solares que lo contengan (Abella, 2017) para la selección del módulo fotovoltaico se deben tener en cuenta variables como espacio, economía, desarrollos tecnológicos, eficiencia, garantía y los resultados obtenidos en la etapa de dimensionamiento (Ineel, 2018).

Actualmente en el comercio se encuentran paneles fotovoltaicos con rangos comerciales entre 100 W hasta 345 W con diferentes tecnologías, los módulos policristalinos tienen diferentes características como alta calidad, mayor duración, mayor eficiencia que los convierte en una solución flexible para diversas aplicaciones de tipo industrial hasta pequeños sistemas domésticos o grandes superficies de tierra. Para este caso se seleccionó un módulo fotovoltaico ZXP6-72 serie 5BB Policristalino de 330 W marca ZNSHINE SOLAR, la ficha técnica se observa en las siguientes imágenes donde uno de los factores más importantes es el de NOTC que relaciona las pérdidas de la eficiencia del panel por cada grado centígrado que aumenta desde los valores de su Standard Test Condition (STC) los cuales son a $1.000\text{W}/\text{m}^2$ y una temperatura de $25\text{ }^\circ\text{C}$.

Tabla 3

Propiedades eléctricas a Standar Test Conditions

Propiedades eléctricas – Condiciones normalizadas para ensayo de paneles STC°	
Tipo de modulo	ZXP6 – 72 – 340/p
Potencia nominal vatio Pmax (W)	340
Voltaje máximo de potencia Vmp (V)	37.9
Corriente de potencia imp (A)	8.98
Voltaje de circuito abierto Voc (V)	47.2
Isc de corriente de cortocircuito (A)	9.28
Eficiencia del módulo (%)	17.49

Nota. ZNSHINE SOLAR

Tabla 4*Condiciones de temperatura en condiciones normales establecidas*

Clasificaciones de temperatura	
NOTC	45° +/- 2°C
Coefficiente de temperatura de Pmax	-0.408%/°C
Coefficiente de temperatura de Voc	-0.31%/°C
Coefficiente de temperatura de Isc	0.06%/°C

Nota. ZNSHINE SOLAR

Teniendo en cuenta esto se procede a calcular el número de paneles requeridos para satisfacer las necesidades energéticas obtenidas en el dimensionamiento de cargas:

Para el cálculo del número de módulos con 4,125 de hora solar se inicia calculando la Potencia a instalar (Pins)

$$P_{ins} = \frac{Et}{HSP} = \frac{16,463 \text{ KWh/día}}{4.125 \text{ h/día}} = 3,99 \text{ KW}$$

Ecuación 2 Potencia a instalar
(Rodríguez, 2020)

Posteriormente se debe tener en cuenta el Factor de Planta (Fp) que tiene que ver con las pérdidas por la temperatura en el sitio de la instalación que para este caso tiene un promedio de 26,63 °C en promedio anual

$$Fp = (T_{cp}) * \Delta Tc;$$

Ecuación 3 Factor de Planta

(Santiago M. , 2019)

$$\Delta Tc = T_{cs} - T_{stc}$$

Ecuación 4 Delta de temperatura en la celda

(Santiago M. R., 2019)

$$T_{cs} = T_s + \left(\frac{NOTC - 20^\circ C}{800 \frac{W}{m^2}} \right) * 100W/m^2$$

Ecuación 5 Temperatura de la celda en el sitio

(Santiago M. , 2019)

Fp: Factor de planta o de corrección

 ΔTc : Diferencia de temperaturas en la celdaT_{cp}: Coeficiente de temperatura a Pmax (T_{cp}): de la Tabla 4

T_{cs} : Temperatura de la celda en el sitio

T_{stc} : Temperatura a las condiciones de laboratorio del NOTC

T_s : Temperatura promedio anual en el sitio

NOTC: Nominal Operating Cell Temperature

Los valores de 20°C ; 800 w/m^2 ; 1000 w/m^2 son los valores a los cuales se realizan las pruebas de caracterización de los módulos en el laboratorio. Reemplazando en las ecuaciones:

$$T_{cs} = 26^\circ\text{C} + \left(\frac{45^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}}{800 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}} \right) * 100\text{W/m}^2 \quad 57,25^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_c = 57,25 - 25^\circ\text{C} \quad 32,25^\circ\text{C}$$

$$F_p = \left(\frac{-0,408\%}{\text{C}} \right) * 32,25^\circ\text{C} \quad 13,15\%$$

Ahora procedemos a calcular la potencia corregida (P_c) teniendo en cuenta las pérdidas del sistema.

$$P_c = \left(\frac{P_{ins}}{(1 - F_c)} \right) = \left(\frac{3,99\text{Kw}}{(1 - 0,1315)} \right) = 4,59 \text{ Kw}$$

Ahora para el número de módulos

$$Nm = \left(\frac{P_c}{P_{nominal \text{ panel}}} \right)$$

Ecuación 6 Número de módulos

(Santiago M. , 2019)

$$Nm = \left(\frac{4594 \text{ W}}{330 \text{ W}} \right)$$

13,92 módulos

Debido a que el sistema se encuentra sobredimensionado se eligen 13 paneles de acuerdo a los cálculos teóricos realizados.

Controlador o regulador. La función principal de un regulador es controlar el estado de carga del banco de baterías de un sistema solar fotovoltaico autónomo, la función la realiza midiendo la tensión en bornes de determinada batería y partiendo de esta medida se desarrolla una estrategia de control de la carga. A partir de las mediciones realizadas el controlador conecta

o desconecta el generador fotovoltaico, esta operación la realiza por medio de relés de estado sólido. Existen dos tipos de reguladores, los PWM Y los MPPT, siendo el último el seleccionado para evaluar la implementación del sistema solar fotovoltaico en la Base Naval Bahía Málaga. Tiene como características principales que permite realizar un seguimiento del punto de máxima potencia del generador alcanzando mayores eficiencias en el sistema reduciendo pérdidas de potencia en porcentajes superiores al 10%. (Santamaria & Castejon, 2016).

Se seleccionó un controlador de carga 70A MPPT marca SMART SOLAR el cual cuenta con indicadores LED de falla y una pantalla LCD que puede mostrar información sobre anomalías que ayudan a identificar rápidamente las fallas del sistema. Para seleccionar este controlador se realizó el siguiente cálculo:

El controlador se selecciona bajo dos variables principales, tensión de las baterías y corriente nominal del controlador. Con el fin de hacer más eficiente el sistema se hizo un arreglo de 8 baterías de 12V conectadas en serie en grupos de 4 para completar 48V y los 2 grupos conectados en paralelo.

I controlador

$$= \frac{\text{Potencia generada por todos los modulos}}{\text{Voltaje arreglo de baterías}}$$

$$Ic = \left(\frac{330W * 10}{48V} \right) =$$

Ecuación 7 Intensidad del controlador
(Santiago M. , 2019)

68,7 A

A continuación, se pueden observar las especificaciones técnicas del controlador de carga seleccionado.

Tabla 5

Ficha técnica controlador Smart solar MPPT 70

Controlador de carga SmartSolar	MPPT 250/60	MPPT 250/70	MPPT 250/85	MPPT 250/100
Tensión de la batería	Ajuste a 12, 24 o 48 V (Se precisa herramienta de software para ajustar el sistema en 36V)			
Corriente de carga nominal	60 A	70 A	85 A	100 A
Potencia FV nominal, 12V 1A,b)	860 W	1000 W	1200 W	1450 W
Potencia FV nominal, 24V 1A,b)	1720 W	2000 W	2400 W	2900 W
Potencia FV nominal, 48V 1A,b)	3440 W	4000 W	4900 W	5800 W
Máxima corriente de corto circuito FV 2	35A max 30A x con MC4		70A max 30A x con MC4	
Tensión Máxima del circuito abierto FV	250V máximo absoluto en las condiciones más frías 245 Ven arranque y funcionando al máximo.			
Eficacia Máxima	99 %			
Autoconsumo	Menos de 35 mA a 12 v / 20 mA a 48 V			
Tensión de carga de “absorción”	Valores predeterminados: 14.4 / 28.8 / 43.2 / 57.6 V (regulable con: selector giratorio, pantalla VE directo o bluetooth)			
Tensión de carga de “flotación”	Valores predeterminados: 13.8 / 27.6 / 41.4 / 55.2 V (regulable con: selector giratorio, pantalla VE directo o bluetooth)			
Algoritmo de carga	Adaptativo multifase			
Compensación de temperatura	-16 mV / -32 mV / -64 mV / °C			
Protección	Polaridad inversa de la batería (fusible, no accesible por el usuario)			
Temperatura de trabajo	-30 a 60 °C (potencia nominal completa hasta los 40°C)			
Humedad	95 % sin condensación.			
Puerto de comunicación de datos	VE directo o bluetooth			
Interruptor on/off remoto	Si (Conector bifásico)			
Relé programable	DPST Capacidad nominal CA 240V AC/4ª Capacidad nominal CC hasta 35 V CC, 1 A hasta 60 V CC			
Funcionamiento en paralelo.	Si (no sincronizado)			

Nota. SMART SOLAR

Baterías. La función principal de las baterías en un sistema autónomo es satisfacer las necesidades energéticas durante eventualidades o daños en el servicio de la red eléctrica nacional. Por tanto, el criterio básico para calcular la capacidad del sistema de acumulación es que tiene que garantizar el suministro de energía eléctrica diaria durante un número determinado de días de autonomía, el número de días de autonomía se seleccionó teniendo en cuenta que las fallas de energía eléctrica durante el año 2020 estuvieron alrededor de las 216 horas. Por otra parte, se tiene otro criterio para calcular el tamaño del sistema de acumulación, el de la profundidad de descarga que trabaja específicamente en función de alargar la vida útil del banco de baterías, según (Santamaria & Castejon, 2016) se recomienda un valor del 50% de profundidad de descarga para sistemas profesionales el cual aplica para este proyecto.

Se proponen baterías de 150 Ah de GEL Ultracell modelo UCG150 - 12 la cual descarga más lento y tiene mayor ciclo de vida comparado con otras baterías. En la tabla 6 se pueden observar las especificaciones técnicas de la batería seleccionada.

Tabla 6*Ficha técnica batería UCG150.*

		Specifications
	Nominal Voltaje	12V
	Nominal capacity	150AH
	20HR	
Terminal type	Standard terminal	F10
	Optional terminal	F11
Container material	Standard option	ABS
	Flame retardant option	UL94-VO (FR)
Rated capacity	20hr, 1.80V/cell, 25°C	156.0 AH/8.04A
	10hr, 1.80V/cell, 25°C	150.0 AH/15.0A
	5hr, 1.75V/cell, 25°C	131.6 AH/26.3A
	1hr, 1.60V/cell, 25°C	96.9 AH/96.9A
Max discharged current	1500A (5S)	
Internal resistance	2.5mΩ	
Discharge Characteristics	Operating temp range	Discharge: -20 ~ 55°C Charge: 0 ~ 40°C Storage: -20 ~ 50 °C
	Nominal operating temp range	25 ± 3°C
	Cycle use	Initial charging current iess tan 45.0A. Voltage 14.4V ~ 15.0V Temp Coefficient -30Mv/°C
	Standby use	No limito n initial charging current voltaje 13.5V ~ 13.8V temp coefficient -20MV/°C
	Capacity affect by temperature	40°C 103% 25°C 100% 0°C 86%
Design floating life at 20°C	15 tears	
Self discharge	Ultracell baterries may be stored for up to 9 months at 25°C (77°F) and then a refresh charge is required. For higher temperaturass the time interval will be shorter.	

Nota. Ultracell

A continuación, se realiza el cálculo del número de baterías necesarias para mantener la autonomía del sistema durante dos días como máximo

Capacidad de la batería

$$= \frac{\text{Potencia corregida} * \text{Días de autonomía}}{\text{Tensión de batería} * \% \text{ Descarga}}$$

Ecuación 8 Capacidad de la Batería (Santiago M. , 2019)

$$\text{Capacidad de la batería} = \frac{4594 \frac{W}{h} * 2}{12V * 0,5}$$

1.531,33 Ah

$$\text{Capacidad de la batería} = \frac{3500W/h}{12V * 0,5}$$

Número de baterías

$$= \frac{\text{Capacidad de la Batería}}{\text{Capacidad nominal de la Batería}}$$

Ecuación 9 Número de baterías (Santiago M. , 2019)

$$\text{Número de baterías} = \frac{1.531,33 Ah}{150Ah}$$

10,20 aprox 11

Cabe resaltar a la hora del uso de las ecuaciones la siguiente consideración “factor que más cabe destacar y que afecta directamente a la vida útil de las baterías solares, es que, si disponemos de 4 días autonomía, cada día únicamente consumiremos un 20-25% de la capacidad de esta. Por la tanto de esta forma se favorece que las profundidades de descarga diarias sean del orden del 20%-25%, y como podemos comprobar en la gráfica, cuanto menor es la profundidad de descarga mayor número de ciclos dispondremos de dichas baterías.

Si nuestra instalación no cuenta con 3-4 días de autonomía, la profundidad de descarga diaria que le realizaremos a nuestra batería será entre el 50% y el 100% de la capacidad de la batería, y esto reduce a más de la mitad la vida útil de la misma.

¿Cómo calculamos la capacidad de baterías que necesita nuestra instalación? El primer paso es realizar un listado de aparatos con su respectiva potencia y horas de uso.

Una vez tengamos esa lista, sumaremos el consumo de cada aparato dándonos un consumo de Wh/día (Autosolar, 2021).

El inversor: es un dispositivo con la capacidad de convertir la corriente continua generada por los paneles fotovoltaicos en una corriente alterna con las características requeridas con los aparatos electrónicos tales como tensión y frecuencia, dependiendo la aplicación se pueden encontrar en el mercado dos tipos de inversores, inversor para sistemas fotovoltaicos autónomos y para sistemas conectados a red, debido a que este proyecto es un sistema autónomo, el inversor puede ir conectado a la salida del regulador de carga o en los bornes del sistema de almacenamiento (Santamaria & Castejon, 2016).

Para este caso se seleccionó un inversor RAGGIE RG4000 con una entrada de voltaje de 48V y una potencia de 4.000 W. El inversor cuenta con protecciones de sobre voltaje, bajo voltaje, alarma de baja batería y otras características que lo hacen versátil para este tipo de aplicaciones

$$\text{Inversor} = \frac{\text{Suma de Potencias}}{\text{Operación al 80\%}}$$

Ecuación 10 Potencia inversor
(Santiago M. , 2019)

$$\text{Inversor} = \frac{6286,25 \text{ W}}{0,8}$$

7.857,81 W

Tabla 7

Ficha técnica inversor sistema fotovoltaico

Salida de Onda		Onda pura			
Modelo		RG3000	RG4000	RG5000	RG60000
Salida	Salida de potencia (W)	3000	4000	5000	6000
	Potencia Pico (W)	6000	8000	10000	12000
	Frecuencia	60Hz ± 0.5 Hz			
Entrada	Entrada de Voltaje	12 V	12V / 24V / 48V		
	Corriente sin carga	12V 0.5A; 24V 0.3A; 48V 0.1A			

Salida de Onda	Onda pura			
	Modelo	RG3000	RG4000	RG5000
Rango de voltaje	10.8V-15.5V (12V); 21.6V-31V (24V); 43.2V-62V (48V)			
Protecciones	Sobre voltaje, bajo voltaje, fusible de protección de corto circuito, alarma de baja batería, parada de batería baja, polaridad inversa de batería con fusible, protección de sobrecalentamiento.			
Distorsión de onda	THD <3% (Carga lineal)			
Temperatura de trabajo	15°C – 40°C			
Modo de refrigeración	Enfriamiento inteligente, construido en bloque de enfriamiento.			

Nota. Proinde

Realizando el análisis del cuadro consumo de energía eléctrica, resumen Tabla 2, especificaciones de la materia prima e insumos. Se tiene en cuenta que para el presente proyecto que considera la implementación de un sistema fotovoltaico autónomo en una vivienda tipo de la Base Naval ARC “Málaga”, se presentan las siguientes especificaciones técnicas necesarias de cada componente

Tabla 8

Especificaciones técnicas de un sistema fotovoltaico autónomo

	Descripción del Componente	Referencia	Cantidad unidades
Panel Solar Policristalino 330W	24v 330W cable: 90cm tipo MC4. Marca ZNSHINESOLAR	80011	14
Batería 12V 150Ah	12v 150Ah Ciclo Profundo GEL	81150	10
Controlador de Carga de 70A MPPT	MPPT. 70A 12/24/48V.LCD Marca SMART SOLAR	82260	1
Inversor 4000W 24V	Onda Pura, 24V a 110v, 4.000w Marca RG4000	82440	1
Componentes Eléctricos	Protecciones Solares en DC y AC Estructura para paneles solares a tejado. Cableado solar para exterior x20mts, gabinete electrónico para	COMPEL	1

Descripción del Componente	Referencia	Cantidad unidades
conexiones pequeño, cableado interno de conexiones, rack para baterías en ángulo.		

Nota. elaboración del proyecto

Producto: Cuadro de cargas, evidencias fotográficas del desarrollo de la actividad

Indicador: Potencia Total en CA (Watt) 6286,25 W

Energía total diaria en C.A. = Etac 16463,82 W

Et = Potencia total en C.A. (Watt) = Consumo energético Teórico C.A. (Watt)

Cddt = Energía total diaria en C.A. (Wh/d) = Consumo diario total en C.A. (Wh/d)

$$Cd = P * n * t$$

Ecuación 11 Consumo diario

(Santiago M. R., 2019)

$$Cd = \sum_{i=1}^N Pi * ni * ti$$

Ecuación 12 Sumatoria de Consumo diario

(Santiago M. R., 2019)

P: Potencia unitaria de cada carga conectada

n: Número de cargas al mismo tiempo

t: Tiempo diario de uso de una carga específica

Tabla 9*Rendimiento total de la instalación*

R	=	(1 - kb - Kc - Kv) *	(1 - Ka *	N (días)	/	Pd (%)
0,8949	=	1 - 0,05 - 0,005 - 0,050 *	1 - 0,002 *	3	/	50
0,7948	=	1 - 0,10 - 0,005 - 0,100 *	1 - 0,005 *	4	/	70
0,7945	=	1 - 0,05 - 0,005 - 0,150 *	1 - 0,012 *	4	/	70
0,7497	=	1 - 0,10 - 0,100 - 0,050 *	1 - 0,005 *	4	/	50
0,6494	=	1 - 0,10 - 0,100 - 0,150 *	1 - 0,012 *	5	/	70

Nota. elaboración del proyecto

Ecuación 13 Rendimiento total de la

$$R = (1 - K_b - K_c - K_v) * \left(1 - K_a * \frac{N}{P_d}\right)$$

Instalación

(Santiago M. R., 2019)**Kb:** Coeficiente de pérdidas debidas al rendimiento del acumulador:

0,05 en sistemas que no producen descargas intensas.

0,1 en sistemas con descargas profundas.

Kc: Coeficiente de pérdidas en el inversor:

0,005 para inversores de salida senoidal pura, en condiciones óptimas.

0,1 para condiciones de trabajo lejos de las óptimas.

Kv: Coeficiente de pérdidas varias (transmisión, efecto joule, etc.)

El intervalo de valores de este parámetro que se toma como referencia es:

0,05 < Kv < 0,15

Ka: Coeficiente de auto descarga diaria de las baterías, los valores típicos son:

0,002 para baterías de baja auto descarga (Ni-Cd)

0,005 para baterías estacionarias de plomo ácido (las más usuales)

0,012 para baterías de alta auto descarga (SLI)

N: Número de días de autonomía de la instalación. Días nublados. Radiación mínima.

3 - 10 días como valores de referencia.

Pd: Profundidad de descarga diaria de la batería.

No deberá exceder el 70% de la capacidad nominal del acumulador.

Fase de Planeación

Objetivo: Determinar los factores normativos que se debe considerar en el diseño del modelo.

Actividad: realizar una guía para tomar los datos del sistema, realizar los cálculos y seguido los elementos que los componen y sus respectivos costos.

Resultados:

Llevar a cabo la revisión energética y establecer la línea de base, los indicadores de desempeño energético (IDEn), los objetivos, las metas y los planes de acción necesarios para lograr los resultados que mejorarán el desempeño energético de acuerdo con la política energética

Implementar los planes de acción de gestión de la energía.

Realizar el seguimiento y la medición de los procesos y de las características clave de las operaciones que determinan el desempeño energético en relación con las políticas y objetivos energéticos e informar sobre los resultados.

Tomar acciones para mejorar en forma continua el desempeño energético y el SGen. (OBP, 2018).

Documento guía de los pasos a seguir para la implementación de un modelo de sistema de energía solar fotovoltaica aplicado a vivienda familiar de la Armada Nacional de Colombia en la Base Naval ARC “Málaga”, basados en el fundamento de la energía solar fotovoltaica es el efecto fotoeléctrico o fotovoltaico que consiste en la conversión de la luz en electricidad. Este

proceso se consigue con algunos materiales que tienen la propiedad de absorber fotones y emitir electrones. Cuando estos electrones libres son capturados, el resultado es una corriente eléctrica que puede ser utilizada como electricidad.

En 1.839, el físico francés Edmundo Becquerel fue el primero en constatar el efecto fotoeléctrico. Más tarde, Willoughby Smith en 1.873 y Lenard en 1.900 verifican su existencia bajo diferentes condiciones. En 1.921 Albert Einstein gana el Premio Nobel de Física gracias a un trabajo en el que se describe la naturaleza de la luz y el efecto fotoeléctrico y en el cual está basada la tecnología fotovoltaica. En 1.920 el físico norteamericano Millikan corroborará totalmente la teoría de Einstein. Sin embargo, fue en 1.954 cuando se construye el primer módulo fotovoltaico en los Laboratorios Bell y es tratado como un experimento científico ya que su coste era demasiado elevado para su utilización a gran escala. Desde entonces, una sucesión de nuevos procesos industriales, junto con la expansión del mercado de consumo, han permitido una drástica reducción de los costos de producción de módulos.

Las células fotovoltaicas están hechas con silicio, material semiconductor muy utilizado también en electrónica. Para las células fotovoltaicas, una rejilla semiconductor recibe un tratamiento químico especial para formar un campo eléctrico, positivo en un lado y negativo en el otro. Cuando la luz solar incide en la célula, los electrones son desplazados del material semiconductor. Conductores eléctricos tanto del lado positivo como del negativo de la rejilla, forman la fuente de un circuito eléctrico, de manera que los electrones puedan ser capturados en forma de electricidad.

A continuación, en la ilustración 7. se describe los componentes de un sistema solar fotovoltaico tomado de la guía de aprendizaje del ing. Mauricio Santiago, la cual de manera didáctica se entiende cómo funciona el sistema

Figura 9*Componentes de una planta solar*

Nota. (Lamigueiro, Perpiñán, & Colmenar, 2012)

Ing. Mauricio Santiago, en su guía de aprendizaje, SENA 2019 indica

“Panel solar (o módulo solar): Es un dispositivo que aprovecha la energía de la radiación solar. El término comprende a los colectores solares utilizados para producir agua caliente (usualmente doméstica) mediante energía solar térmica y a los paneles fotovoltaicos utilizados para generar electricidad mediante energía solar fotovoltaica. Los paneles fotovoltaicos están compuestos por celdas fotovoltaicas de silicio monocristalino o policristalino. La diferencia entre una y otra radica en el procedimiento de fabricación. Las celdas de silicio monocristalino se obtienen a partir de silicio muy puro, que se refunde en un crisol junto con una pequeña proporción de boro. Las células monocristalinas están formadas por un único tipo de cristal de silicio, o sea que cuando se

ha fabricado el cristal, se ha controlado el crecimiento del propio cristal de silicio para que solo se formara en una dirección, consiguiendo un alineamiento bastante perfecto de todos los componentes del cristal. Esto les da más eficiencia por unidad de área. En cambio, en las células policristalinas, no se controla el crecimiento del cristal de silicio, con lo que el cristal crece en todas direcciones.

Un Controlador Solar: Es un dispositivo electrónico cuya función es inyectar la corriente de los paneles solares a las baterías. Protege la batería de sobrecargas y de descargas profundas. Viene en tamaños para corrientes de 5, 10, 15, 20, 30, 40, 60, 80, 100 y 130A (Amperios).

Inversor de Voltaje: Es un sistema que convierte la tensión de corriente continua (los 12 voltios de una batería), en un voltaje simétrico de corriente alterna, para alimentar electrodomésticos que necesitan 120V AC. El inversor se utiliza en infinidad de aplicaciones, que van desde pequeñas UPS para computadores, hasta aplicaciones industriales de alta potencia. Se pide por potencia en vatios.

Baterías de ciclo profundo: Son acumuladores de energía eléctrica muy parecidos a los que usan los vehículos. La diferencia fundamental entre las baterías de ciclo profundo usadas en sistemas solares y las de ciclo corto como las de un automotor, radica en la forma como pueden entregarnos su energía: En los automotores se necesita mucha corriente de arranque en corto tiempo. Entre 300 y 600 amperes en unos 4 segundos. Partiendo de una batería 100% cargada, el consumo de energía que hemos hecho no supera el 5%. De aquí que se trata de una batería de ciclo corto. En sistemas de iluminación, se toman pocos amperios, pero durante varias horas. Estas baterías son denominadas de ciclo profundo ya que admiten ser descargadas hasta en un 75%. Las

baterías acumulan energía durante el día y la entregan cuando se necesite (bombillos, motores, etc.)”. (Santiago M. R., 2019)

Producto: Apéndice B, el contenido de este producto son los pasos para diseñar una planta solar, el objetivo es identificar componentes y realizar el diseño de esta.

Fase de análisis

Como parte del proyecto y en consecuencia para la obtención de los productos que arrojan los resultados de cada objetivo, se programa la siguiente tabla 10, que nos permitirá realizar a cada objetivo un seguimiento a través de una lista de chequeo en la obtención de los datos con el debido registro y cálculo de esta.

En el Apéndice A, se evidencia el registro fotográfico al momento de iniciar con el análisis del proyecto.

Tabla 10

Operacionalización de las variables

Descripción	Variables	Indicadores	Fuente	Técnica/ Instrumento
Implementar un sistema de generación Solar fotovoltaica con Paneles, inversor y baterías para monitorear la potencia generada controlando, posición, temperatura y realizando medición de la radiación Solar.	Posición del Panel solar. Voltaje generado Corriente Potencia Temperatura del Panel	Potencia generada en KW/Hora	Equipo de medición de potencia	Ficha de recolección de datos

Descripción	Variables	Indicadores	Fuente	Técnica/ Instrumento
Identificar las técnicas existentes para el logro del Máximo punto de generación de potencia en un sistema solar fotovoltaico.	Inversor MPPT Inversor PWM	Potencia generada en KW/Hora	Equipo de medición de potencia Estudios e investigaciones realizadas y mediciones hechas por la empresa centrales eléctricas	Ficha de recolección de datos
Identificar por medio de análisis de datos y mediciones de un sistema de generación fotovoltaico las condiciones óptimas para obtener los puntos máximos de generación de un sistema solar fotovoltaico.	Potencia Generada. Radiancia Solar Temperatura de los paneles Posición del Panel Tipo de Inversor MPPT o PWM	Potencia generada en KW/Hora	Equipo de medición de potencia. Base de datos con datos alimentados por estudiantes, tomados con los medidores de potencia comprados por la Armada Nacional	Ficha de recolección de datos
Validar el comportamiento de un inversor MPPT y un PWM con cada una de las técnicas aplicando un diseño de experimental para comparar el rendimiento.	Potencia Generada. Radiancia Solar Temperatura de los paneles	Posición del Panel Tipo de Inversor MPPT o PWM	Potencia generada en KW/Hora	Equipo de medición de potencia Ficha de recolección de datos

Nota. Elaboración del proyecto

Fase de ejecución

Objetivo: Diseñar el modelo de sistema conforme al modelo de vivienda familiar que se identifique.

Actividad: aplicación del documento guía producto de la investigación

Resultados: Cuadro de cálculos realizados en Excel, se ingresa la información, se cuenta con el Apéndice D que es el certificado de calibración de los equipos utilizados para el proyecto.

Producto: Cálculos de un sistema solar fotovoltaico

Para desarrollar este objetivo seguimos la tesis de grado “Diseño de un sistema solar fotovoltaico para dos aulas móviles del SENA” (Sistemas de Biblioteca - SENA, 2020).

Para las ecuaciones presentadas se registran las del proyecto de grado ((Colonna Pertuz & Medina Barraza, 2013), estos se llevaron a una hoja de cálculo donde se ingresa la información y este sencillo software nos va dando los valores así:

Carga eléctrica

Identificación de la carga

Corriente en Amperios (A) = Potencia unitaria / (Voltaje * Factor potencia)

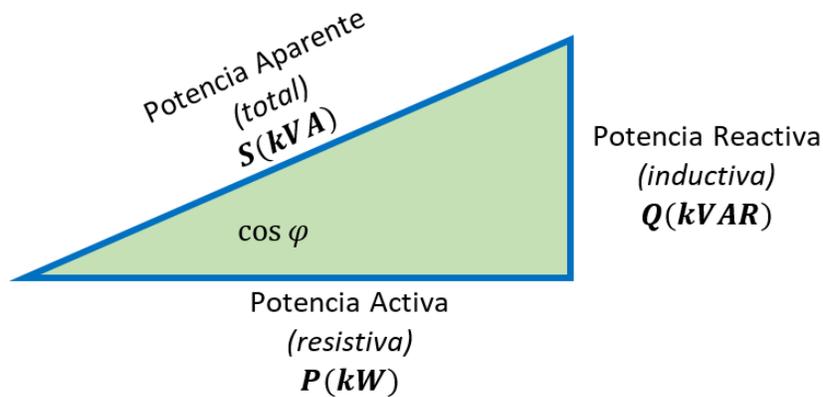
Cargas de C. A.= Cantidad de equipos * Potencia Unitaria

Energía total diaria (KWh) C.A. = Cargas de C.A * Horas uso día * días/semana

Para determinar la energía total diaria proyectada, de acuerdo a (Colonna Pertuz & Medina Barraza, 2013); se debe incrementar en un 20% el valor de la energía total diaria; con el fin de generar un Factor de seguridad adicional.

Un triángulo de potencia es la presentación gráfica de la potencia real o activa, la potencia reactiva y la potencia aparente en un triángulo rectángulo. Un triángulo de potencia es un triángulo de ángulo recto con un lado que representa la potencia activa, la potencia reactiva y

la potencia aparente. El componente base simboliza la potencia activa, el componente perpendicular denota la potencia reactiva y la hipotenusa simboliza la potencia aparente.



El factor de potencia se determina como el ángulo conformado entre el vector potencia activa y el vector potencia aparente.

$$\cos \varphi = \frac{P}{S}$$

Con el fin de realizar la medición real de tres diferentes tipos de casas, se realiza la instalación de un contador eléctrico en cada casa, las cuales fueron escogidas al azar.

Tabla 11

Contador eléctrico

	Casa_Tipo_1	Casa_Tipo_2	Casa_Tipo_3
Tipo	Medidor electrónico trifásico	Medidor electrónico trifásico	Medidor electrónico trifásico
Marca	CIF	CIF	CIF
Modelo	2014	2014	2014
Serie	13301045	13301044	13301043
Características	3x120/208V 3x1.5(6)A 60Hz	3x120/208V 3x1.5(6)A 60Hz	3x120/208V 3x1.5(6)A 60Hz
Clase	1	1	1
Normas	IEC 62052-11 IEC 62053-21	IEC 62052-11 IEC 62053-21	IEC 62052-11 IEC 62053-21

Nota. Elaboración del proyecto

$$P = 1019 \text{ kW}$$

$$|S| = 1300 \text{ kVA}$$

$$\cos \varphi = \frac{1019}{1300}$$

$\cos \varphi = 0.78 \Rightarrow$ Valor del factor de potencia.

$$P = V * I * \cos \varphi$$

Las mediciones de cada equipo ubicados en las casas tipo, se realizaron las respectivas medidas de voltaje y corriente con la Pinza FLUKE 355 de serie N° 45470054; con código interno Armada de Colombia N° 2-DR-LM-IC-0003-B; con certificado de Calibración N° ELEC-D2-21-010 de fecha 08 de febrero de 2021, acuerdo Apéndice D.

Casa_Tipo_1: apartamento de 2 habitaciones, sala, comedor, cocina, y 2 baño, la habitan 2 personas.

Tabla 12

Carga Vivienda – Casa_Tipo_1

Equipo	Cant.	Horas / Día	Voltaje	Corriente	Factor Potencia	Potencia	KW-h
Plancha Cabello	1	0,25	125,0 V	1,35 A	1	168,75 W	0,04 KW-h
Aire Acondicionado	2	12	125,0 V	8,18 A	0,9	920,25 W	22,09 KW-h
Plancha Ropa	1	0,25	125,0 V	7,40 A	1	925,00 W	0,23 KW-h
Bombillas	4	5	125,0 V	0,14 A	0,7	12,25 W	0,25 KW-h
Cargador Celular	2	4	125,0 V	0,16 A	0,5	10,00 W	0,08 KW-h
Ventilador	1	1	125,0 V	0,87 A	0,72	78,30 W	0,08 KW-h
PC	1	3	125,0 V	0,31 A	0,55	21,31 W	0,06 KW-h
Nevera	1	24	125,0 V	0,08 A	0,7	7,00 W	0,17 KW-h
Router WiFi	1	24	125,0 V	0,08 A	0,6	6,00 W	0,14 KW-h
Microondas	1	0,25	125,0 V	11,41 A	0,9	1283,63 W	0,32 KW-h
Lavadora	1	1	125,0 V	2,34 A	0,85	248,63 W	0,25 KW-h
TV	1	5	125,0 V	0,85 A	0,9	95,63 W	0,48 KW-h
Estufa y Horno	1	2	125,0 V	18,29 A	1	2286,25 W	4,57 KW-h

Equipo	Cant.	Horas / Día	Voltaje	Corriente	Factor Potencia	Potencia	KW-h
Otras Cargas Esporádicas	1	1				60,00 W	0,06 KW-h
TOTALES						6122,99 W	28,82 KW-h 864,56 KW-h

Nota. Elaboración del proyecto

Potencia total en C.A. **6122,99 W**

Energía total diaria en C.A. (Etca) **28.82 KW-h**

$C_{ddt} = \text{Energía total diaria en C.A. (Wh/d)} = \text{Consumo diario total en C.A. (Wh/d)}$

Para determinar el consumo diario de energía de cada vivienda tipo, se calcula de la siguiente manera:

$$Cd = P * n * t$$

$$Cd = \sum_{i=1}^N Pi * ni * ti \quad \text{Ecuación 14. Consumo diario}$$

De donde:

Cd : Consumo diario

P : Potencia unitaria de cada carga conectada

n : Número de cargas del mismo tipo conectadas en simultaneo

t : Tiempo diario de uso de una carga específica

(Colonna Pertuz & Medina Barraza, 2013).

Rendimiento del sistema

Tabla 13

Rendimiento Total de la Instalación – Casa_Tipo_1

R	=	1	-	kb	-	Kc	-	Kv	X	1	-	Ka	X	N (días)	/	Pd (%)
0,8395	=	1	-	0,05	-	0,005	-	0,050	X	1	-	0,002	X	3	/	50
0,7456	=	1	-	0,10	-	0,005	-	0,100	X	1	-	0,005	X	4	/	70
0,7400	=	1	-	0,05	-	0,005	-	0,150	X	1	-	0,012	X	4	/	70
0,6863	=	1	-	0,10	-	0,100	-	0,050	X	1	-	0,005	X	4	/	50
0,5958	=	1	-	0,10	-	0,100	-	0,150	X	1	-	0,012	X	5	/	70

Nota. Elaboración del proyecto

$$R = (1 - Kb - Kc - Kv) * \left(1 - Ka * \frac{N}{Pd}\right) \quad \text{Ecuación 15. Rendimiento total de la}$$

instalación

R: rendimiento total de la instalación

Kb: coeficiente de pérdidas debidas al rendimiento del acumulador:

0,05 en sistemas que no producen descargas intensas

0,1 en sistemas con descargas profundas

Kc: Coeficiente de pérdidas en el inversor:

0,005 para inversores de salida senoidal pura, en condiciones óptimas

0,1 para condiciones de trabajo lejos de las óptimas

Kv: coeficiente de pérdidas varias (transmisión, efecto joule, etc.)

El intervalo de valores de este parámetro que se toma como referencia es: $0,05 < Kv <$

0,015

Ka: coeficiente de auto descarga diaria de las baterías, los valores típicos son:

0,002 para baterías de baja auto descarga (Ni-Cd)

0,005 para baterías estacionarias de plomo ácido (las más usuales)

0,012 para baterías de alta auto descarga (SLI)

N: Número de días de autonomía de la instalación, Días nublados. Radiación mínima.

3 – 10 días como valores de referencia

Pd: Profundidad de descarga diaria de la batería

No deberá exceder el 70% de la capacidad nominal del acumulador

(Colonna Pertuz & Medina Barraza, 2013)

Consumo diario teórico

Tabla 14

Consumo Energético Real Medido – Casa_Tipo_1

Et (Wh)	/	R	=	E (W)	R (%)
6122,99	/	0,8395	=	7293,61525	119,12%
6122,99	/	0,7456	=	8212,1647	134,12%
6122,99	/	0,74	=	8274,31081	135,14%
6122,99	/	0,6863	=	8921,73976	145,71%
28820	/	0,5958	=	48371,9369	167,84%

Nota. Elaboración del proyecto

$$E = \frac{Et}{R} \quad \text{Ecuación 16. Consumo real medio en Wh}$$

Et: consumo energético teórico medido en Wh de todas las cargas.

E: consumo energético real medido en Wh

R es el rendimiento total de la instalación FV

(Colonna Pertuz & Medina Barraza, 2013).

Estimación del consumo real

Tabla 15*Estimación del consumo real sin considerar margen de seguridad – Casa_Tipo_1*

Energía Real diaria (Wh/d)	=	Energía total diaria en C.C. (W h/día)	+	Energía total diaria en C.A. (W h/día)	/	Eficiencia del inversor (nin_v)	/	Eficiencia del batería (nbat)	x	Eficiencia del conductor (ncond)
7161,392	=	0	+	6122,99	/	0,9	/	0,9500	x	1

Nota. Elaboración del proyecto**Tabla 16***Energía promedio diario en A-h*

Er (A-h)	=	Er (Wh/d)	/	Vb Sistema(V)
127,562	=	6122,99	/	48

Nota. Elaboración del proyecto

Como se observa en el cuadro de cargas inicial la potencia está por encima de los 1500 W, pero por debajo de 5000 W, por esa razón seleccionamos 48 Voltios para la alimentación del Sistema.

Tabla 17

Estimación del consumo real considerando margen de seguridad y pérdidas en componentes –

Casa_Tipo_1

Energía Real diaria (Wh/d)	=	Energía total diaria en C.C. (W h/día)	+	Energía total diaria en C.A. (W h/día)	/	Eficiencia del inversor (ninv)	/	Eficiencia del batería (nbat)	x	Eficiencia del conductor (ncond)
33707,602	=	0	+	28820	/	0,9	/	0,9500	x	1

Nota. Elaboración del proyecto

Tabla 18

Energía real promedio diario en A-h – Casa_Tipo_1

Er (A-h)	=	Er(Wh/d)	/	Vb Sistema(V)
702,242	=	33707,602	/	48

Nota. Elaboración del proyecto

$$Er = \frac{Ecc + \left(\frac{Etac}{ninv}\right)}{nbat * ncond}$$

Una vez conocida la carga se procede con el cálculo del consumo real, teniendo en cuenta además de los consumido por cada carga, las pérdidas, del mismo sistema fotovoltaico. (Colonna Pertuz & Medina Barraza, 2013).

Baterías

Tabla 19

Estimación del consumo real considerando margen de Seguridad y perdidas en componentes – Casa_Tipo_1

Energía Real diaria (Wh/d)	=	Energía total diaria en C.C. (W h/día)	+	Energía total diaria en C.A. (W h/día)	/	Eficiencia del inversor (ninv)	/	Eficiencia del batería (nbat)	x	Eficiencia del conductor (ncond)
26690,058	=	0	+	22820	/	0,9	/	0,9500	x	1

Nota. Elaboración del proyecto

Tabla 20

Energía real promedio diario en A-h – Casa_Tipo_1

Energía real diaria (A-h)	=	Energía Real diaria (Wh/d)	/	Vb SISTEMA(V)
556,043	=	26690,058	/	48

Nota. Elaboración del proyecto

Tabla 21

Cálculo del banco de batería – Casa_Tipo_1

Carga del banco de baterías C (A-h)	=	Energía real diaria (Wh/d)	X	Días de autonomía (N)	/	Vb Sistema (V)	X	Profundidad descarga (Pd)
1588,694	=	26690,058	X	2	/	48	X	0,7

Energía real diaria (Ah)	X	Días de autonomía (N)	/	Profundidad descarga (Pd)	/	Capacidad Útil de la batería (Ah)	=	Cantidad de baterías en paralelo (Nbp)
556,043	X	2	/	0,7	/	1200	=	1

Voltaje del sistema en CD (V)	/	Voltaje de las baterías (V)	=	Cantidad de baterías en serie (Nbs)	X	Cantidad de baterías en paralelo (Nbp)	=	Número total de baterías (NB)
48	/	12	=	4	X	1	=	4

Nota. Elaboración del proyecto

$$C = \frac{E * N}{V * Pd}$$

$$Nb = \frac{C}{Cbat}$$

$$Nbs = \frac{C}{Cbat}$$

(Colonna Pertuz & Medina Barraza, 2013).

Tabla 22

Número de baterías – Casa_Tipo_1

Numero de batería serie (Nbs)	=	Carga del banco de baterías C (A-h)	/	Carga Útil Batería C _{Ubat} (A-h)
1	=	1588,694	/	1500

Nota. Elaboración del proyecto

La Capacidad Útil de la batería se determina, basado en la carga del batería multiplicado por la profundidad de descarga; se recomienda asumir para el cálculo de la carga útil un valor de 0,8 de Pd. Ejemplo: Para una batería de 1500 Ah x 0,8, es decir la carga Útil será 1200 Ah.

Tabla 23

Baterías según potencia de la carga – Casa_Tipo_1

Potencia demanda por la carga (w)	Tensión de trabajo (V)
Menor de 1.500	12
1.500 – 5.000	24 o 48
Mayor de 5.000	120 o 300

Nota. Tomado de www.newline.com.co – Ficha técnica de baterías

Módulos solares

Tabla 24*Dimensionamiento de los paneles o módulos solares – Casa_Tipo_1*

Promedio diario (Ah/día)	/	Eficiencia de las baterías (nbat)	/	Horas sol pico/ día (h/d)	=	Corriente pío del arreglo (A)
556,043	/	0,95	/	6	=	97,551

Nota. De la ficha técnica: <http://newline.com.co/>- Anexo. G

Tabla 25*Dato del Panel seleccionado – Casa_Tipo_1*

Nombre de fabricante	Sun power
Referencia	SPR-32NE-WHTR-D
Tensión eléctrica	48V
Potencia	327 KW
Corriente de Corto Circuito Isc	6,46 A

Nota. Tomado: ficha técnica del fabricante - <http://newline.com.co/>**Tabla 26***Corriente de Módulos en paralelo – Casa_Tipo_1*

Corriente pío del arreglo (A)	/	Corriente de pico del módulo (A)	=	Cantidad de módulos en paralelo
97,551	/	6,46	=	15,101

Nota. Elaboración del proyecto**Tabla 27***Número de paneles – Casa_Tipo_1*

Número total paneles (Np)	=	Consumo energía real (Er)	/	Factor de funcionamiento Sistema (0,6 y 0,9)	x	Potencia nominal del panel escogido (Wp)	x	Horas de Pico solar (H/d)
15,115	=	26690,058	/	0,9	x	327	x	6

Nota. Elaboración del proyecto

$$Np = \frac{E}{0.9 * Wp * HPS}$$

(Colonna Pertuz & Medina Barraza, 2013).

Tabla 28*Número de paneles en Serie – Casa_Tipo_1*

Cantidad paneles en Serie (Nserie)	=	Voltaje CD del sistema (Vbat)	/	Voltaje módulo MPP (V)
0,877513711	=	48	/	54,7

Nota. Elaboración del proyecto

$$N_{serie} = \frac{V_{bat}}{V_{modMPP}}$$

(Colonna Pertuz & Medina Barraza, 2013)

Tabla 29*Número de paneles en paralelo – Casa_Tipo_1*

Cantidad paneles en Paralelo (Npar)	=	Número total paneles (Np)	/	Cantidad paneles en Serie (Nserie)
16	=	16	/	1

Nota. Elaboración del proyecto

$$N_{paralelo} = \frac{N_t}{N_{serie}}$$

(Colonna Pertuz & Medina Barraza, 2013).

controlador regulador

Tabla 30

Cálculo del controlador o regulador – corriente de entrada al controlador – Casa_Tipo_1

Corriente de entrada al controlador (A)	=	Factor de seguridad 25% mas	x	Corriente de corto circuito del módulo (A)	x	Cantidad paneles en Paralelo (Npar)
129,2	=	1,25	x	6,46	x	16

Nota. Elaboración del proyecto

$$I_{ent} = F_s * I_{scmod} * N$$

Tabla 31

Cálculo del controlador o regulador – corriente de salida en el controlador – Casa_Tipo_1

Corriente de salida en el controlador (A)	=	Factor de seguridad 25% mas	x	Potencia de la Carga alimentar (W) (wh/día)	/	Rendimiento regulador (nreg)	/	Voltaje CD del sistema (v)
167,845	=	1,25	x	6122,99	/	0,95	/	48

Nota. Elaboración del proyecto

$$I_{sal} = \frac{\left(F_s * \left(\frac{P_{ac}}{n_{reg}} \right) \right)}{V_{bat}}$$

(Colonna Pertuz & Medina Barraza, 2013).

Inversor

Tabla 32*Cálculo del inversor – Potencia del inversor – Casa_Tipo_1*

Potencia del inversor P_{inv} (W)	=	Factor de seguridad 20% mas (Fs)	X	Potencia total conectada en C.A. (Watt)
7347,588	=	1,2	X	6122,99

Nota. Elaboración del proyecto

$$P_{inv} = F_s * P_{ac}$$

Casa_Tipo_2: casa tipo vivienda familiar de 3 habitaciones, sala, comedor, cocina, y 2 baños, la habitan 4 personas. Se utilizan las mismas ecuaciones cambiando los datos de entrada.

Tabla 33*Carga Vivienda – Casa_Tipo_2*

Equipo	Cant.	Horas / Día	Voltaje	Corriente	Factor Potencia	Potencia	KW-h
Plancha Cabello	1	0,10	125,0 V	1,35 A	1	168,75 W	0,02 KW-h
Aire Acondicionado	2	18	125,0 V	8,18 A	0,9	920,25 W	33,13 KW-h
Plancha Ropa	1	0,16	125,0 V	7,40 A	1	925,00 W	0,15 KW-h
Bombillas	6	5	125,0 V	0,14 A	0,7	12,25 W	0,37 KW-h
Cargador Celular	3	4	125,0 V	0,16 A	0,5	10,00 W	0,12 KW-h
Ventilador	0	0	125,0 V	0,87 A	0,72	78,30 W	0,00 KW-h
PC	1	3	125,0 V	0,31 A	0,55	21,31 W	0,06 KW-h
Nevera	2	24	125,0 V	0,08 A	0,7	7,00 W	0,34 KW-h
Router WiFi	1	24	125,0 V	0,08 A	0,6	6,00 W	0,14 KW-h

Equipo	Cant.	Horas / Día	Voltaje	Corriente	Factor Potencia	Potencia	KW-h
Microondas	0	0	125,0 V	11,41 A	0,9	1283,63 W	0,00 KW-h
Lavadora	1	1	125,0 V	2,34 A	0,85	248,63 W	0,25 KW-h
TV	1	8	125,0 V	0,85 A	0,9	95,63 W	0,77 KW-h
Estufa y Horno	2	2	125,0 V	18,29 A	1	2286,25 W	9,15 KW-h
Otras Cargas Esporádicas	1	1				50,00 W	0,05 KW-h
TOTALES						6112,99 W	44,53 KW-h
							1336,02 KW-h

Nota. Elaboración del proyecto

Potencia total en C.A. (Watt) **6112,99**

Energía total diaria en C.A. = Etac **44,53**

Cddt = Energía total diaria en C.A. (Wh/d) = Consumo diario total en C.A. (Wh/d)

Para determinar el consumo diario de energía de cada vivienda tipo, se calcula de la siguiente manera:

$$Cd = P * n * t$$

$$Cd = \sum_{i=1}^N Pi * ni * ti$$

De donde:

Cd: Consumo diario

P: Potencia unitaria de cada carga conectada

n: Número de cargas del mismo tipo conectadas en simultaneo

t: Tiempo diario de uso de una carga especifica

Rendimiento del sistema

Tabla 34

Rendimiento Total de la Instalación – Casa_Tipo_2

R	=	1	-	kb	-	Kc	-	Kv	X	1	-	Ka	X	N (días)	/	Pd (%)
0,8395	=	1	-	0,05	-	0,005	-	0,050	X	1	-	0,002	X	3	/	50
0,7456	=	1	-	0,10	-	0,005	-	0,100	X	1	-	0,005	X	4	/	70
0,7400	=	1	-	0,05	-	0,005	-	0,150	X	1	-	0,012	X	4	/	70
0,6863	=	1	-	0,10	-	0,100	-	0,050	X	1	-	0,005	X	4	/	50
0,5958	=	1	-	0,10	-	0,100	-	0,150	X	1	-	0,012	X	5	/	70

Nota. Elaboración del proyecto

$$R = (1 - Kb - Kc - Kv) * \left(1 - Ka * \frac{N}{Pd}\right)$$

R: rendimiento total de la instalación

Kb: coeficiente de pérdidas debidas al rendimiento del acumulador:

0,05 en sistemas que no producen descargas intensas

0,1 en sistemas con descargas profundas

Kc: Coeficiente de pérdidas en el inversor:

0,005 para inversores de salida senoidal pura, en condiciones óptimas

0,1 para condiciones de trabajo lejos de las óptimas

Kv: coeficiente de pérdidas varias (transmisión, efecto joule, etc.)

El intervalo de valores de este parámetro que se toma como referencia es: $0,05 < Kv <$

0,015

Ka: coeficiente de autodescarga diaria de las baterías, los valores típicos son:

0,002 para baterías de baja autodescarga (Ni-Cd)

0,005 para baterías estacionarias de plomo ácido (las más usuales)

0,012 para baterías de alta auto descarga (SLI)

N: Número de días de autonomía de la instalación, Días nublados. Radiación mínima.

3 – 10 días como valores de referencia

Pd: Profundidad de descarga diaria de la batería

No deberá exceder el 70% de la capacidad nominal del acumulador

- Consumo diario teórico

Tabla 35

Consumo Energético Real Medido – Casa_Tipo_2

Et (Wh)	/	R	=	E (W)	R (%)
6112,99	/	0,8395	=	7281,70339	119,12%
6112,99	/	0,7456	=	8198,75268	134,12%
6112,99	/	0,74	=	8260,7973	135,14%
6112,99	/	0,6863	=	8907,16888	145,71%
44,53	/	0,5958	=	74,7398456	167,84%

Nota. Elaboración del proyecto

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

Et: consumo energético teórico medido en Wh de todas las cargas.

E: consumo energético real medido en Wh

R es el rendimiento total de la instalación FV

Estimación del consumo real

Tabla 36

Estimación del consumo real sin considerar margen de seguridad – Casa_Tipo_2

Energía Real diaria (Wh/d)	=	Energía total diaria en C.C. (W h/día)	+	Energía total diaria en C.A. (W h/día)	/	Eficiencia del inversor (ninv)	/	Eficiencia del batería (nbat)	x	Eficiencia del conductor (ncond)
7149,696	=	0	+	6112,99	/	0,9	/	0,9500	x	1

Nota. Elaboración del proyecto

Tabla 37

Energía promedio diario en A-h – Casa_Tipo_2

Er (A-h)	=	Er (Wh/d)	/	Vb Sistema(V)
127,354	=	6112,99	/	48

Nota. Elaboración del proyecto

Como se observa en el cuadro de cargas inicial la potencia está por encima de los 1500 W, pero por debajo de 5000 W, por esa razón seleccionamos 48 Voltios para la alimentación del Sistema.

Tabla 38

Estimación del consumo real considerando margen de seguridad y pérdidas en componentes –

Casa_Tipo_2

Energía Real diaria (Wh/d)	=	Energía total diaria en C.C. (W h/día)	+	Energía total diaria en C.A. (W h/día)	/	Eficiencia del inversor (nin)	/	Eficiencia del batería (nbat)	x	Eficiencia del conductor (ncond)
52081,871	=	0	+	44530	/	0,9	/	0,9500	x	1

Nota. Elaboración del proyecto

Tabla 39

Energía real promedio diario en A-h – Casa_Tipo_2

Er (A-h)	=	Er(Wh/d)	/	Vb Sistema(V)
1085,039	=	52081,871	/	48

Nota. Elaboración del proyecto

$$Er = \frac{Ecc + \left(\frac{Etac}{nin}\right)}{nbat * ncond}$$

Una vez conocida la carga se procede con el cálculo del consumo real, teniendo en cuenta además de los consumido por cada carga, las pérdidas, del mismo sistema fotovoltaico.

Baterías

Tabla 40

Estimación del consumo real considerando margen de Seguridad y perdidas en componentes – Casa_Tipo_2

Energía Real diaria (Wh/d)	=	Energía total diaria en C.C. (W h/día)	+	Energía total diaria en C.A. (W h/día)	/	Eficiencia del inversor (nin_v)	/	Eficiencia del batería (nbat)	x	Eficiencia del conductor (ncond)
52081,871	=	0	+	44530	/	0,9	/	0,9500	x	1

Nota. Elaboración del proyecto

Tabla 41

Energía real promedio diario en A-h – Casa_Tipo_2

Energía real diaria (A-h)	=	Energía Real diaria (Wh/d)	/	Vb SISTEMA(V)
1085,039	=	52081,871	/	48

Nota. Elaboración del proyecto

Tabla 42

Cálculo del banco de batería – Casa_Tipo_2

Carga del banco de baterías C (A-h)	=	Energía real diaria (Wh/d)	X	Días de autonomía (N)	/	Vb Sistema (V)	X	Profundidad descarga (Pd)
3100,111	=	52081,871	X	2	/	48	X	0,7

Energía real diaria (Ah)	X	Días de autonomía (N)	/	Profundidad descarga (Pd)	/	Capacidad Útil de la batería (Ah)	=	Cantidad de baterías en paralelo (Nbp)
1085,04	X	2	/	0,7	/	1200	=	3

Voltaje del sistema en CD (V)	/	Voltaje de las baterías (V)	=	Cantidad de baterías en serie (Nbs)	X	Cantidad de baterías en paralelo (Nbp)	=	Número total de baterías (NB)
48	/	12	=	4	X	1	=	4

Nota. Elaboración del proyecto

$$C = \frac{E * N}{V * Pd}$$

$$Nb = \frac{C}{Cbat}$$

$$Nbs = \frac{C}{Cbat}$$

Tabla 43

Número de baterías – Casa_Tipo_2

Numero de batería serie (Nbs)	=	Carga del banco de baterías C (A-h)	/	Carga Útil Batería C _{Ubat} (A-h)
2	=	3100,111	/	1500

Nota. Elaboración del proyecto

La Capacidad Útil de la batería se determina, basado en la carga del batería multiplicado por la profundidad de descarga; se recomienda asumir para el cálculo de la carga útil un valor de 0,8 de Pd. Ejemplo: Para una batería de 1500 Ah x 0,8, es decir la carga Útil será 1200 Ah.

Tabla 44*Baterías según potencia de la carga – Casa_Tipo_2*

Potencia demanda por la carga (w)	Tensión de trabajo (V)
Menor de 1.500	12
1.500 – 5.000	24 o 48
Mayor de 5.000	120 o 300

Nota. Tomado de www.newline.com.co – Ficha técnica de baterías

Módulos solares

Tabla 45*Dimensionamiento de los paneles o módulos solares – Casa_Tipo_2*

Promedio diario (Ah/día)	/	Eficiencia de las baterías (nbat)	/	Horas sol pico/ día (h/d)	=	Corriente pío del arreglo (A)
1085,039	/	0,95	/	6	=	190,358

Nota. Elaboración del proyecto

De la ficha técnica: <http://newline.com.co/>-

Tabla 46*Dato del Panel seleccionado – Casa_Tipo_2*

Nombre de fabricante	Sun power
Referencia	SPR-32NE-WHTR-D
Tensión eléctrica	48V
Potencia	327 KW
Corriente de Corto Circuito Isc	6,46 A

Nota. Tomado: ficha técnica del fabricante - <http://newline.com.co/>

Tabla 47*Corriente de Módulos en paralelo– Casa_Tipo_2*

Corriente pío del arreglo (A)	/	Corriente de pico del módulo (A)	=	Cantidad de módulos en paralelo
190,358	/	6,46	=	29,467

Nota. Elaboración del proyecto**Tabla 48***Número de paneles – Casa_Tipo_2*

Número total paneles (Np)	=	Consumo energía real (Er)	/	Factor de funcionamiento Sistema (0,6 y 0,9)	x	Potencia nominal del panel escogido (Wp)	x	Horas de Pico solar (H/d)
29,495	=	52081,871	/	0,9	x	327	x	6

Nota. Elaboración del proyecto

$$Np = \frac{E}{0.9 * Wp * HPS}$$

Tabla 49*Número de paneles en Serie – Casa_Tipo_2*

Cantidad paneles en Serie (Nserie)	=	Voltaje CD del sistema (Vbat)	/	Voltaje módulo MPP (V)
0,877513711	=	48	/	54,7

Nota. Elaboración del proyecto

$$Nserie = \frac{Vbat}{VmodMPP}$$

Tabla 50*Número de paneles en paralelo– Casa_Tipo_2*

Cantidad paneles en Paralelo (Npar)	=	Número total paneles (Np)	/	Cantidad paneles en Serie (Nserie)
30		30		1

Nota. Elaboración del proyecto

$$N_{paralelo} = \frac{N_t}{N_{serie}}$$

controlador regulador

Tabla 51*Cálculo del controlador o regulador – corriente de entrada al controlador – Casa_Tipo_2*

Corriente de entrada al controlador (A)	=	Factor de seguridad 25% mas	x	Corriente de corto circuito del módulo (A)	x	Cantidad paneles en Paralelo (Npar)
242,3	=	1,25	x	6,46	x	30

Nota. Elaboración del proyecto

$$I_{ent} = F_s * I_{scmod} * N$$

Tabla 52*Cálculo del controlador o regulador – corriente de salida en el controlador – Casa_Tipo_2*

Corriente de salida en el controlador (A)	=	Factor de seguridad 25% mas	x	Potencia de la Carga alimentar (W) (wh/día)	/	Rendimiento regulador (nreg)	/	Voltaje CD del sistema (v)
167,845	=	1,25	x	6122,99	/	0,95	/	48

Nota. Elaboración del proyecto

$$I_{sal} = \frac{\left(F_s * \left(\frac{P_{ac}}{n_{reg}} \right) \right)}{V_{bat}}$$

Inversor

Tabla 53*Cálculo del inversor – Potencia del inversor – Casa_Tipo_2*

Potencia del inversor P_{inv} (W)	=	Factor de seguridad 20% mas (Fs)	X	Potencia total conectada en C.A. (Watt)
7335,588	=	1,2	X	6112,99

Nota. Elaboración del proyecto

$$P_{inv} = F_s * P_{ac}$$

Casa_Tipo_3: casa vivienda familiar de 3 habitaciones, sala, comedor, cocina, y 2 baños, la habitan 3 personas. Se utilizan las mismas ecuaciones cambiando los datos de entrada

Tabla 54*Carga Vivienda – Casa_Tipo_3*

Equipo	Cant.	Horas / Día	Voltaje	Corriente	Factor Potencia	Potencia	KW-h
Plancha Cabello	0	0,00	125,0 V	1,35 A	1	168,75 W	0,00 KW-h
Aire Acondicionado	3	15	125,0 V	8,18 A	0,9	920,25 W	41,41 KW-h
Plancha Ropa	1	0,08	125,0 V	7,40 A	1	925,00 W	0,07 KW-h
Bombillas	7	5	125,0 V	0,14 A	0,7	12,25 W	0,43 KW-h
Cargador Celular	3	4	125,0 V	0,16 A	0,5	10,00 W	0,12 KW-h
Ventilador	0	0	125,0 V	0,87 A	0,72	78,30 W	0,00 KW-h
PC	1	6	125,0 V	0,31 A	0,55	21,31 W	0,13 KW-h
Nevera	1	24	125,0 V	0,08 A	0,7	7,00 W	0,17 KW-h
Router WiFi	1	24	125,0 V	0,08 A	0,6	6,00 W	0,14 KW-h
Microondas	1	0,25	125,0 V	11,41 A	0,9	1283,63 W	0,32 KW-h
Lavadora	1	1	125,0 V	2,34 A	0,85	248,63 W	0,25 KW-h
TV	1	5	125,0 V	0,85 A	0,9	95,63 W	0,48 KW-h
Estufa y Horno	1	2	125,0 V	18,29 A	1	2286,25 W	4,57 KW-h
Otras Cargas Esporádicas	1	1				50,00 W	0,05 KW-h
TOTALES						6112,99 W	48,14 KW-h 1444,32 KW-h

Nota. Elaboración del proyecto

Potencia total en C.A. (Watt) **6112,99**

Energía total diaria en C.A. = Etac **48,14**

Cddt = Energía total diaria en C.A. (Wh/d) = Consumo diario total en C.A. (Wh/d)

Para determinar el consumo diario de energía de cada vivienda tipo, se calcula de la siguiente manera:

$$Cd = P * n * t$$

$$Cd = \sum_{i=1}^N Pi * ni * ti$$

De donde:

Cd: Consumo diario

P: Potencia unitaria de cada carga conectada

n: Número de cargas del mismo tipo conectadas en simultaneo

t: Tiempo diario de uso de una carga especifica

- Rendimiento del sistema

Tabla 55

Rendimiento Total de la Instalación – Casa_Tipo_3

R	=	1	-	kb	-	Kc	-	Kv	X	1	-	Ka	X	N (días)	/	Pd (%)
0,8395	=	1	-	0,05	-	0,005	-	0,050	X	1	-	0,002	X	3	/	50
0,7456	=	1	-	0,10	-	0,005	-	0,100	X	1	-	0,005	X	4	/	70
0,7400	=	1	-	0,05	-	0,005	-	0,150	X	1	-	0,012	X	4	/	70
0,6863	=	1	-	0,10	-	0,100	-	0,050	X	1	-	0,005	X	4	/	50
0,5958	=	1	-	0,10	-	0,100	-	0,150	X	1	-	0,012	X	5	/	70

Nota. Elaboración del proyecto

$$R = (1 - Kb - Kc - Kv) * \left(1 - Ka * \frac{N}{Pd}\right)$$

R: rendimiento total de la instalación

Kb: coeficiente de pérdidas debidas al rendimiento del acumulador:

0,05 en sistemas que no producen descargas intensas

0,1 en sistemas con descargas profundas

Kc: Coeficiente de pérdidas en el inversor:

0,005 para inversores de salida senoidal pura, en condiciones óptimas

0,1 para condiciones de trabajo lejos de las óptimas

Kv: coeficiente de pérdidas varias (transmisión, efecto joule, etc.)

El intervalo de valores de este parámetro que se toma como referencia es: $0,05 < K_v <$

0,015

Ka: coeficiente de autodescarga diaria de las baterías, los valores típicos son:

0,002 para baterías de baja autodescarga (Ni-Cd)

0,005 para baterías estacionarias de plomo ácido (las más usuales)

0,012 para baterías de alta auto descarga (SLI)

N: Número de días de autonomía de la instalación, Días nublados. Radiación mínima.

3 – 10 días como valores de referencia

Pd: Profundidad de descarga diaria de la batería

No deberá exceder el 70% de la capacidad nominal del acumulador

Consumo diario teórico

Tabla 56

Consumo Energético Real Medido – Casa_Tipo_3

Et (Wh)	/	R	=	E (W)	R (%)
6112,99	/	0,8395	=	7281,7034	119,12%
6112,99	/	0,7456	=	8198,7527	134,12%
6112,99	/	0,74	=	8260,7973	135,14%
6112,99	/	0,6863	=	8907,1689	145,71%
48140	/	0,5958	=	80798,926	167,84%

Nota. Elaboración del proyecto

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

Et: consumo energético teórico medido en Wh de todas las cargas.

E: consumo energético real medido en Wh

R es el rendimiento total de la instalación FV

- Estimación del consumo real

Tabla 57

Estimación del consumo real sin considerar margen de seguridad – Casa_Tipo_3

Energía Real diaria (Wh/d)	=	Energía total diaria en C.C. (W h/día)	+	Energía total diaria en C.A. (W h/día)	/	Eficiencia del inversor (nin)	/	Eficiencia del batería (nbat)	x	Eficiencia del conductor (ncond)
7149,696	=	0	+	6112,99	/	0,9	/	0,9500	x	1

Nota. Elaboración del proyecto

Tabla 58

Energía promedio diario en A-h – Casa_Tipo_3

Er (A-h)	=	Er (Wh/d)	/	Vb SISTEMA(V)
127,354	=	6112,99	/	48

Nota. Elaboración del proyecto

Como se observa en el cuadro de cargas inicial la potencia está por encima de los 1500 W, pero por debajo de 5000 W, por esa razón seleccionamos 48 Voltios para la alimentación del Sistema.

Tabla 59

Estimación del consumo real considerando margen de seguridad y pérdidas en componentes –

Casa_Tipo_3

Energía Real diaria (Wh/d)	=	Energía total diaria en C.C. (W h/día)	+	Energía total diaria en C.A. (W h/día)	/	Eficiencia del inversor (ninv)	/	Eficiencia del batería (nbat)	x	Eficiencia del conductor (ncond)
56304,094	=	0	+	48140	/	0,9	/	0,9500	x	1

Nota. Elaboración del proyecto

Tabla 60

Energía real promedio diario en A-h – Casa_Tipo_3

Er (A-h)	=	Er(Wh/d)	/	Vb SISTEMA(V)
1173,002	=	56304,094	/	48

Nota. Elaboración del proyecto

$$Er = \frac{Ecc + \left(\frac{Etac}{ninv}\right)}{nbat * ncond}$$

Una vez conocida la carga se procede con el cálculo del consumo real, teniendo en cuenta además de los consumido por cada carga, las pérdidas, del mismo sistema fotovoltaico.

Baterías

Tabla 61

Estimación del consumo real considerando margen de Seguridad y perdidas en componentes – Casa_Tipo_3

Energía Real diaria (Wh/d)	=	Energía total diaria en C.C. (W h/día)	+	Energía total diaria en C.A. (W h/día)	/	Eficiencia del inversor (nin_v)	/	Eficiencia del batería (nbat)	x	Eficiencia del conductor (ncond)
56304,094	=	0	+	48140	/	0,9	/	0,9500	x	1

Nota. Elaboración del proyecto

Tabla 62

Energía real promedio diario en A-h – Casa_Tipo_3

Energía real diaria (A-h)	=	Energía Real diaria (Wh/d)	/	Vb SISTEMA(V)
1173,002	=	56304,094	/	48

Nota. Elaboración del proyecto

Tabla 63

Cálculo del banco de batería – Casa_Tipo_3

Carga del banco de baterías C (A-h)	=	Energía real diaria (Wh/d)	X	Días de autonomía (N)	/	Vb Sistema (V)	X	Profundidad descarga (Pd)
3351,434	=	56304,094	X	2	/	48	X	0,7

Energía real diaria (Ah)	X	Días de autonomía (N)	/	Profundidad descarga (Pd)	/	Capacidad Útil de la batería (Ah)	=	Cantidad de baterías en paralelo (Nbp)
1173,002	X	2	/	0,7	/	1200	=	3

Voltaje del sistema en CD (V)	/	Voltaje de las baterías (V)	=	Cantidad de baterías en serie (Nbs)	X	Cantidad de baterías en paralelo (Nbp)	=	Número total de baterías (NB)
48	/	12	=	4	X	1	=	4

Nota. Elaboración del proyecto

$$C = \frac{E * N}{V * Pd}$$

$$Nb = \frac{C}{Cbat}$$

$$Nbs = \frac{C}{Cbat}$$

Tabla 64

Número de baterías – Casa_Tipo_3

Numero de batería serie (Nbs)	=	Carga del banco de baterías C (A-h)	/	Carga Útil Batería C _{Ubat} (A-h)
2	=	3351,434	/	1500

Nota. Elaboración del proyecto

La Capacidad útil de la batería se determina, basado en la carga del batería multiplicado por la profundidad de descarga; se recomienda asumir para el cálculo de la carga útil un valor de 0,8 de Pd. Ejemplo: Para una batería de 1500 Ah x 0,8, es decir la carga Útil será 1200 Ah.

Tabla 65*Baterías según potencia de la carga – Casa_Tipo_3*

Potencia demanda por la carga (w)	Tensión de trabajo (V)
Menor de 1.500	12
1.500 – 5.000	24 o 48
Mayor de 5.000	120 o 300

Tomado de www.newline.com.co – Ficha técnica de baterías

Módulos solares

Tabla 66*Dimensionamiento de los paneles o módulos solares – Casa_Tipo_3*

Promedio diario (Ah/día)	/	Eficiencia de las baterías (nbat)	/	Horas sol pico/ día (h/d)	=	Corriente pico del arreglo (A)
1173,002	/	0,95	/	6	=	205,79

Nota. Elaboración del proyectoDe la ficha técnica: <http://newline.com.co/>- Anexo. G**Tabla 67***Dato del Panel seleccionado – Casa_Tipo_3*

Nombre de fabricante	Sun power
Referencia	SPR-32NE-WHTR-D
Tensión eléctrica	48V
Potencia	327 KW
Corriente de Corto Circuito Isc	6,46 A

Tomado: ficha técnica del fabricante - <http://newline.com.co/>

Tabla 68*Corriente de Módulos en paralelo– Casa_Tipo_3*

Corriente pío del arreglo (A)	/	Corriente de pico del módulo (A)	=	Cantidad de módulos en paralelo
205,790	/	6,46	=	31,856

Nota. Elaboración del proyecto**Tabla 69***Número de paneles – Casa_Tipo_3*

Número total paneles (Np)	=	Consumo energía real (Er)	/	Factor de funcionamiento Sistema (0,6 y 0,9)	x	Potencia nominal del panel escogido (Wp)	x	Horas de Pico solar (H/d)
31,886	=	56304,094	/	0,9	x	327	x	6

Nota. Elaboración del proyecto

$$Np = \frac{E}{0.9 * Wp * HPS}$$

Tabla 70*Número de paneles en Serie – Casa_Tipo_3*

Cantidad paneles en Serie (Nserie)	=	Voltaje CD del sistema (Vbat)	/	Voltaje módulo MPP (V)
0,877513711	=	48	/	54,7

Nota. Elaboración del proyecto

$$Nserie = \frac{Vbat}{VmodMPP}$$

Tabla 71*Número de paneles en paralelo– Casa_Tipo_3*

Cantidad paneles en Paralelo (Npar)	=	Número total paneles (Np)	/	Cantidad paneles en Serie (Nserie)
32		32		1

Nota. Elaboración del proyecto

$$N_{paralelo} = \frac{N_t}{N_{serie}}$$

controlador regulador

Tabla 72*Cálculo del controlador o regulador – corriente de entrada al controlador – Casa_Tipo_3*

Corriente de entrada al controlador (A)	=	Factor de seguridad 25% mas	x	Corriente de corto circuito del módulo (A)	x	Cantidad paneles en Paralelo (Npar)
258,4	=	1,25	x	6,46	x	32

Nota. Elaboración del proyecto

$$I_{ent} = F_s * I_{scmod} * N$$

Tabla 73*Cálculo del controlador o regulador – corriente de salida en el controlador – Casa_Tipo_3*

Corriente de salida en el controlador (A)	=	Factor de seguridad 25% mas	x	Potencia de la Carga alimentar (W) (wh/día)	/	Rendimiento regulador (nreg)	/	Voltaje CD del sistema (v)
167,845	=	1,25	x	6122,99	/	0,95	/	48

Nota. Elaboración del proyecto

$$I_{sal} = \frac{\left(F_s * \left(\frac{P_{ac}}{n_{reg}} \right) \right)}{V_{bat}}$$

Inversor

Tabla 74

Cálculo del inversor – Potencia del inversor – Casa_Tipo_3

Potencia del inversor P_{inv} (W)	=	Factor de seguridad 20% mas (Fs)	X	Potencia total conectada en C.A. (Watt)
7335,588	=	1,2	X	6112,99

Nota. Elaboración del proyecto

$$P_{inv} = F_s * P_{ac}$$

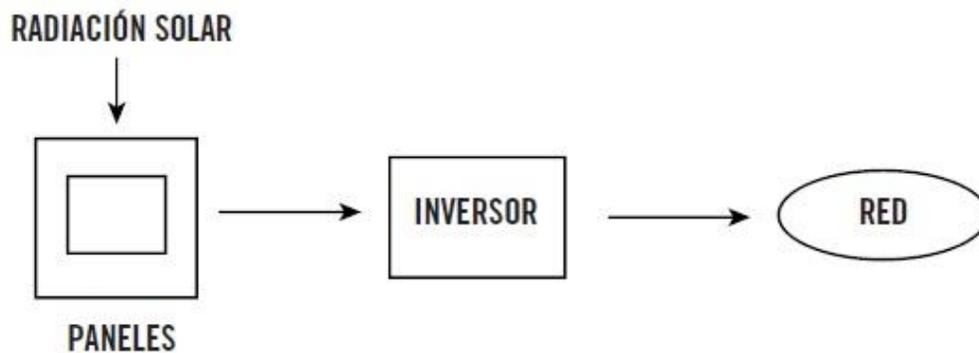
Indicador:

Teniendo en cuenta el diagrama funcional de una instalación fotovoltaica (sencilla) conectada a red. Especifique los elementos que harían parte de dicho sistema si este fuera On

Grid, Off Grid e Híbrido. A manera general en la ilustración 8, se observa el mapa de procesos de un sistema Offgrid que será explicado a continuación.

Figura 10

Gráfico general de un sistema solar fotovoltaico offgrid



Nota. elaboración propia

Sistema Offgrid

Parámetros: inclinación optima

Latitud: 20°

Inclinación: 17,5°

Long panel: 1650 Mm

Altura: -92234 Mm

Pérdidas: 0,7 %

Inclinación: $= 3,7 + (0,69 * 20^\circ)$

Longitud panel: $= (\text{Sen}(17,5^\circ) * 1650) * (180/\Pi)$

Parámetros: Sistema aislado

Para Sistemas a 12 V se recomienda que la potencia de paneles a instalar y la demanda máxima NO supere: 720 W

Para Sistemas a 24 V se recomienda que la potencia de paneles a instalar y la Demanda máxima NO supere: 1440 W

Para Sistemas A 48 V se recomienda que la potencia de paneles a instalar y la Demanda máxima NO supere: 2880 W.

Datos de entrada

Tabla 75

Datos de entrada

Potencia panel:	270	(W)
Temperatura máx. en el panel:	50	(°C)
Vco panel (Extensión de circuito abierto):	38,2	(V)
Icc Panel (Intensidad de corto circuito):	9,13	(A)
Horas pico solares:	4,5	(h)
Voltaje baterías:	12	(V)
Capacidad Batería:	50	(Ah)
Banco de baterías a:	48	(V)
%Ecc:	0,95	
%Einv:	0,95	
%Descarga baterías:	70%	
Días autonomía:	1	

Nota. Elaboración del proyecto

% Rendimiento de Paneles: $Potencia\ panel\ (^{\circ}T) / Potencia\ de\ panel = 0,90$

$Potencia\ Panel\ (^{\circ}T) = Potencia\ Panel * (1 - Temperatura\ máxima\ en\ el\ panel - 25) * 0,40\%$

$Potencia\ Panel\ (^{\circ}T) = 270 * (1 - ((50 - 25) * 0,4\%))$

%Rendimiento de Paneles: 0,9

Potencia panel ($^{\circ}T$) 243 (W)

Si el Tiempo (h) es 0

Potencia Subtotal (W)

Demanda = Tiempo (h) * Potencia Subtotal (W) * Cantidad

Energía (Wh) = Tiempo (h) + Demanda (W)

De ahí se obtiene:

Tabla 76

Cálculos de Potencia y Energía – Casa_Tipo_1

Potencia total en C.A. (Watt)	6122,99
Energía total diaria en C.A. = Etac	28.82

Nota. Elaboración del proyecto

Energía total: 28,82 (KWh)

Demanda máxima: 6122,99 (W)

Tabla 77

Datos de Salida

Descripción	Calculo	Valor Casa_Tipo_1	Valor Casa_Tipo_2	Valor Casa_Tipo_3	Unidad de medida
Capacidad total banco de baterías:					
(Energía Total*Días autonomía)/(Banco de baterías* %Ecc* %Einv*Descarga de Baterías)	(28820*1)/(48*0,95*0,95*0,70)	950,40	1468,47	1587,52	(Ah)

Descripción	Calculo	Valor Casa_Ti po_1	Valor Casa_Tip o_2	Valor Casa_Tip o_3	Unidad de medida
Cantidad baterías: (Banco de baterías /					
Voltaje baterías)	(48/12)				
*(Capacidad total banco	*(950,40/50)	76,03	76,03	76,03	
de baterías / Capacidad					
Batería)					
Baterías en serie (Ramal):					
(Banco de Baterías /	48/12	4	4	4	
Voltaje de Baterías)					
Cantidad de ramales en					
Paralelo:					
Capacidad total del banco	950,40/50	475,20	734,24	793,76	
de baterías / Capacidad					
Batería)					
Potencial necesario:					
(Energía Total / Horas	28820 / 4,5	6404,44	9895,56	4,00	(W)
pico Solares)					
Cantidad Paneles:					
(Potencial necesaria: /	(6404,4/(270	26,36	40,72	44,02	
(Potencia del panel*% Rendimiento Paneles))	*0,90)				
Potencia instalada:					
Cantidad de Paneles *	270 * 26,36	7116,00	10995,07	11886,42	(W)
Potencia de Panel					
Potencia Entregada (°T):					
Cantidad de Panel *	16*7116	113856,0	329852,0	356592,6	(W)
Potencia panel (°T)		0	0	7	
SELECCIONAR CONTROLADOR DE CARGA					
Corriente Controlador:			40		(A)
Voltaje máximo controlador:					
Depende del controlador seleccionado, se			150		(V)
necesita para calcular los STRINGS					
Cantidad máx. de					
STRINGS:					
Corriente del Controlador	40 / 9,13	4	4	4	
/ Icc Panel					

Descripción	Calculo	Valor Casa_Ti po_1	Valor Casa_Tip o_2	Valor Casa_Tip o_3	Unidad de medida
Cantidad máx. paneles en serie:	150 / 38,2	3	3	3	
Voltaje máximo controlador / Vco panel Inversor:	6122,99 *	7653,74	7641,24	7641,24	(W)
Demanda máxima * 1,25	1,25				

Nota. Elaboración del proyecto

Realizar el arreglo de paneles de acuerdo con las limitaciones:

1. Casa_Tipo_1: 16 paneles en total
2. Casa_Tipo_2: 30 paneles en total
3. Casa_Tipo_3: 32 paneles en total
4. máximo 4 STRINGS (conjunto de paneles solares fotovoltaicos que están conectados en serie) y 3° máximo 3 paneles en serie

Batería según Paneles

Tabla 78

Datos de entrada – Batería según Paneles

Potencia Panel:	350	(W)
Cantidad de paneles:	1	
Temperatura del panel:	50	(°C)

Nota. Elaboración del proyecto

Tabla 79

Datos de salida -Batería según Paneles

Descripción	Calculo	Valor	Unidad de medida
Potencia Instalada (°T)			
Potencia Panel*(1-(Temperatura del panel – 25)*0,5%))*Cantidad de Paneles	$(350*(1-(50-25)*0.005))*1$	306	(W)
Energía a generar:			
Potencia Instalada (°T)*4,4	$6122,99* 4,4$	26941,156	(Wh)
Energía a almacenar			
Energía a generar * 0,9	$28820 * 0,9$	25938	(Wh)

Nota. Elaboración del proyecto

Paneles según batería

Tabla 80

Datos de entrada - Paneles según batería

Descripción	Calculo	Valor	Unidad de medida
Voltaje de batería:	12		(V)
Capacidad de corriente de batería:	55		(Ah)
Energía a almacenar:			
Voltaje de batería * capacidad de corriente de batería	$(12*55)$	660	(Wh)
Energía a utilizar (70%):			
Energía a almacenar*0,7*0,96*0,96*0,96	$660*0,7*0,96*0,96*0,96$	408,748	(Wh)
Potencia total de Paneles:			
Energía a almacenar / 4,4	$660/4,4$	26941,15	(W)
Panel a usar:	150	150	(W)
Cantidad de paneles necesarios:			
Potencia total de paneles / Panel a usar	$150/150$	1	

Nota. Elaboración del proyecto

Fase de Evaluación

Objetivo: Comparar la eficiencia del modelo propuesto versus el sistema actual de suministro de energía.

Actividad: Estudio de la normatividad vigente e identificación de las variables más relevantes

Resultados:

Casa_Tipo_1. La energía regulada del sistema prototipo vivienda familiar: 2.8820 Wh

La energía del sistema fotovoltaico de la vivienda: 113.856 Wh

$$Eficiencia = \frac{Energia\ regulada\ del\ sistema\ prototipo\ vivienda\ familiar}{Energia\ del\ sistema\ fotovoltaico}$$

$$Eficiencia = \frac{28820}{113856}$$

$$Eficiencia = 25\ \% \ de\ ahorro$$

Indicador: mayor eficiencia energética en el sistema fotovoltaico (Santiago M. R., 2019).

Casa_Tipo_2. La energía regulada del sistema prototipo vivienda familiar: **441850 Wh**

La energía del sistema fotovoltaico de la vivienda: 113856 **Wh**

$$Eficiencia = \frac{Energia\ regulada\ del\ sistema\ prototipo\ vivienda\ familiar}{Energia\ del\ sistema\ fotovoltaico}$$

$$Eficiencia = \frac{44350}{113856}$$

$$Eficiencia = 38,95\ \% \ de\ ahorro$$

Indicador: mayor eficiencia energética en el sistema fotovoltaico, (Santiago M. R., 2019).

Casa_Tipo_3. La energía regulada del sistema prototipo vivienda familiar: **48140 Wh**

La energía del sistema fotovoltaico de la vivienda: **113856 Wh**

$$Eficiencia = \frac{Energia\ regulada\ del\ sistema\ prototipo\ vivienda\ familiar}{Energia\ del\ sistema\ fotovoltaico}$$

$$Eficiencia = \frac{48140}{113856}$$

$$Eficiencia = 42,28 \% \text{ de ahorro}$$

Indicador: mayor eficiencia energética en el sistema fotovoltaico. (Santiago M. R., 2019).

Conclusiones

Con los datos tomados se pudo realizar el cuadro consumo de energía por cada casa tipo, donde se puede observar la diferencia de consumo energético en la casa tipo_1 (apartamento) a la casa tipo_2 (casas) ya que las últimas cuentan con más espacios y mayor número de personas.

También observamos que sobre Bahía Málaga se presentan altas precipitaciones que durante el último trimestre varían entre los 650 mm/mes y 700 mm/mes. Aunque en un principio se pudiera pensar que por la cercanía al ecuador la localización es óptima para la generación fotovoltaica, se ha comprobado con los datos de radiación y los resultados obtenidos que hay otros factores también fundamentales que influyen en la idoneidad para esta práctica. Sobre la zona se presentan pocos días soleados al mes debido a la alta nubosidad.

A través de las lecturas e investigaciones acerca de las leyes que se están generando en el país y comparándola con países de la zona, podemos apreciar que Colombia está avanzando en la búsqueda de nuevos sistemas de energía.

Desde las primeras disposiciones presentadas en Colombia a la fecha se pudo observar en la página del Ministerio de Minas y Energía (www.minenergia.gov.co), decretos que permite que favorecer a empresas que busquen alternativas de generación de energía, en el ahorro de esta.

Basados en los documentos y experiencias vividas por proyectos de grados anteriores a este, se traza el modelo y se inicia con el cálculo del sistema y sus componentes.

Teniendo claro que, para la zona estudiada, la gran cantidad de nubes durante todo el año estropea el resto de las condiciones, que si son óptimas. En los días soleados se dispone de 2 a 3 horas de brillo solar. El sector es bastante húmedo, razón por la cual el aire circundante puede alcanzar temperaturas máximas de hasta 28 °C en el último trimestre.

Como se pudo apreciar durante la ejecución del proyecto y apoyados con los cálculos se aprecia diferencia en consumo de cada casa de lo cual se obtuvo diferentes componentes del sistema solar fotovoltaico, como por ejemplo la casa_Tipo_1 se necesitan 16 paneles en total, entre tanto para las casas_Tipo_2 y tipo_3 se necesitan de 30 a 32 paneles en total, entre estas dos hay similitud ya que su estructura tanto física como las personas que la habitan son parecidas.

En cuanto a la eficiencia dada por la energía regulada del sistema prototipo vivienda familiar sobre Energía del sistema fotovoltaico aquí se puede apreciar que la casa tipo_1 tiene un ahorro de 25 % de energía, para la casa tipo_2 es de 38,95% y para la casa tipo_3 es de 42,28%.

Tras la finalización del proyecto, se hace una valoración del trabajo realizado: - Los cálculos y procesos de pensamiento seguido en el proyecto son correctos y tienen valor didáctico.

Recomendaciones

De acuerdo con la necesidad del sistema se trabajaron tanto con baterías, inversores y paneles que cuentan con fichas técnicas reconocidas en el mercado que las hacen competitivas, sin embargo, se podría haber estudiado paneles de otras potencias y características para intentar ajustarse más a las estimaciones iniciales de potencia y superficie instalada, no se realizó porque se trataría ya de una investigación sobre el estudio de la eficiencia de los componentes de un sistema solar o como mejorar dicha eficiencia.

Se invita a la utilización de otro tipo de energía para el aprovechamiento al máximo de los recursos con los que se cuenta en la Bahía Málaga, por ejemplo, hidráulica, térmica, undimotriz.

Referencias Bibliográficas

Abella, M. (2017). *Sistemas Fotovoltaicos*.

http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:45337/componente45335.pdf

Akhlaghi, S., Member, S., & Sarailoo, M. (2017). Study of Sufficient Number of Optimal Tilt Angle Adjustment to Maximize Residential Solar Panels Yield. 2017.

Arboleda Home, H. (1993). *Realidad o Desastre*.

<https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/5100/Bahia%20Malaga%20Realidad%20o%20desastre.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Arias Becerra, D. F., & Martínez Gómez, K. S. (2019). *Evaluación de la viabilidad para la implementación de un sistema solar fotovoltaico en la notaría única de san luis de gaceno, boyacá*. Bogotá: Universidad Libre de Colombia.

Autosolar. (2021). *¿Por qué diseñar las baterías con 3-4 días de autonomía?*

<https://autosolar.es/blog/baterias-placas-solares/por-que-disenar-las-baterias-con-3-4-dias-de-autonomia>

Bahia Malaga. (2021). *Página Principal*. <http://bahiamalaga.org/>

Barragan Bueno, M. (2020). *Estudio de factibilidad para la integración de un sistema solar fotovoltaico para la UTM*. [Tesis] Universidad Tecnológica De Morelia.

<https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/792/1/Miguel%20Barragan%20Bueno%20MER.pdf>

Bhol, R., Dash, R., Pradhan, A., & Ali, M. (2015). Environmental effect assessment on performance of solar PV panel. 2015 Int. Conf. Circuits, Power Comput. Technol. [ICCPCT-2015],.

Cepeda, J., & Sierra, A. (2017). *Aspectos que afectan la eficiencia en los paneles fotovoltaicos y sus potenciales soluciones.*

<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/4196/cepedajuan2017.pdf?sequence=1>

COLCIENCIAS. (2018). *Libro verde 2030* .

<http://libroverde2030.com/#.WyA1lJOBcRM.whatsapp>

Colonna Pertuz, J. A., & Medina Barraza, F. A. (2013). *Diseño de un sistema solar fotovoltaico para dos aulas móviles del SENA*. Barranquilla: [Proyecto de grado] Universidad De La Costa, —CUCl.

<https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/1063/TESIS%20DISEÑO%20SISTEMA%20SOLAR%20FOTOVOLTAICO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Cordero S., P. (Marzo de 2016). *Electromagnetismo*.

http://www.das.uchile.cl/~simon/docencia/fi2002_2016a/EM_2016_al.pdf

DIMAR, Direccion General Maritima. (2020). Condiciones océano - atmosféricas para la base naval de bahía Málaga con el fin de implementar un modelo de sistema de energía solar fotovoltaica aplicado a vivienda familiar de la armada nacional. *Área De Oceanografía Operacional*, 19.

Dubey, S., Sarvaiya, J., & Seshadri, B. (2013). Temperature dependent photovoltaic (PV) efficiency and its effect on PV production in the world - A review.

Empresas Públicas de Medellín. (2013). *Tips para el uso inteligente*.

https://www.epm.com.co/site/clientes_usuarios/clientes-y-usuarios/empresas/energ%C3%ADa/grandes-empresas/tips-para-el-uso-inteligente#:~:text=Una%20persona%20consume%20en%20promedio,152%20kWh%20mes%20de%20energ%C3%ADa.

Endesa. (11 de Diciembre de 2020). *¿Cómo funcionan los paneles solares?*

<https://www.endesa.com/es/blog/blog-de-endesa/luz/como-funcionan-los-paneles-solares#:~:text=Los%20rayos%20solares%20chocan%20contra,cristalino%20o%20arseniuro%20de%20galio.>

Factor Energía. (15 de Junio de 2018). *La importancia de la etiqueta energética al comprar un electrodoméstico*. <https://www.factorenergia.com/es/blog/ahorrar-electricidad/etiqueta-energetica-comprar-electrodomestico/>

Faraldo, P., & Pateiro, B. (2010). *Tema 1. Estadística Descriptiva*.

http://eio.usc.es/eipc1/BASE/BASEMASTER/FORMULARIOS-PHP-DPTO/MATERIALES/Mat_G2021103104_EstadisticaTema1.pdf

Granda-Gutiérrez, E., Orta-Salomón, O., Díaz-Guillén, J., Jimenez, M., Osorio, M., &

González, M. (17 de Octubre de 2013). Modelado y Simulación de Celdas y Paneles

Solares. ISSN:1405-2172. *Congr. Int. Ing. Electrón. Mem. Electro 2013*. Congr. Int. Ing.

Electrón. Mem. Electro 2013.

Grupo Simec Chile SRL. (2010.). Analisis de un Sistema e Iluminacion, utilizando ampolletas de bajo Consumo y alimentado por paneles fotovoltaicos. *Grupo Simec Chile SRL*, vol. 1, p. 138, .

IDEAM. (21 de Febrero de 2019). *Mapa de distribución de temperatura*.

<http://www.ideam.gov.co/>

Ineel. (2018). *Sistemas Fotovoltaicos conectados a la Red Eléctrica*. México.

www2.ineel.mx/proyectofotovoltaico/pdf/7_INGENIERIA_DEL_SISTEMA.pdf

Kapumpa, K., & Viridi, A. (2016). A Review Paper on Solar Photovoltaic Systems.

Karthik, D., Pendse, S., Sakthivel, S., & Ramasamy, E. (2017). High performance broad bandantireflective coatings using a facile synthesis of ink-bottle mesoporous MgF₂ nanoparticles for solar applications. *Sol. Energy Mater. Sol. Cells*. *Sol. Energy Mater. Sol. Cells*.

Lamigueiro, M., Perpiñán, Ó., & Colmenar, A. (2012). Diseño de sistemas fotovoltaicos.

Ley 2099. (10 de Julio de 2021). *Por medio de la cual se dictan disposiciones para la transicion energetica, la dinamizacion del mercado energetico, la reactivacion economica del pais y se dictan otras disposiciones*.

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=166326#>

Mat UDA. CL. (2011). *Estadística: conceptos básicos y definiciones*.

<http://www.mat.uda.cl/hsalinas/cursos/2010/eyp2/Clase1.pdf>

minenergia.gov.co. (18 de Septiembre de 2015). *REGLAMENTO TÉCNICO DE ETIQUETADO.*

RETIQ.

https://www.minenergia.gov.co/documents/3840/Compilado_Anexo_General_RETIQ_%C3%9Altima_Versi%C3%B3n_-_Abril_2021.pdf

Ministerio de Minas y Energía. (13 de Mayo de 2014). *Invierta y Gane con Energía Guía*

práctica para la aplicación de los incentivos tributarios de la Ley 1715 de 2014.

https://www1.upme.gov.co/Documents/Cartilla_IGE_Incentivos_Tributarios_Ley1715.pdf

Ministerio de Minas y Energía. (13 de Marzo de 2015). Comisión de regulación de energía y gas

- Resolución No. 024 de 2015. Bogotá: Presidencia Republica de Colombia.

Montano,, B., Rombaoa,, D., & Pena, R. (2016). Effects of shading on current, voltage and

power output of total cross-tied photovoltaic array configuration. IEEE Reg. 10 Annu.

Int. Conf. Proceedings/TENCON.

Nogueira, C., Bedin, J., & Niedzialkoski,, R. (2015). Performance of monocrystalline and

polycrystalline solar panels in a water pumping system in Brazil. *Renew. Sustain. Energy*

Rev. Brasil.

NTC 2050. (2020). *Norma Técnica Colombiana - 2050. Código Eléctrico Colombiano.*

<https://instalacioneselectricasmdmr.files.wordpress.com/2014/06/ntc-2050.pdf>

NTC ISO 50001. (06 de Febrero de 2019). *Sistemas de gestión de energía. requisitos con*

orientación para su uso NTC-ISO 50001:2019. (I. -I. Técnicas, Ed.) [https://e-collection-](https://e-collection-icontec-org.bdigital.sena.edu.co/normavw.aspx?ID=75626)

[icontec-org.bdigital.sena.edu.co/normavw.aspx?ID=75626](https://e-collection-icontec-org.bdigital.sena.edu.co/normavw.aspx?ID=75626)

- OBP. (2018). *Online Browsing Platform (OBP)*. Sistemas de gestión de la energía — Requisitos con orientación para su uso: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:50001:ed-1:v1:es>
- Rodríguez, E. (2020). *Areatecnologia*. <https://www.areatecnologia.com/electricidad/calculo-fotovoltaica.html>
- ROMO Telecom. (2020). *Smart romo*. <https://romotelecom.com/smart-romo/>
- Salazar P., C., & Del Castillo G., S. (2018). Fundamentos básicos de. Lima: QUI-052578.
- Santamaria, G., & Castejon, A. (2016). *Reguladores y controladores. En Instalaciones solares fotovoltaicas*.
<http://bdigital.unal.edu.co/57540/1/TRABAJO%20DE%20GRADO%20REV%200.pdf>
- Santiago, M. (2019). *Diseño de sistemas solares fotovoltaicos*.
<file:///F:/RDAR/Dise%C3%B1o%20-%20On%20Grid%20-%20Off%20Grid%20-%20Hibrido.pdf>
- Santiago, M. R. (Octubre de 2019). *Guia de aprendizaje - Territorium* . Portafolio del instructor Territorium: <https://es.scribd.com/document/378312439/11-GFPI-F-019-Formato-Guia-de-Aprendizaje-Energia-Solar>
- SENA - Red de conocimiento Mecánica Industrial. (2009). *Programa de Formación Titulada Tecnólogo en Mantenimiento Mecánico Industrial*. Bogotá: SENA.

Shahrestani, M., Yao, R., Essah, E., & Shao, L. (2017). “Experimental and numerical studies to assess the energy performance of naturally ventilated PV façade systems. *Sol. Energy Vol-147*, 37-51.

Silva Castilla, M. (2011). *Estadística - Conceptos Básicos*. <https://docplayer.es/24211532-Tema-1-introduccion.html>

Sistemas de Biblioteca - SENA. (2020). *Página Principal*. <http://biblioteca.sena.edu.co/>

Torres, R. (2016). *Compendio de regulación y normativa para sistemas fotovoltaicos*.

Trueba Salas, C., Remuzgo Pérez, L., Jordá Gil, V., & Sarabia Alegría, J. (2021). *Capítulo 1. Conceptos básicos de estadística descriptiva*.
<https://www.coursehero.com/file/44975331/cap-2pdf/>

Van Helden, W., Van Zolingen, R. J., & Zondag, H. (2004). PV Thermal systems: PV panels supplying renewable electricity and heat,” *Prog. Photovoltaics Res. Appl.*

wikipedia. (01 de abril de 2021). *Java (lenguaje de programación)*.

[https://es.wikipedia.org/wiki/Java_\(lenguaje_de_programaci%C3%B3n\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Java_(lenguaje_de_programaci%C3%B3n))

Zapata Martínez, , A., & Santos, M. (04 de Septiembre de 2015). *MODELO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PORTÁTIL* .

<https://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.ehu.eus/documents/3444171/4484748/44.pdf>

Zita, A. (2013). *Significado de Célula animal*. <https://www.significados.com/celula-animal/#:~:text=La%20c%C3%A9lula%20animal%20es%20aquella,son%20indispensables%20para%20nuestras%20vidas.>

Apéndices

Apéndice A

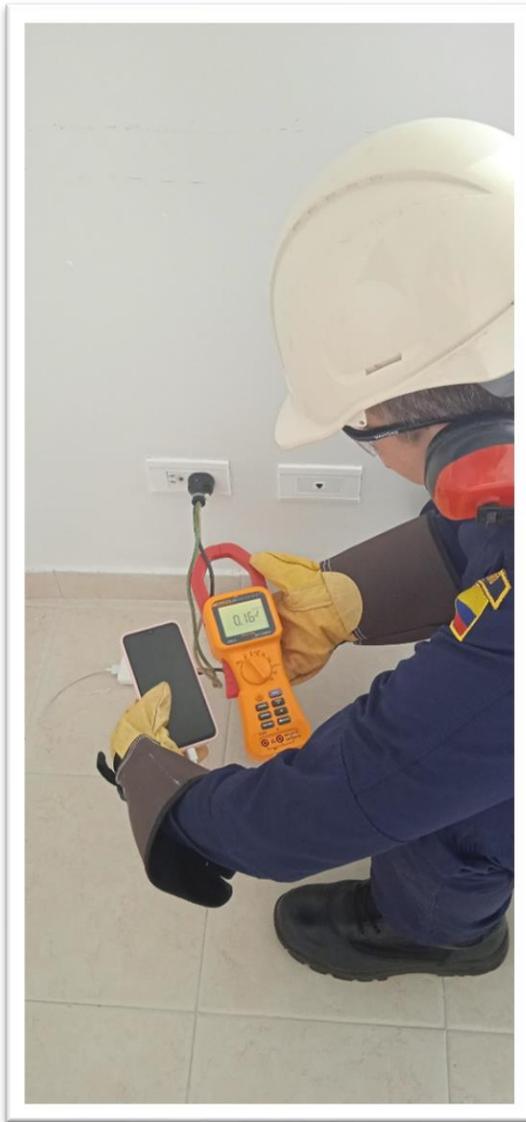
Registro fotográfico

1. Presentación

Proyecto	<i>Diseño de un modelo de sistema de energía solar fotovoltaica aplicado a vivienda familiar de la Armada Nacional de Colombia en la Base Naval ARC “Málaga”</i>		
Nombre	Rubén Darío Arboleda Rojas	Código	91542842
Anexo	A	Nombre del anexo	Registro Fotográfico
Objetivo del anexo	Evidencias fotográficas		

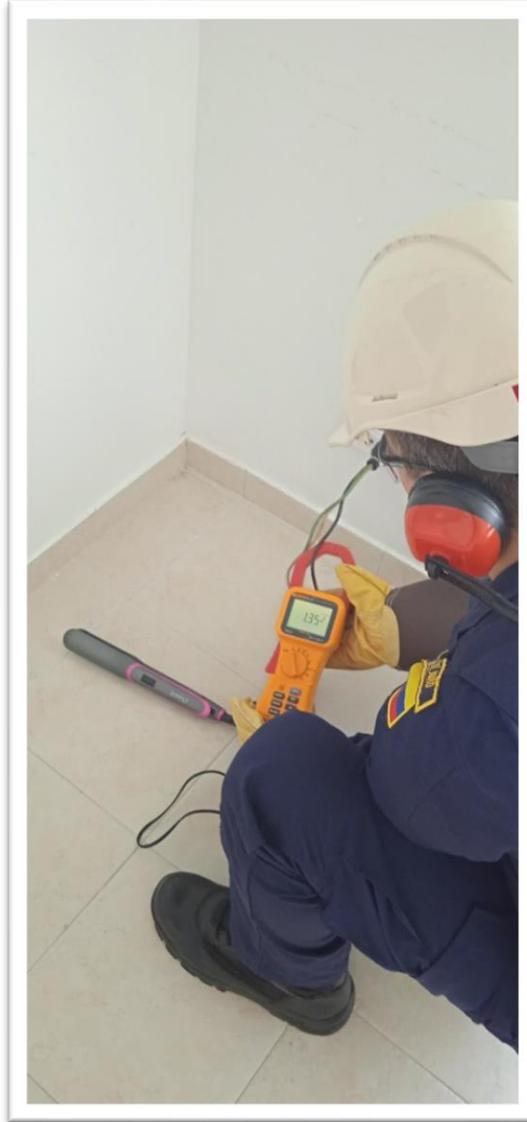
2. Desarrollo

Registro fotográfico de las tomas de lecturas en las respectivas casas tipo, llevando una lista de chequeo para no dejar ningún dato de entrada sin registro.



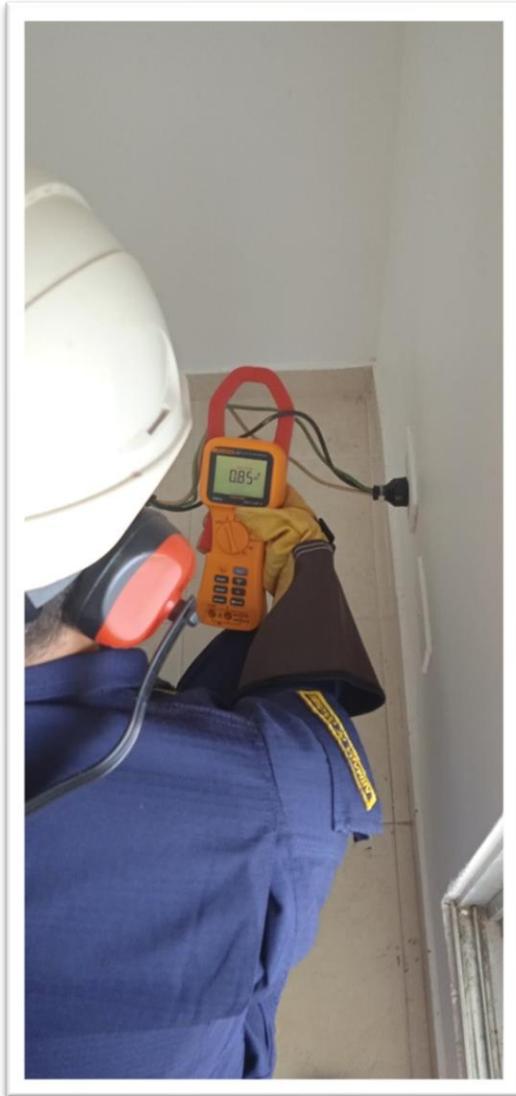
Cargador Celular

0.16 A

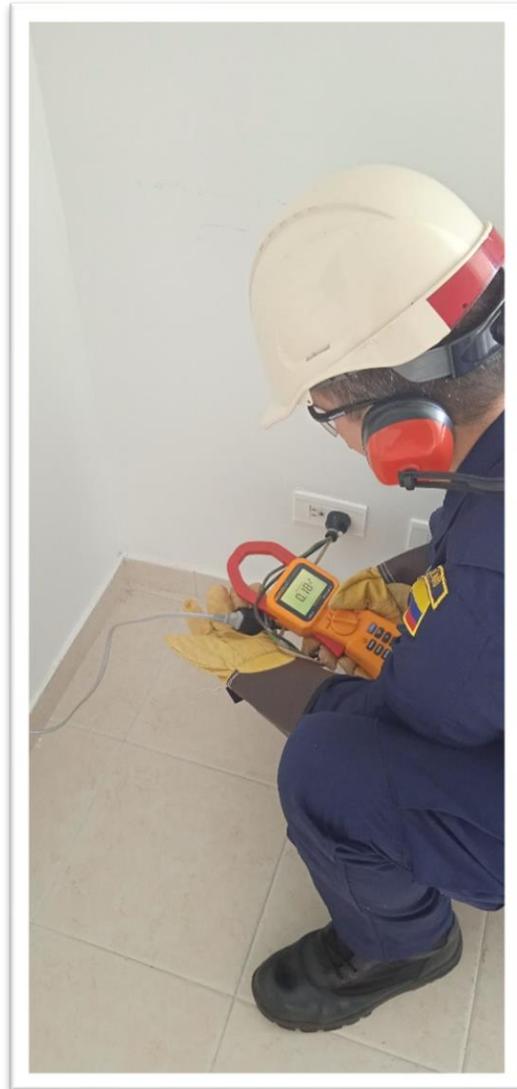


Plancha Cabello

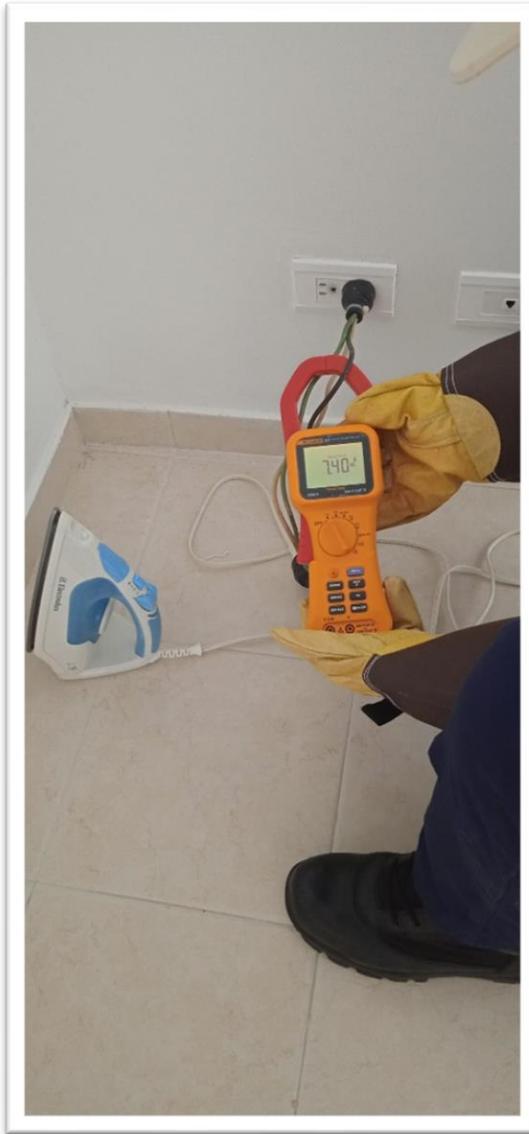
1.35 A



TV
0.85 A

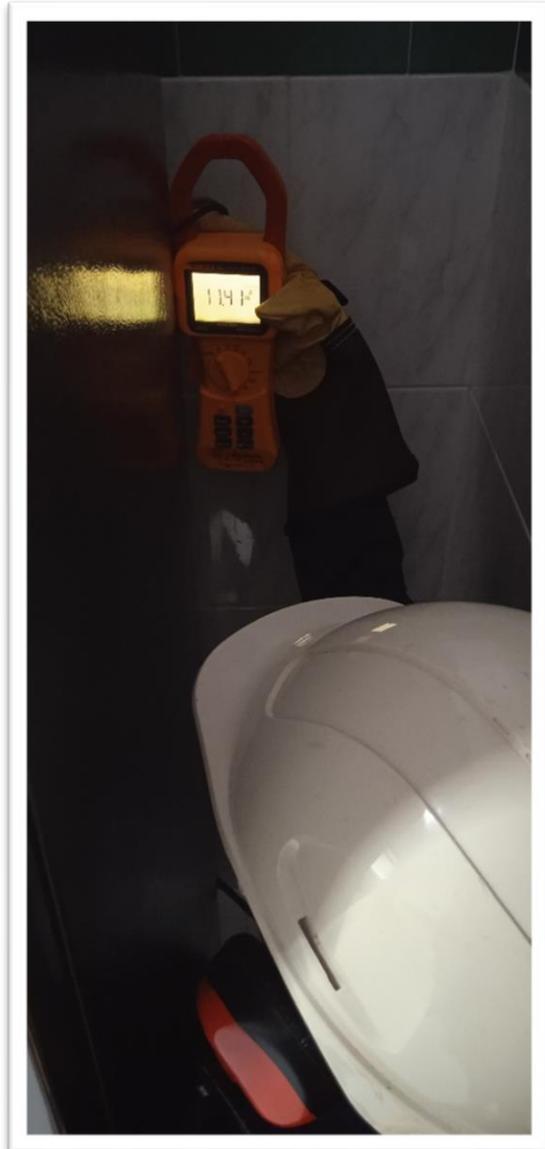


WII
0.18 A



Plancha Ropa

7.40 A



Microondas

11.41 A



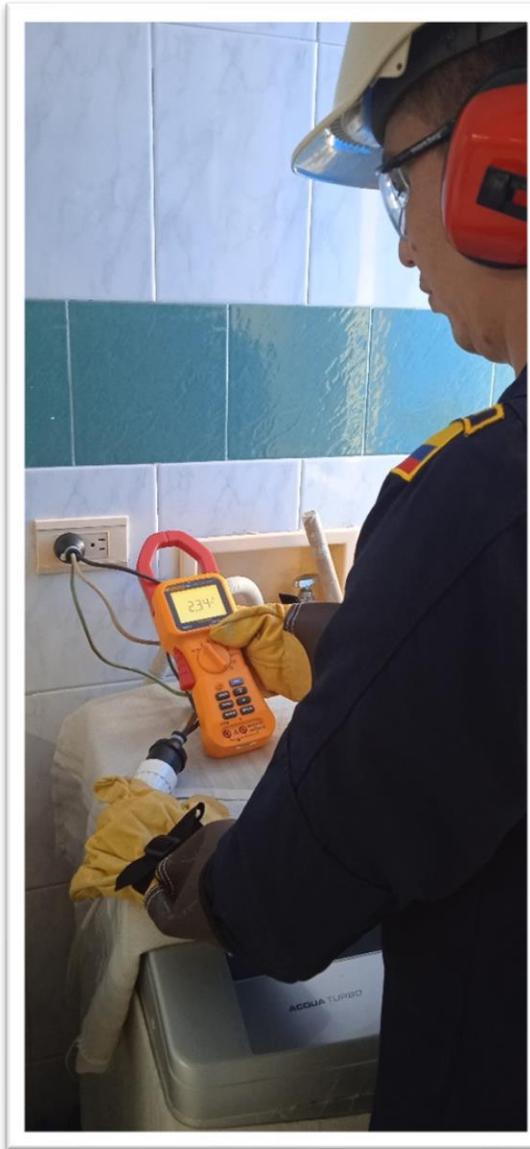
Nevera

0.08 A



Estufa

18.29 A



Lavadora

2.34 A



Ventilador

0.87 A



Router Wifi

0.08 A



Aire Acondicionado

8.18 A



Consumo Total Promedio

9.02 A



Consumo Total

35.81 A

3. Conclusión:

Por tratarse del mismo tipo de vivienda, note que no difiere en gran escala las medidas registradas.

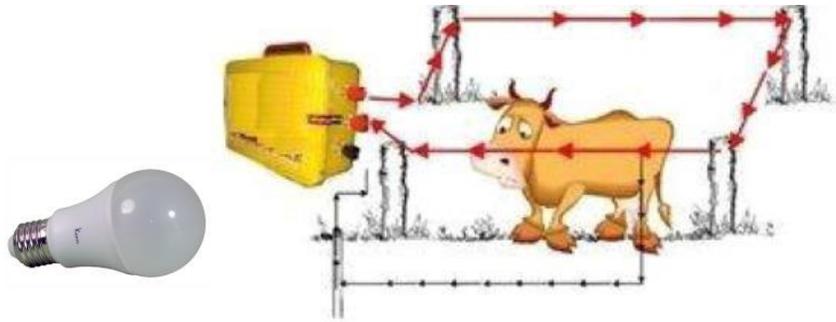
Apéndice B*Pasos para diseñar una planta solar***1. Presentación**

Proyecto	<i>Diseño de un modelo de sistema de energía solar fotovoltaica aplicado a vivienda familiar de la Armada Nacional de Colombia en la Base Naval ARC “Málaga”</i>		
Nombre	Rubén Darío Arboleda Rojas	Código	91542842
Anexo	B	Nombre del anexo	Pasos para diseñar una planta solar
Objetivo del anexo	Identificar componentes		

2. DesarrolloPrimer paso: conocer la necesidad

Consiste en determinar el tipo de carga, identificando principalmente la potencia en vatios y el tiempo promedio que se va a utilizar. También conviene clasificar si es una carga inductiva (lavadoras y demás aparatos con motor) o resistiva (electrodomésticos sin motor o con pequeños motores DC)

Ejercicio: Nuestro cliente requiere iluminar un cuarto de herramientas durante de 2 horas diarias y alimentar un impulsor eléctrico para cerca ganadera, las 24 horas, con una fuente de energía alternativa, ya que en su finca no tiene servicio de energía eléctrica.



Los primeros datos nos los da el cliente. Ahora, pasemos esto a cifras:

Elemento	Potencia	Tiempo de uso diario	Energía que consume
Bombillo LED 12V 5W	5W	2h	10Wh
Impulsor para cercas	5W	24h	120Wh
Energía diaria requerida E_D =			130Wh

Se necesita una planta solar que produzca cada día, al menos 130 vatios hora efectivos

Segundo procedimiento: elegir la batería

Es necesario tener en cuenta un margen de reserva (*fr*), para prever temporadas de poca radiación solar, evitar el daño prematuro de la batería y también considerar pérdidas eléctricas.

Entonces se calculará una cantidad de energía mayor a la del resultado anterior

$E_{Bat} = \frac{E_D \cdot fr}{\eta}$	Energía de Batería
---------------------------------------	---------------------------

ED: Energía diaria requerida

Fr: margen de reserva

η : eficiencia o rendimiento, la eficiencia del sistema normalmente es del 90%; entonces $\eta=0,9$. Si se quiere ser más precisos en el cálculo de este valor, se hará un análisis avanzado por etapas (conductores, batería, inversor, etc.)

Según el nivel de continuidad que requiera el cliente ante condiciones de invierno, puede aplicarse $fr=2$ para dos días; $fr=3$ para tres días, $fr=4$ para cuatro días (telecomunicaciones, electromedicina, comercio) o factores de multiplicación intermedios a criterio del diseñador: 2,4 por ejemplo. Por tratarse de una instalación no comercial y con poca probabilidad de ampliaciones futuras, se utilizará factor de reserva x2

Entonces, buscaremos una batería que almacene

$E_{Bat} = \frac{130Wh \times 2}{0,9} = 289Wh$	Energía de Batería
--	---------------------------

La capacidad de almacenamiento de una batería se da en Amperios hora (Ah); entonces hay que descomponer la cifra anterior, dividiendo en 12V para hallar los Amperios hora (ley de Ohm):

$C_{Bat} = \frac{E_{Bat}}{V_{Bat}} = \frac{289Wh}{12V} = 24Ah$	Capacidad de almacenamiento de una Batería
--	---

NOTA: Para $EB > 5000Wh$ diarios, conviene trabajar con baterías por parejas conectadas en serie, donde: $V_{BAT}=24$ voltios.

En el mercado las baterías de 12V (voltios), vienen con capacidades de almacenamiento de 1,3Ah, 2,5Ah, 5Ah, 7Ah, 12, 18, 24, 26, 35, 40, 55, 65, 75, 80, 100, 116, 150, 170, 190 y 225Ah. El precio de una batería oscila entre los \$7.000 y \$9.000 por Amperio (mercadolibre.com.co, año 2017). Se selecciona una Batería sellada Ciclo Profundo de 12V y 24Ah

Energía máxima almacenada: $12V \times 24Ah = 288Wh$ (Este valor se usará para la ficha técnica)

Energía máxima aprovechable: $12V \times 24Ah \times 0,75 = 230Wh$ (Puede entregar hasta el 75% de su carga).

Tercero: panel solar y controlador

Para seleccionar un panel solar, se deben conocer tres cosas: voltaje, capacidad de la batería (C_{Bat}) y la cantidad de horas sol sobre la zona (T_{Sol}).

Las baterías se cargan con un voltaje (o tensión) 20% superior al nominal. Y a una tasa que no exceda el 15% de su capacidad de carga, en amperios. Según esto, la batería de este proyecto de 12V 24Ah, se cargará con 14,4 voltios y máximo a 3,6 amperios ($P_{m\acute{a}x} = 14,4V \times 3,6A = 51,84W$)

Para que la batería se cargue en 6 horas sol, el panel debe producir una intensidad de corriente de:

$I_{Panel} = \frac{C_{Bat} \times 0,75}{T_{Sol}}$	<p>Intensidad de Corriente del panel</p>
$I_{Panel} = \frac{24Ah \times 0,75}{6h} = 3A$	



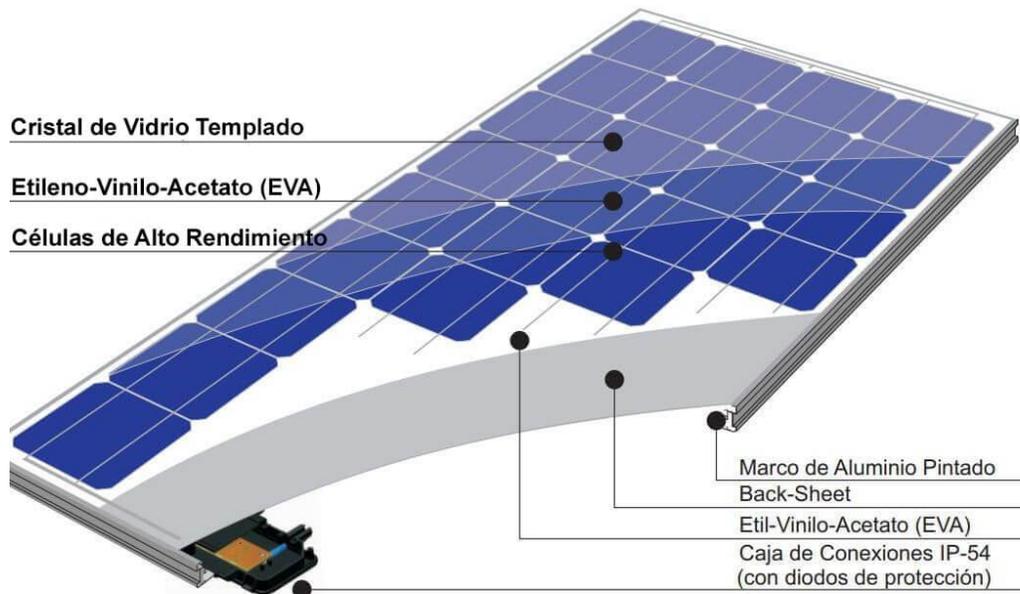


Ilustración 1 panel solar – características Fuente especificada no válida.

El controlador adecuado para esta tarea sería el de 5A

El valor comercial para adquirir un panel es la potencia

$P = V * I = 14.4V * 3A = 43.2 W$	<p>Potencia para adquirir un panel comercial</p>
-----------------------------------	---

En este caso, corresponde usar un panel de 50W, este panel producirá máximo 3,47 amperios bajo sol intenso; vemos que no excede los 3,6A (corriente segura para la batería).

Existen mapas de radiación solar, suministrados por Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), y la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME). Según estos mapas, Boyacá recibe entre 4 y 6 horas diarias de brillo solar, promedio anual. Zonas de páramo 4h, valles 5h y zonas templadas 6h (<http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>)

Usted puede diseñar, teniendo en cuenta el mes de menor radiación o el promedio anual, considerando el uso que se le dé a la instalación; por ejemplo, una cabaña para verano y fines de semana no necesita producir la misma cantidad de energía que una casa de habitación permanente.

Cuarto paso: accesorios y síntesis del diseño:

Para el diseño actual, se recomienda usar un impulsor para cerca eléctrica a 12V DC; pero si se dispone de uno a 110VAC, a nuestro equipo solar le agregaremos un inversor pequeño. Éste va dimensionado según la carga (5W) y la energía máxima que entrega la batería (230Wh). Lo anterior significa que a nuestra máquina le podemos colocar un inversor de hasta 230W (vatios).

Comercialmente, hay inversores de 50, 75, 100, 200, 300, 500, 800, 1000, 1500, 2000 y 3000W; en la decisión también se tendrá en cuenta en el precio. Hay que considerar también el tipo de inversor: trabajo liviano, semipesado o pesado (onda pura para nevera, motores, herramientas eléctricas).

COMPONENTES Y PRECIOS:



Batería ciclo profundo 12V 24Ah	\$216.000
Controlador de 5 amperios 12 voltios	45.000
Panel solar de 50 vatios	150.000
Inversor de voltaje de 12V a 110V 75W	60.000
Bombillo LED 5W + roseta, interruptor, enchufe	30.000
Cables, terminales y conectores	50.000
Unidad Central (gabinete, fusibleras, tornillería,)	50.000
TOTAL COMPONENTES:	\$

DETERMINAR EL PRECIO DE VENTA

Total costo de materiales:	_____
Utilidad para el fabricante 30%:	_____
Servicios, insumos de consumo e imprevistos (5%):	_____
Comercialización (7%):	_____
Gastos de los envíos y giro compras:	_____
Mano de obra (8 horas operario):	_____
PRECIO MÍNIMO DE VENTA PLANTA SOLAR 288Wh :	\$ _____

3. Conclusión:

Se establece un paso a paso para el cálculo de un sistema

Se conoce los diferentes parámetros eléctricos para el diseño

Se identifica las variables a medir en el sistema

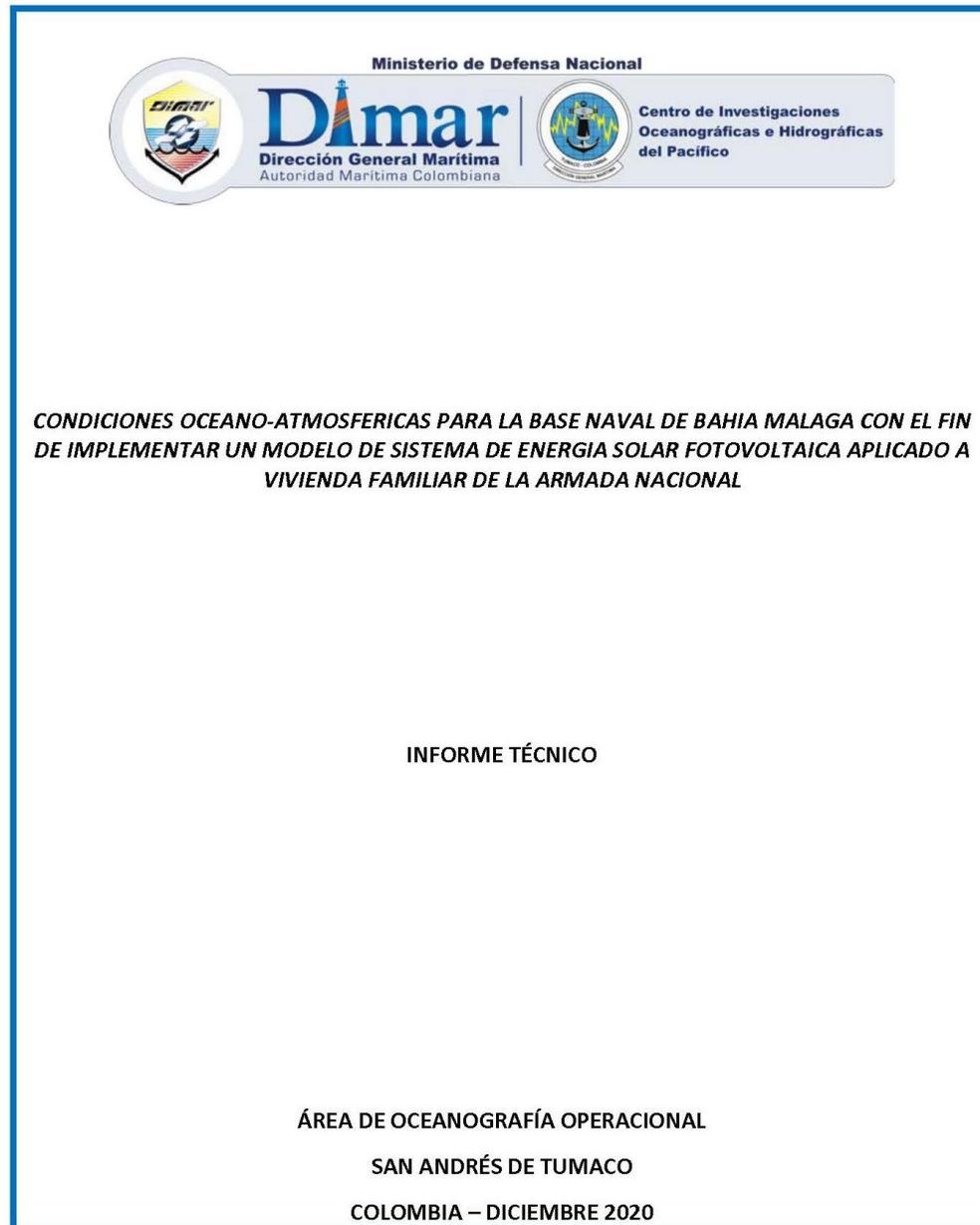
4. Referencias bibliográficas

Factor LED. (5 de Agosto de 2019). Cómo Funcionan las Farolas Solares.

<https://www.factorled.com/blog/es/como-funcionan-las-farolas-solares/>

Apéndice C

Informe Técnico Bahía Málaga BN2



CRÉDITOS

CONDICIONES OCEANO-ATMOSFERICAS PARA LA BASE NAVAL DE BAHIA MALAGA CON EL FIN DE IMPLEMENTAR UN MODELO DE SISTEMA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA APLICADO A VIVIENDA FAMILIAR DE LA ARMADA NACIONAL

Una publicación digital del Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico Colombiano (CCCP)

Teléfonos: +57 (2) 727 6059 - 727 2637
Tumaco, Colombia

www.cccp.org.co

y la Dirección General Marítima (Dimar)

Teléfonos: +57 (1) 220 0490 Bogotá, Colombia

www.dimar.mil.co

Ministerio de Defensa
Dirección General Marítima
Subdirección de Desarrollo Marítimo

DIRECCIÓN

Contralmirante
Juan Francisco Herrera Leal
Director General Marítimo - Dimar

Capitán de Fragata
Javier Enrique Gómez Torres
Subdirector de Desarrollo Marítimo

Capitán de Fragata
Carlos Andrés Martínez Ledesma
Director CCCP

CONTENIDOS

Marinero Primero
Sánchez Meneses Kevin
Encargado de las funciones de jefe del Servicio Meteorológico Marino del Pacífico

CPS. Joao Camilo Quijano Ferrín
Investigador Área de Oceanografía Operacional

REVISIÓN

Teniente de Navío
Manuel Alejandro Gutierrez Moreno
Responsable del Área de Oceanografía Operacional



Esta publicación se encuentra bajo una Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial- Compartir Igual 4.0 Unported.

El presente informe es una publicación institucional del Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico (CCCP) y la Dirección General Marítima (Dimar). Es de carácter técnico, investigativo e informativo y dirigido al sector marítimo, y a la comunidad científica y académica, en idioma español y en formato electrónico. La información y conceptos expresados en esta publicación deben ser utilizados por los interesados bajo su responsabilidad y criterio. Sin embargo, se entiende que cualquier divergencia con lo publicado es de interés del CCCP y de Dimar, por lo que se agradece el envío de sus correspondientes sugerencias. Este producto intelectual está protegido por el Copyright y cuenta con una política de acceso abierto para su consulta. Sus condiciones de reconocimiento, uso y distribución están definidas por el licenciamiento Creative Commons (CC), que expresa de antemano los derechos definidos por el CCCP y Dimar.



Ministerio de Defensa
Dirección General Marítima

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	5
ÁREA DE ESTUDIO	7
METODOLOGÍA	8
RESULTADOS	9
APROXIMACIÓN A LAS CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS Y METEOROLÓGICAS DE LA BAHIA INTERNA DE TUMACO.....	9
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	15
TEMPERATURA AMBIENTE	15
NUBOSIDAD Y PRECIPITACIÓN	15
RADIACIÓN SOLAR.....	16
HUMEDAD.....	16
MAGNITUD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO	16
CONCLUSIONES	18
BIBLIOGRAFÍA	19



LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Área de estudio, Bahía Málaga – Valle del Cauca.	7
Figura 2. Promedio mensual multianual de la máxima temperatura durante el año. Tomado de los datos climáticos Meteoblue página web: https://www.meteoblue.com	9
<i>Figura 3.</i> Promedio mensual multianual de la mínima temperatura durante el año. Tomado de los datos climáticos Meteoblue página web: https://www.meteoblue.com	9
Figura 4. Climatología trimestral de temperatura ambiente en °C, para los meses de octubre, noviembre y diciembre (reanálisis).	10
Figura 5. Promedio mensual multianual de la cantidad de precipitaciones en milímetros durante el año, tomado de los datos climáticos Meteoblue página web: https://www.meteoblue.com	10
<i>Figura 6.</i> Promedio mensual multianual de la cantidad de días con presencia de precipitación durante el año. Tomado de los datos climáticos Meteoblue página web: https://www.meteoblue.com	11
<i>Figura 7.</i> Climatología trimestral de precipitación en mm/mes para los meses de octubre, noviembre y diciembre (reanálisis).	11
<i>Figura 8.</i> Promedio mensual multianual de la cantidad de días soleados durante el año. Tomado de los datos climáticos Meteoblue página web: https://www.meteoblue.com	12
<i>Figura 9.</i> Promedio mensual multianual de la cantidad de días parcialmente nublado durante el año. Tomado de los datos climáticos Meteoblue página web: https://www.meteoblue.com	12
<i>Figura 10.</i> Promedio mensual multianual de la cantidad de días nublados durante el año. Tomado de los datos climáticos Meteoblue página web: https://www.meteoblue.com	13
Figura 11. Climatología trimestral de radiación solar directa en MJ/m ² , para los meses de octubre, noviembre y diciembre (reanálisis).	13
Figura 12. Climatología trimestral de humedad relativa en % para los meses de octubre, noviembre y diciembre (reanálisis).	14
Figura 13. Climatología trimestral de magnitud y dirección del viento en m/s para los meses de octubre, noviembre y diciembre (reanálisis).	14

INTRODUCCIÓN

El Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico como dependencia de la Dirección General Marítima, a través del Área de Oceanografía Operacional contribuye a la Armada Nacional con información técnica y científica que contribuya a la toma acertada de decisiones. Es por esto que dentro de las principales funciones se encuentra continuar la exploración oceanográfica, hidrográfica y meteorológica del Pacífico Colombiano, satisfaciendo la necesidad de información actualizada de las condiciones océano - atmosféricas bajo jurisdicción de la DIMAR, aportando al estado y a la comunidad marítima nacional con datos de calidad que soportaran adecuadamente el desarrollo de las actividades marítimas.

COMPORTAMIENTO GENERAL DE LA ATMÓSFERA EN EL PACÍFICO COLOMBIANO

La posición estratégica de Colombia en la zona tropical, hace que su territorio sea partícipe de las mayores proporciones de energía que el sol le transfiere a la Tierra. Justamente en los trópicos se absorbe la mayor parte de la energía solar que luego se transfiere a la atmósfera, configurándose de esa forma el motor que determina el desplazamiento del aire entre las regiones ecuatoriales y polares, mediante una circulación meridional (Siac, 2020).

Cerca de la superficie de la tierra, en la zona tropical, se desarrollan vientos provenientes del noreste y del sureste, denominados Alisios, como consecuencia del efecto Coriolis generado por la rotación terrestre en torno al eje que pasa por sus polos. El encuentro de estos vientos cerca al Ecuador obliga al aire cálido ecuatorial a elevarse, según la denominada rama ascendente de la celda de Hadley. Este movimiento ascendente provoca un enfriamiento del aire por expansión, condición que favorece la condensación y, por ende, el desarrollo de las nubes y de precipitaciones (CIOHC,2020).

Su posición geográfica ubicada en la zona de Convergencia intertropical (ZCIT), junto al Océano Pacífico, además de la Serranía de Baudó y la Cordillera Occidental, hace que la región Pacífica colombiana sea uno de los lugares del planeta con mayor índice de precipitación anual. Esta región se caracteriza como tropical lluvioso isoterma, según la clasificación del modelo climático de Köppen; lo que sugiere la presencia de precipitaciones durante todo el año y diferencias en la temperatura ambiente menores a 5°C entre el mes más cálido y el mes más frío.

Asimismo, sobre la cuenca Pacífica Colombiana (CPC) influyen los vientos Alisios del norte y del sur, cuya velocidad y dirección se encuentra relacionada con la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT). Esta dinámica, presente en los vectores de viento en la región, está asociada con fuerte actividad convectiva atmosférica. La climatología de los vientos en la región indica un comportamiento estacional semestral. Durante el primer semestre, al norte de la cuenca, predominan los vientos Alisios del noroeste con intensidades promedio entre los 5 y 7m/s-1;

Ministerio de Defensa
Dirección General Marítima

durante este período se manifiesta el denominado chorro de Panamá sobre la CPC (Chelton, D.B, 2000), el cual genera vientos provenientes de la región caribe que pasan a través de Panamá con dirección norte - sur, regulando las condiciones oceanográficas de la CPC. En el segundo semestre, la ZCIT se ausenta de la CPC, al igual que el chorro de Panamá, presentándose predominio de vientos del suroeste y del denominado chorro del Chocó sobre las áreas de estudio, este último contribuye a la advección de humedad por parte de los vientos fríos que interactúan con vientos más cálidos (alisios del este), causando alta inestabilidad atmosférica en la zona (Poveda & Mesa, 1999).

Ministerio de Defensa
Dirección General Marítima

ÁREA DE ESTUDIO

La bahía de Málaga está ubicada específicamente en la porción media de la costa Pacífica Colombiana en el municipio de Buenaventura, Departamento del Valle del Cauca. El área protegida comprende 47.094 hectáreas (equivalentes a 137.34 millas náuticas cuadradas), y los límites de su área de influencia son el río San Juan al Norte, al Este la carretera de acceso a la Base Naval de Bahía Málaga, al Sur la costa del Istmo de Pichidó y al Oeste el Mar Territorial. A escala regional, el parque se articula al “Corredor de Conservación” con los Parques Nacionales Naturales Farallones de Cali y Munchique (Bahía Málaga, 2020).

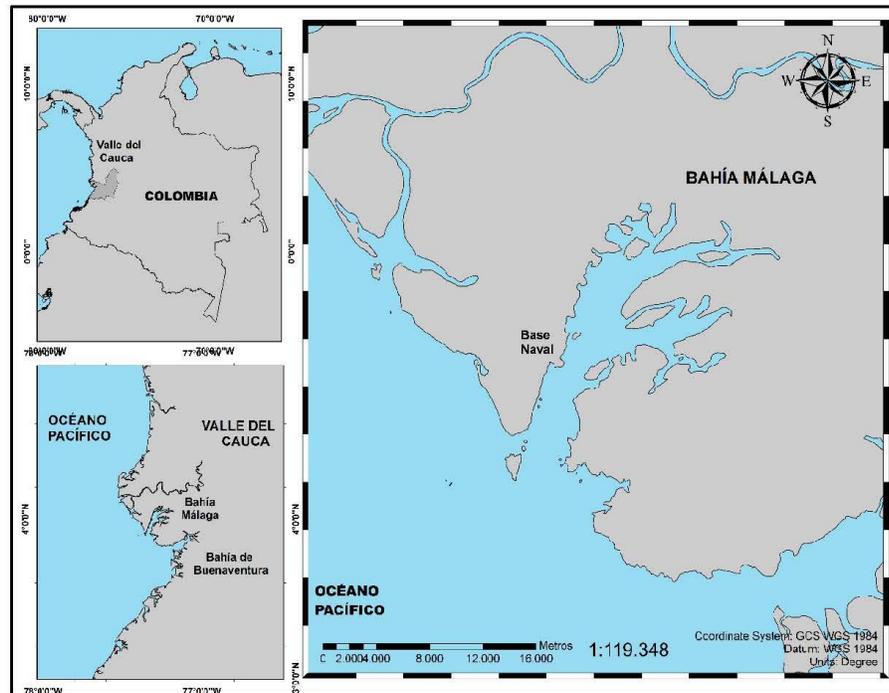


Figura 1. Área de estudio, Bahía Málaga – Valle del Cauca.

METODOLOGÍA

Los gráficos de radiación solar directa, temperatura ambiente, humedad relativa, magnitud y dirección del viento fueron realizados utilizando información de reanálisis proveniente de la base de datos ERA 5, la cual cuenta con una resolución espacial de $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ en longitud y latitud, y resolución temporal mensual para un periodo que abarca 41 años (1979 - 2019) (Hersbach *et al.*, 2019). La precipitación se obtuvo de la base de datos TRMM con igual resolución espacial y temporal, pero durante un periodo de 21 años (1998 - 2019) (Huffman *et al.*, 2020).

RESULTADOS

APROXIMACIÓN A LAS CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS Y METEOROLÓGICAS DE LA BAHIA INTERNA DE TUMACO

Temperatura Ambiente

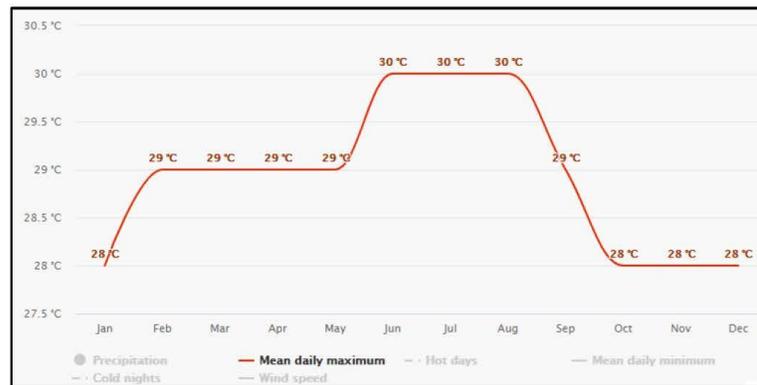


Figura 2. Promedio mensual multianual de la máxima temperatura durante el año. Tomado de los datos climáticos Meteoblue página web: <https://www.meteoblue.com>.



Figura 3. Promedio mensual multianual de la mínima temperatura durante el año. Tomado de los datos climáticos Meteoblue página web: <https://www.meteoblue.com>.

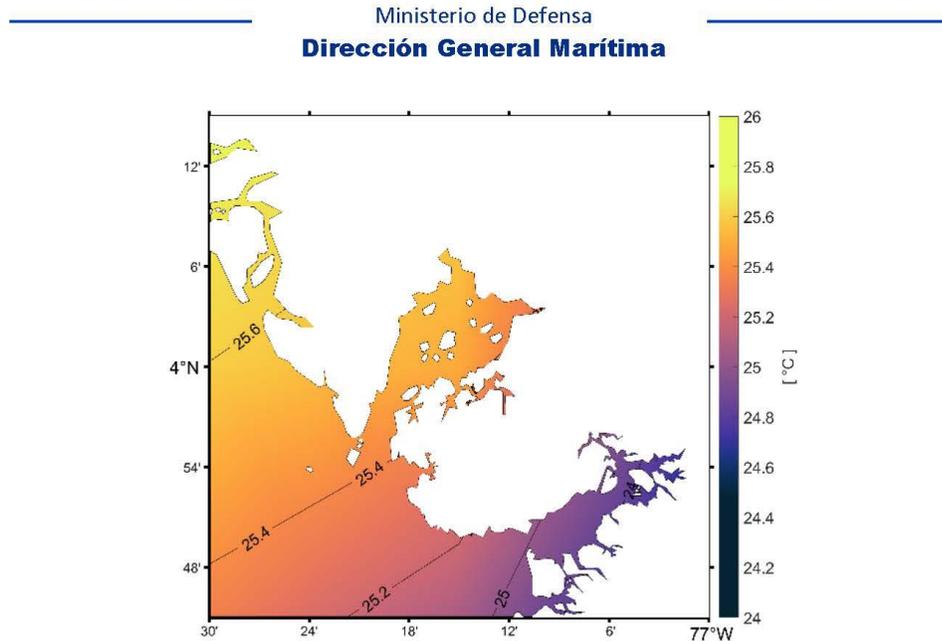


Figura 4. Climatología trimestral de temperatura ambiente en °C, para los meses de octubre, noviembre y diciembre (reanálisis).

Precipitación

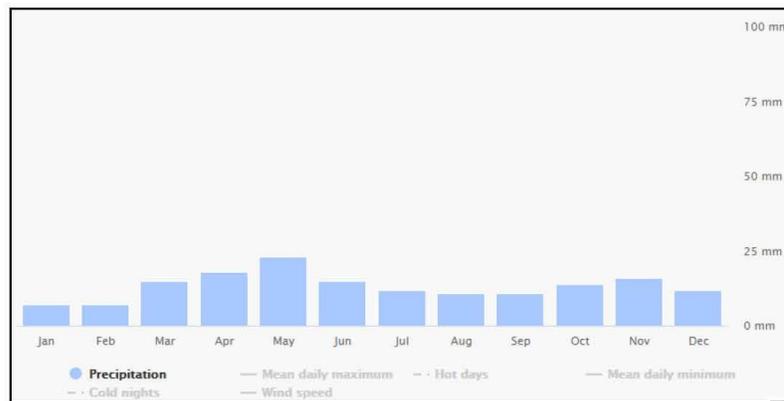


Figura 5. Promedio mensual multianual de la cantidad de precipitaciones en milímetros durante el año, tomado de los datos climáticos Meteoblue página web: <https://www.meteoblue.com>

Ministerio de Defensa
Dirección General Marítima

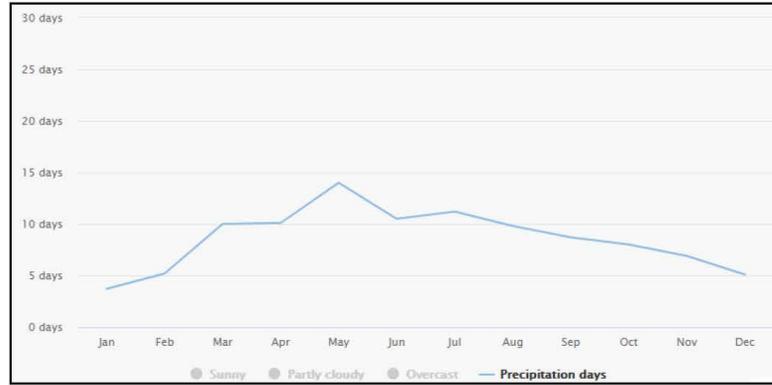


Figura 6. Promedio mensual multianual de la cantidad de días con presencia de precipitación durante el año. Tomado de los datos climáticos Meteoblue página web: https://www.meteoblue.com_

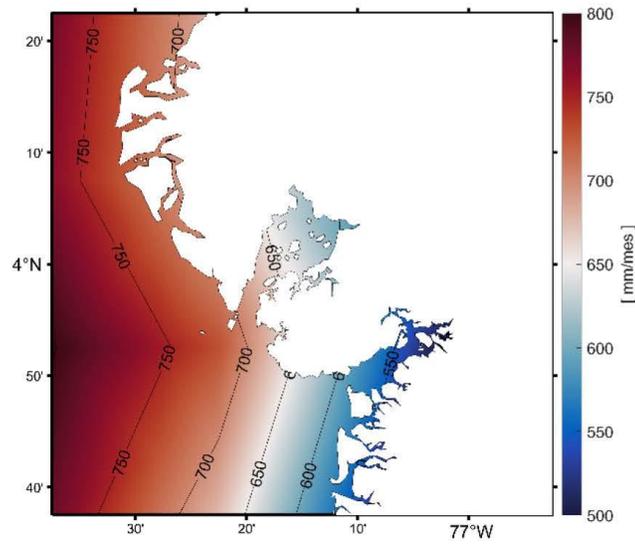


Figura 7. Climatología trimestral de precipitación en mm/mes para los meses de octubre, noviembre y diciembre (reanálisis).

Ministerio de Defensa
Dirección General Marítima

Nubosidad

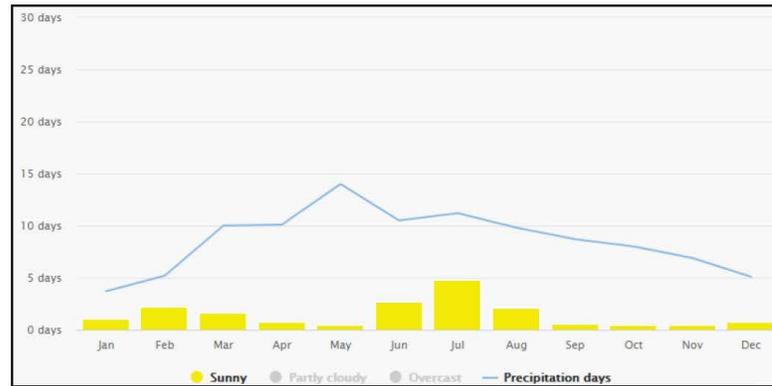


Figura 8. Promedio mensual multianual de la cantidad de días soleados durante el año. Tomado de los datos climáticos Meteoblue página web: https://www.meteoblue.com_

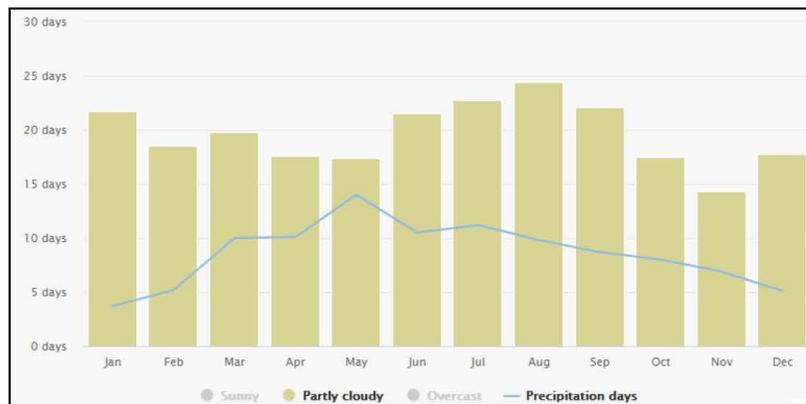


Figura 9. Promedio mensual multianual de la cantidad de días parcialmente nublado durante el año. Tomado de los datos climáticos Meteoblue página web: https://www.meteoblue.com_

Ministerio de Defensa
Dirección General Marítima

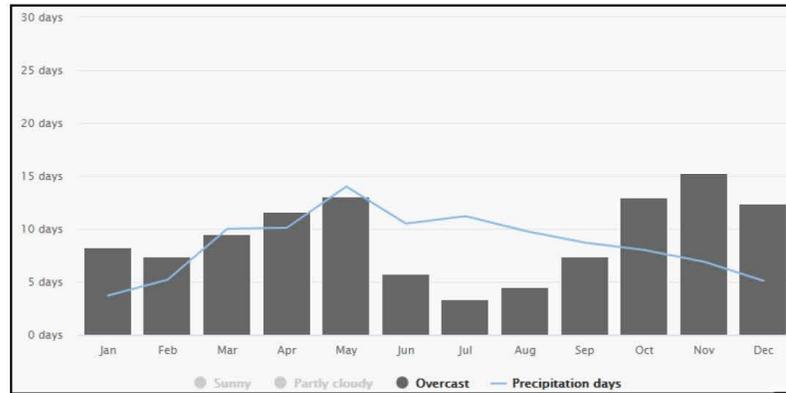


Figura 10. Promedio mensual multianual de la cantidad de días nublados durante el año. Tomado de los datos climáticos Meteoblue página web: <https://www.meteoblue.com>

Radiación Solar

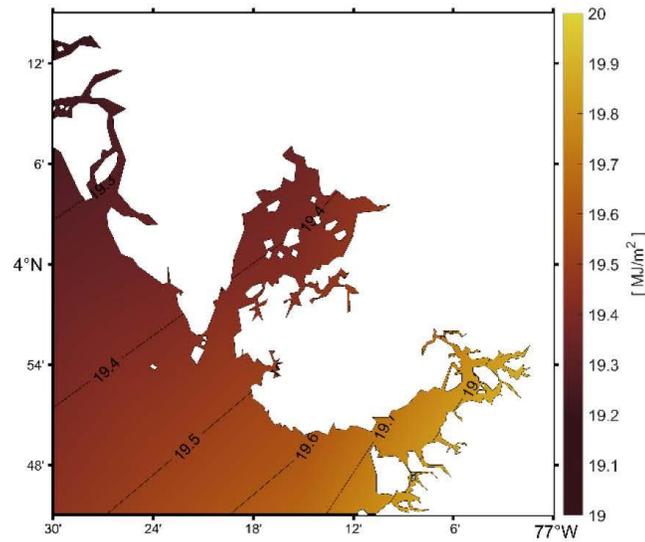


Figura 11. Climatología trimestral de radiación solar directa en MJ/m², para los meses de octubre, noviembre y diciembre (reanálisis).

Ministerio de Defensa
Dirección General Marítima

Humedad

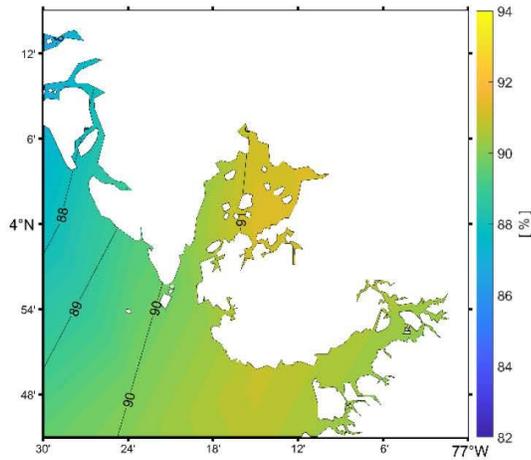


Figura 12. Climatología trimestral de humedad relativa en % para los meses de octubre, noviembre y diciembre (reanálisis).

Magnitud y dirección del viento

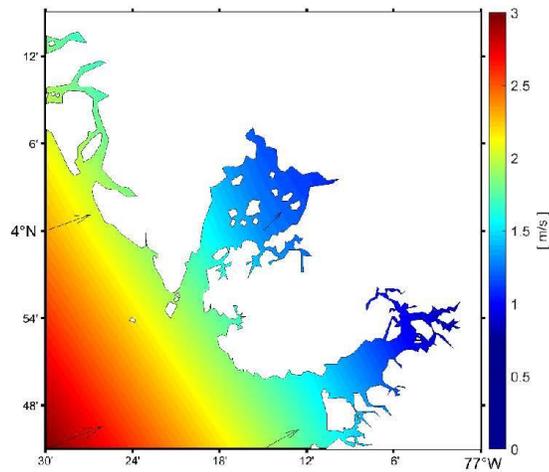


Figura 133. Climatología trimestral de magnitud y dirección del viento en m/s para los meses de octubre, noviembre y diciembre (reanálisis).

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Las figuras 2, 3, 5, 6, 8, 9 y 10 se basan en 30 años de simulaciones de modelos meteorológicos por hora, los cuales brindan una buena indicación del comportamiento meteorológico dominante de una variable para una determinada zona de interés.

TEMPERATURA AMBIENTE

En el comportamiento climatológico mensual de temperatura ambiente (figuras 2 y 3) se observa que durante el último trimestre del año se alcanza temperaturas máximas promedio de hasta 28 °C y mínimas de hasta 22 °C.

Sobre el área de interés, la climatología trimestral (figura 4) sugiere que la temperatura ambiente promedio oscila entre 25.4 °C y 25.6 °C.

NUBOSIDAD Y PRECIPITACIÓN

El conocimiento del comportamiento climatológico de las precipitaciones sobre una zona de interés es útil para la planificación de diversas actividades. Con base en esto, y considerando que precipitaciones mensuales por encima de 150 milímetros se relacionan con condiciones climáticas húmedas, mientras que precipitaciones mensuales por debajo de 30 milímetros se relacionan con condiciones climáticas mayormente secas, se presentan el siguiente análisis:

Las figuras 6, 8, 9 y 10 sugieren que durante el último trimestre, en Bahía Málaga, se presentan al menos 8 días con precipitaciones, 2 días soleados, 15 días nublados y 17 días parcialmente nublados, lo cual permite inferir que el último trimestre del año se caracteriza por presentar días muy nublados y pocos soleados.

Por otro lado, de acuerdo en la Figura 7, se observa que sobre la zona de interés la media climatológica trimestral de precipitación total varía entre 650 mm/mes y 700 mm/mes.

Ministerio de Defensa
Dirección General Marítima

RADIACIÓN SOLAR

De acuerdo a la Figura 11, en el area de Bahía Málaga la radiación solar directa promedio se encuentra alrededor de los 19.4 MJ/m².

Con base en la información extraída del Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia realizado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, se presenta los siguientes datos para las variables brillo solar, días sin brillo solar e irradiación global horizontal (IDEAM):

Variable	Periodo	Promedio
Brillo solar	Octubre-noviembre-diciembre	2 – 3 horas
Días sin brillo solar	Octubre-noviembre-diciembre	6 – 7 días
Irradiación global horizontal	Octubre-noviembre-diciembre	3.5 – 4 KWh/m ²

HUMEDAD

De acuerdo a la Figura 12, en Bahía Málaga el promedio climatológico trimestral de humedad relativa oscila entre 89 % y 91 %, siendo concordante con la alta nubosidad y las elevadas precipitaciones sobre la zona.

MAGNITUD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO

Los vientos en esta región del planeta se originan a partir de los gradientes de presión, generados por los desplazamientos de las aguas subtropicales y por los gradientes térmicos producidos tanto por la corriente fría de Humboldt como por el calentamiento solar diurno.

En la costa Pacífica colombiana los vientos alisios del sureste se recurvan y se convierten en vientos ecuatoriales del oeste, o alisios del oeste (Poveda & Mesa, 1999). Estos vientos, de componente oeste, se presentan al sur de la ZCIT cerca de 1° N. Los vientos más intensos del oeste coinciden con la posición más septentrional de la ZCIT.

Durante el último trimestre, sobre Bahía Málaga, el viento predominante proviene mayormente del oeste sur-suroeste con magnitudes mayores a 5 KM/H (2.69 KT) y menores a 12 KM/H con 1.596 horas al año, le siguen los vientos mayores a 1 KM/H (0.53KT) pero menores a 5 KM/H con 825 horas al año y finalmente vientos mayores a 12 KM/H (6.47KT) con 97 horas al año.

Ministerio de Defensa
Dirección General Marítima

En menor medida predominan los vientos de dirección oeste nor-oeste, en la cual prevalecen vientos mayores a 1 KM/H (0.53KT) y menores a 5 KM/H con 929 horas al año, le siguen los vientos mayores a 5 KM/H (2.69 KT) y menores a 12 KM/H con 856 horas al año y finalmente vientos mayores a 12 KM/H (6.47KT) con 31 horas al año.

En la figura 13 se observa que, en promedio, durante el tercer trimestre inciden vientos provenientes del suroeste con magnitudes entre 0 y 3 m/s (0 - 1.54333 KT).

CONCLUSIONES

1. Sobre Bahía Málaga se presentan altas precipitaciones que durante el último trimestre varían entre los 650 mm/mes y 700 mm/mes.
2. Sobre la zona se presentan pocos días soleados al mes debido a la alta nubosidad.
3. En los días soleados se dispone de 2 a 3 horas de brillo solar.
4. El sector es bastante húmedo, razón por la cual el aire circundante puede alcanzar temperaturas máximas de hasta 28 °C en el último trimestre.
5. La dirección predominante de los vientos que inciden sobre la zona en el periodo de interés es suroeste.

BIBLIOGRAFÍA

Bahía Málaga. (2020): <<http://www.bahiamalaga.org/>>

CIOHC. (2020): < <https://www.cioh.org.co/meteorologia/Climatologia/ClimatologiaCaribe1.php>>

Chelton, D.B., M.H. Freilich, and S.K. Esbensen. (2000). Satellite Observations of the Wind Jets off the Pacific Coast of Central America. Part II: Regional Relationships and Dynamical Considerations. *Mon. Wea. Rev.*, 128, 2019–2043, *Ciencia y Mar.* (2014). XXII (54): 61-62.

Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., Biavati, G., Horányi, A., Muñoz Sabater, J., Nicolas, J., Peubey, C., Radu, R., Rozum, I., Schepers, D., Simmons, A., Soci, C., Dee, D., Thépaut, JN. (2019). datos promediados mensuales de ERA5 en niveles individuales desde 1979 hasta el presente. Almacén de datos climáticos (CDS) del Servicio de Cambio Climático de Copernicus (C3S). (Consultado el <DD-MMM-YYYY>), 10.24381 / cds.f17050d7

Huffman, George J., Pendergrass, Angeline & National Center for Atmospheric Research Staff. (2020). "The Climate Data Guide: TRMM: Tropical Rainfall Measuring Mission." <<https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data>>.

IDEAM.(2015). Atlas de Radiación Solar - Interactivo. Bogotá, D.C., ISBN: Volumn 2: 978-958-8067-74-2

Poveda, G. & Mesa, O. (1999). La corriente de Chorro Superficial del Oeste ("del Chocó") y otras dos corrientes de Chorro en Colombia: climatología y variabilidad durante las fases del ENSO. *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat.* 23:517-528.

Siac. (2020):

<<http://www.siac.gov.co/clima#:~:text=La%20posic%C3%B3n%20estrat%C3%A9gica%20de%20Colombia,le%20transfiere%20a%20la%20Tierra>>

Apéndice D

Certificado calibración pinza Fluke 355

 ARMADA NACIONAL REPUBLICA DE COLOMBIA	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE MULTÍMETROS E INSTRUMENTOS A FINES	
	Proceso: Mantenimiento	Autoridad: JEMAT
Código: MANTTO-FT-245-JEMAT-V01	Rige a partir de: 02/06/2017	Página 1 de 2

CERTIFICADO No.: ELEC-02-21-010
FUERZA: A.R.C. FNP
UNIDAD: DARET2
SECCIÓN: LABORATORIO METROLOGIA
RESPONSABLE DEL INSTRUMENTO: S3 RUBEN ARBOLEDA
FECHA RECEPCIÓN: 2021-02-01
ESTADO INICIAL: BUEN ESTADO

1. Descripción equipo

INSTRUMENTO CALIBRADO: PINZA VOLTIAMPERIMETRICA
FABRICANTE: FLUKE
MODELO: 355
SERIE: 45470054
CÓDIGO: 2-DR-LM-IC-0003-B
DISPOSITIVO INDICADOR: DIGITAL
INTERVALO DE INDICACIÓN: 1 VAC a 1000 VAC / 1 VDC a 1000 VDC / 0,1 A. 2000 A (0-1000Hz) / 0,1 Ω a 400 kΩ.
UNIDAD DE MEDIDA V-A-Ω-F-Hz

2. Lugar de Calibración

Laboratorio de Metrología del Departamento de Armas y Electrónica de la Base Naval A.R.C. "Málaga".

3. Método de Calibración Utilizado

La calibración se ha realizado por comparación directa con los patrones utilizados, según procedimiento interno código: MANTTO-PT-017-JEMAT-V03 del 23/01/2015. Los nominales se han generado con el calibrador multifunción Fluke 5500A.

4. Trazabilidad

Las mediciones realizadas son trazables al sistema internacional de unidades, según se evidencia en los certificados relacionados a continuación:

Descripción del Patrón	Código Interno	Serie	No. Certificado	Trazado a:
CALIBRADOR FLUKE 5500A	2-DR-LM-IC-0001-A	6805005	EVL416343	FLUKE

5. Definición de los Campos de Verificación

Parámetro: Funciones del equipo a probar.
Estímulo aplicado: Magnitud aplicada al equipo a probar por medio del Calibrador FLUKE 5500A.
Respuesta equipo: Lectura indicada por el equipo en prueba.
Límite Bajo y Alto: Valores permitidos de acuerdo a especificaciones del equipo a probar.
Incertidumbre: La incertidumbre estimada se ha determinado al multiplicar la incertidumbre estándar combinada (la cual cubre las componentes asociadas a la incertidumbre del patrón, la resolución y la repetibilidad del equipo a prueba) por el factor de cobertura K=2, con el que se logra un nivel de confianza de aproximadamente un 95%.
Estado: OK indica el cumplimiento de los límites, X indica falla en el cumplimiento de los límites del equipo a probar.

6. Condiciones ambientales

Temperatura Inicial: 21,2 °C Temperatura Final: 22,3 °C
 Humedad Inicial: 61 % Humedad Final: 63 %

7. Incertidumbre de medición

La estimación de la incertidumbre es basada en la GUIA para la expresión de incertidumbre en las mediciones GTC 51-1997 y el procedimiento interno. La incertidumbre estimada se ha determinado al multiplicar la incertidumbre estándar combinada (la cual cubre las componentes asociadas a la incertidumbre del patrón, la resolución y la repetibilidad del equipo a prueba) por el factor de cobertura K=2, con el que se logra un nivel de confianza de aproximadamente un 95%.

 ARMADA NACIONAL REPUBLICA DE COLOMBIA	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE MULTÍMETROS E INSTRUMENTOS A FINES	
	Proceso: Mantenimiento	Autoridad: JEMAT
Código: MANTTO-FT-245-JEMAT-V01	Rige a partir de: 02/06/2017	Página 2 de 2
CERTIFICADO No.	ELEC-D2-21-010	

8. Datos de Prueba

Parámetro	Estímulo aplicado	Respuesta Equipo	Limite Bajo	Limite Alto	Error	Incertidumbre	Estado
TENSION DC							
4 V	0,400000 V	0,400 V	0,386 V	0,414 V	0,000 V	5,8E-04 V	OK
	3,600000 V	3,595 V	3,554 V	3,646 V	-0,005 V	5,8E-04 V	OK
	-3,600000 V	-3,596 V	-3,646 V	-3,554 V	0,004 V	5,8E-04 V	OK
40 V	4,000000 V	3,99 V	3,91 V	4,09 V	-0,01 V	7,0E-03 V	OK
	36,00000 V	35,94 V	35,59 V	36,41 V	-0,06 V	5,8E-03 V	OK
	-36,00000 V	-35,94 V	-36,41 V	-35,59 V	0,06 V	5,8E-03 V	OK
400 V	40,00000 V	39,9 V	39,1 V	40,9 V	-0,1 V	5,8E-02 V	OK
	360,00000 V	359,5 V	355,9 V	364,1 V	-0,5 V	5,8E-02 V	OK
	-360,00000 V	-359,4 V	-364,1 V	-355,9 V	0,6 V	5,8E-02 V	OK
1000 V	100,00000 V	100 V	94 V	106 V	0 V	5,8E-01 V	OK
	900,00000 V	899 V	886 V	914 V	-1 V	5,8E-01 V	OK
	-900,00000 V	-899 V	-914 V	-886 V	1 V	5,8E-01 V	OK
TENSION AC							
4 V	3,6000 V a 50 Hz	3,603 V	3,554 V	3,646 V	0,003 V	1,3E-03 V	OK
	3,6000 V a 1 KHz	3,637 V	3,482 V	3,718 V	0,037 V	1,3E-03 V	OK
	36,000 V a 50 Hz	36,01 V	35,59 V	36,41 V	0,01 V	5,8E-03 V	OK
40 V	36,000 V a 1 KHz	36,41 V	34,87 V	37,13 V	0,41 V	5,8E-03 V	OK
	360,00 V a 50 Hz	362,2 V	355,9 V	364,1 V	2,2 V	5,8E-02 V	OK
	360,00 V a 1 KHz	365,0 V	348,7 V	371,3 V	5,0 V	5,8E-02 V	OK
600 V	540,000 V a 50 Hz	540,0 V	529,6 V	550,4 V	0,0 V	5,8E-01 V	OK
	540,000 V a 1 KHz	547,0 V	518,8 V	561,2 V	7,0 V	5,8E-01 V	OK
	CORRIENTE DC (Se efectúa oprimiendo inicialmente el botón "ZERO" en la Pinza)						
40 A	36,0000 A	36,4740 A	35,3100 A	36,6900 A	0,4740 A	2,0E-02 A	OK
400 A	360,0000 A	362,940 A	354,100 A	365,900 A	2,9400 A	7,6E-02 A	OK
CORRIENTE AC							
40 A	36,0000 A a 50 Hz	36,464 A	35,310 A	36,690 A	0,464 A	2,4E-01 A	OK
	36,0000 A a 50 Hz	36,824 A	34,590 A	37,410 A	0,624 A	2,4E-01 A	OK
	360,0000 A a 50 Hz	363,040 A	354,100 A	365,900 A	3,040 A	2,4E+00 A	OK
CONTINUIDAD							
Visualización del símbolo en pantalla							OK
Tono del parlante audible							OK
RESISTENCIA							
400 Ω	360,00 Ω	359,50 Ω	354,10 Ω	365,90 Ω	-0,50 Ω	5,8E-02 Ω	OK
4 kΩ	3,6000 kΩ	3,6010 kΩ	3,5410 kΩ	3,6590 kΩ	0,0010 kΩ	5,8E-04 kΩ	OK
40 kΩ	36,000 kΩ	36,000 kΩ	35,410 kΩ	36,590 kΩ	0,000 kΩ	5,8E-03 kΩ	OK
400 kΩ	360,00 kΩ	359,20 kΩ	354,10 kΩ	365,90 kΩ	-0,80 kΩ	5,8E-02 kΩ	OK
FRECUENCIA							
400.0000 KHz	360,00 KHz a 250 mV	359,9000 KHz	358,1500 KHz	361,8500 KHz	-0,1000 KHz	5,8E-03 KHz	OK
1,000 KHz	0,90 KHz a 250 mV	0,900 KHz	0,85 Hz	0,955 KHz	0,000 KHz	5,8E-03 KHz	OK

CONDICIÓN FINAL: Multímetro calibrado.
 ESTADO FINAL: CALIBRADO

ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS		
PASO	NOVEDAD	OBSERVACIÓN
MANTENIMIENTO	Ninguna	Se realiza limpieza del equipo, Equipo nuevo.
TENSION DC	Ninguna	S/N
TENSION AC	Ninguna	S/N
CORRIENTE DC	Ninguna	S/N
CORRIENTE AC	Ninguna	S/N
CONTINUIDAD	Ninguna	S/N
RESISTENCIA	Fuera de rango	S/N
FRECUENCIA	Ninguna	S/N

9. Incertidumbre de medición

(1) Los resultados contenidos en el presente certificado se refieren al momento y condiciones en las que se realizaron las mediciones, el laboratorio de metrología no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos calibrados.
 (2) Para la utilización de este instrumento debe tener en cuenta los resultados de esta calibración. El usuario determina el error máximo permitido para el proceso de medición con el instrumento, si este le es útil con los resultados emitidos.

10. Protocolos del servicio

FECHA RECEPCIÓN: 2021-02-01 FECHA DE CALIBRACIÓN: 2021-02-08

FECHA DE EMISIÓN DE CERTIFICADO: 2021-02-08


 Calibró: **SOMEL RUBÉN ARBOLEDA**
 RA2842


 Autoriza este certificado: **S2 ARIEL ANDRÉS ARANGO**
 AA8140

Estos resultados corresponden únicamente a la calibración del equipo descrito. Este certificado no debe ser reproducido sin autorización escrita del laboratorio de metrología originador del documento.

FIN DE CERTIFICADO