



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**DISEÑO DE SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO AISLADO
E INDIVIDUAL EN EL CORREGIMIENTO BOCAS DEL
ATRATO - TURBO**

Autor

Cristian David Petrel Higueta

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería
Eléctrica

Medellín, Colombia

2021



Diseño de Sistema Solar Fotovoltaico Aislado e Individual en el Corregimiento Bocas del
Atrato - Turbo

Cristian David Petrel Higueta

Informe de práctica académica presentado como requisito parcial para optar al título de:
Ingeniero Electricista.

Asesores:

Duvan Fernando Morales Castaño, Magister en Ingeniería

Edwin Alberto Paternina Cantillo, Ingeniero Electricista

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería, Ingeniería Eléctrica
Medellín, Colombia
2021.

Contenido

- 1 Resumen..... 5
- 2. Introducción..... 5
- 3. Objetivos 6
 - 3.1 General 6
 - 3.2 Especifico..... 6
- 4 Marco Teórico..... 7
 - 4.1 Zona no interconectada -ZNI 7
 - 4.2 Fuentes no Convencionales de Energía Renovable- FNCER 7
 - 4.3 Sistema solar aislado 7
 - 4.4 Radiación solar 7
 - 4.5 Geometría solar..... 8
 - 4.6 Orientación de los paneles 8
 - 4.7 Hora solar pico 8
 - 4.8 Paneles solares..... 9
 - 4.9 Regulador de carga..... 9
 - 4.10 baterías 9
 - 4.11 Inversor 9
- 5 Metodología 9
- 6 Resultados y análisis 9
 - 6.1 Normatividad..... 10
 - 6.2 Ubicación geográfica 10
 - 6.2 Recurso energético 11
 - 6.3 Recurso energético 12
 - 8.2.1 Cálculo de la demanda diaria máxima 12
 - 8.2.2 Cálculo del número de paneles..... 15
 - 8.2.3 Determinación de cantidad de paneles en serie y en paralelo 16
 - 8.2.3 Sistema de baterías 17
 - 8.2.3 Dimensionamiento del regulador de carga 19
 - 8.2.3 Dimensionamiento del inversor..... 20
 - 8.2.3 Orientación e inclinación de los paneles solares 21
 - 8.3 Calculo de la sección de los conductores eléctricos..... 22
 - 8.4 Calculo de la caída de tensión..... 26
 - 8.5 Selección del electrodo de puesta a tierra..... 27

8.6 Diagrama unifilar	27
8.7 Mantenimiento del sistema solar	27
8.8 Cantidades de obra.....	28
9 Conclusiones.....	29
10 Referencias Bibliográficas	30

Índice de figuras

Figura 1. Localización Bocas del Atrato [22]	10
Figura 2. Bocas del Atrato [14]	11
Figura 3. Radiación solar Atlas y Power Data Access [23] [24]	11
Figura 4. Vivienda modelo Bocas del Atrato [25].....	12
Figura 5. Especificaciones técnicas del panel seleccionado [16]	15
Figura 6. Ficha técnica batería GEL Maxpower [18]	18
Figura 7. Controlador de carga [19]	20
Figura 8. Características del inversor [20]	21
Figura 9. Diagrama unifilar	27

Índice de tabla

Tabla 1. Cálculo de la demanda de las cargas.....	13
Tabla 2. Tensión del sistema con respecto a la potencia generada [17]	16
Tabla 3. Potencia total instalada	20
Tabla 4. Conductores fotovoltaicos CENTELSA [21]	22
Tabla 5. Regulación de tensión	26
Tabla 6. Mantenimiento paneles solares.....	28
Tabla 7. Mantenimiento inversor	28
Tabla 8. Cantidades de obra sistema solar.....	29

DISEÑO DE SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO AISLADO E INDIVIDUAL EN EL MUNICIPIO BOCAS DEL ATRATO - TURBO

1 Resumen

En el siguiente informe se realizó el dimensionamiento de un sistema solar fotovoltaico aislado para abastecer de energía a las viviendas que conforman al corregimiento de Bocas del Atrato del municipio de Turbo-Antioquia. Con esta instalación se pretende cubrir las necesidades básicas y mejorar la calidad de vida de esta población.

Para dicho dimensionamiento primero se determinó la ubicación del proyecto con el objetivo analizar el comportamiento de la radiación solar y así aprovechar de la mejor forma el recurso solar. Posteriormente se hizo un análisis del consumo de energía en vivienda típica del corregimiento para definir las características técnicas de la instalación.

Una vez definida la cantidad de recurso solar de la región y la demanda de una vivienda, se presentan los cálculos necesarios para la selección de los componentes, la determinación de la conexión entre paneles, el cálculo del ángulo óptimo de inclinación, se definió la posición de los paneles solares. Para el dimensionamiento correcto de los conductores y protecciones eléctricas tanto DC como AC se tomo como referencia el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) [14] y la Norma Técnica Colombiana 2050 (NTC2050) [15].

Finalmente se elabora el diagrama unifilar y un esquema de manteamiento para el sistema solar dimensionado.

2. Introducción

En Colombia la matriz energética es muy diversificada y una de las más limpias del planeta. Esta cuenta con diferentes recursos de generación de energía eléctrica, de la cual el 68% de la capacidad instalada es obtenida de fuentes de energía renovables. Actualmente la generación de energía eléctrica está distribuida: 68.3% hidráulica, 30.7% térmica, 0.9% cogeneradores, 0.1% eólica y 0.1% solar. [1]

El suministro de energía eléctrica en Colombia depende del sistema interconectado nacional, el cual está conformado por todas las líneas de transmisión y subestaciones del territorio nacional, cuyo funcionamiento en conjunto permite el transporte desde las diferentes plantas de generación de energía hasta los centros de consumo.

Debido a diferentes razones como lo son la densa geografía y la violencia que ha estado tan presente en el país durante los últimos 50 años, la conexión de gran cantidad de municipios, corregimientos y localidades del país al sistema interconectado nacional se ha visto limitada. Estas zonas son conocidas como zonas no interconectadas ZNI representan aproximadamente el 52% del territorio

colombiano[2], el suministro de energía eléctrica se da por medio de plantas de generación que funcionan con combustibles líquidos, lo cual hace que el recurso eléctrico sea limitado y se deba utilizar por determinados periodos de tiempo. Además, la mayoría de estas regiones no cuenta con vías de transporte adecuadas para el acceso, lo cual dificulta el suministro de estos combustibles y por ende hace más costosa la prestación y adquisición del servicio.

El desarrollo tecnológico y la riqueza de recursos naturales de estas regiones han abierto la posibilidad de plantear alternativas que permitan complementar y disminuir la dependencia de estos combustibles para la obtención de energía eléctrica a través de Las Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER). Actualmente, muchos de estos municipios están interesados en la obtención de energía a partir del recurso solar y ven en esta la oportunidad de tener un servicio de energía más constante y confiable.

Por medio de programas del gobierno, que financian y apoyan la elaboración de proyectos que involucran fuentes no convenciones de energía renovable (FNCER) en zonas no interconectadas, el municipio de Turbo pretende la implementación de sistemas solares fotovoltaicos en el corregimiento Bocas del Atrato.

El Corregimiento de Bocas del Atrato está ubicado en el golfo de Urabá, a tan solo treinta minutos por vía marítima, del municipio de Turo (Antioquia) en el golfo de Urabá con 28°C promedio de temperatura y dentro del Parque Natural Regional del sistema manglarico del delta Atrato, es considerado como una región llena de biodiversidad por su riqueza ambiental cuenta con una gran ubicación geoestratégica. [3]

La secretaria de gobierno de Turbo se ha puesto en contacto con Ilux ingeniería S.A.S para llevar a cabo el diseño y cotización de estos sistemas solares fotovoltaicos, con base en la reglamentación RETIE (reglamento técnico de instalaciones eléctricas) y la NTC2050, con el fin de mejorar la calidad de vida y proporcionar un servicio de alta calidad a sus beneficiarios.

3. Objetivos

3.1 General

- Diseño de un sistema solar fotovoltaico, para llevar energía eléctrica a zonas no interconectadas.

3.2 Específico

- Diseñar el sistema solar fotovoltaico con base en la carga a suplir y la energía que se espera generar, mediante la caracterización de los dispositivos a implementar, con el fin de determinar la cantidad de materiales necesarios para la construcción del proyecto.

- Elaborar diagrama unifilar en AutoCAD, con el objetivo de brindar de forma concisa información del sistema implementado.
- Estudiar y aplicar la normativa actual, que rige sobre el diseño de sistemas solares fotovoltaicos, con el fin de construir una propuesta que satisfaga las condiciones establecidas, en caso de que el proyecto sea puesto en marcha

4 Marco Teórico

4.1 Zona no interconectada -ZNI

Las ZNI son aquellas áreas geográficas “donde no se presta el servicio público de electricidad a través del Sistema Interconectado Nacional” (artículo 11, Ley 143 de 1994). Estas se caracterizan por su baja densidad poblacional, por estar ubicadas a una larga distancia de los centros urbanos, por la dificultad de acceso y por su gran riqueza de recursos naturales. Por esto, resulta tan costoso integrarlas al SIN y se hace necesario que la prestación del servicio se genere directamente en cada zona. [4]

4.2 Fuentes no Convencionales de Energía Renovable- FNCER

La ley 1715 de 2014, define como fuentes no convencionales de energía renovable, aquellos recursos de energía renovable disponibles a nivel mundial que son ambientalmente sostenibles, pero que en el país no son empleados o son utilizados de manera marginal y no se comercializan ampliamente, tales como la biomasa, los pequeños aprovechamientos hidroeléctricos, la eólica, la geotérmica, la solar y los mares. [5]

4.3 Sistema solar aislado

Son aquellos en los cuales no hay conexión del sistema fotovoltaico a la red y se hace fundamental el uso de baterías, para almacenar la energía que no se utiliza en el día y usarla en la noche.

4.4 Radiación solar

Es la energía liberada por el sol por medio de una serie de reacciones de fusión nuclear que producen una pérdida de masa del sol la cual se transforma en energía. Este fenómeno presenta varias pérdidas al momento de hacer contacto con los paneles solares ya sea por polvo o por el ángulo de deflexión del panel, entre otros. Así existen 3 tipos de radiación [6]:

- **Radiación directa:** Proporciona mayor energía ya que no posee cambios al ingresar a la superficie terrestre.
- **Radiación difusa:** Presenta obstáculos debido a la nubosidad, polución o partículas contenidas en la atmósfera, lo que ocasiona su desviación.

- **Radiación reflejada:** Es la energía que proviene del Sol, que al chocar con la superficie terrestre rebota o se refleja.

También se deben tener en cuenta los siguientes conceptos que están muy relacionados con la radiación solar [7]:

- **Irradiación:** Es la densidad de energía solar recibida en un período de tiempo en Wh/ m.2.
- **Irradiancia:** Densidad de potencia instantánea recibida, se mide en W/m2.
- **Constante Solar:** Se denota como B_0 y es la irradiancia que recibe una superficie perpendicular al sol en el exterior de la atmósfera. Su valor es de unos 1.367 W/m2.

4.5 Geometría solar.

Para el cálculo de la producción energética de una instalación fotovoltaica es fundamental conocer la irradiación solar en el plano correspondiente a la instalación y la trayectoria solar en el lugar en las diferentes épocas del año. La situación del sol en un lugar cualquiera viene determinada por la altura y el azimut del sol [7].

4.6 Orientación de los paneles

El valor de irradiación que incide sobre un módulo fotovoltaico depende de la inclinación que adopte el panel y por lo tanto del ángulo de incidencia θ entre la normal a la superficie del módulo y el haz de radiación solar.

Si la radiación solar es perpendicular a la superficie del módulo fotovoltaico, la captación de energía será máxima. Para recolectar la mayor cantidad posible de energía se puede recurrir a sistemas de seguimiento del sol para hacer que la superficie de los paneles siempre esté perpendicular a la radiación solar, pero es un sistema costoso que requiere de mantenimiento continuo. Así la orientación del panel puede ser norte o sur, en los países del hemisferio sur se orienta hacia el norte, y su inclinación óptima va a depender de la latitud en la que se encuentre el proyecto [8].

4.7 Hora solar pico

Es el número de horas en que disponemos de una hipotética irradiancia solar constante de 1000 W/m2 sobre los módulos solares fotovoltaicos. Es decir, una hora solar pico "HPS" equivale a 1Kwh/m2 o, lo que es lo mismo, 3.6 MJ/m2. Dicho en otras palabras, es un modo de contabilizar la energía recibida del sol agrupándola en paquetes, siendo cada "paquete" de 1 hora recibiendo 1000 watts/m2. [9]

De acuerdo a estudios realizados por el IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios ambientales), se permite analizar la distribución espacial del potencial energético solar a través de mapas y tablas los cuales establecen el valor promedio diario de radiación solar global, brillo y radiación ultravioleta solar que incide sobre una superficie plana por metro cuadrado. Así pues, según este instituto, Colombia es favorecida por gran disponibilidad de recurso solar gracias a su ubicación geográfica, con un promedio diario multianual cercano a 4,5 kWh/m². [9]

4.8 Paneles solares

Los módulos fotovoltaicos son los encargados de la transformación de la energía solar en energía eléctrica. Están formados por un conjunto de células fotovoltaicas, que producen electricidad a partir de la luz que incide sobre ellos mediante el efecto fotoeléctrico. El principio de funcionamiento de este tipo de generación se basa en un proceso químico que transforma la radiación solar en energía eléctrica, donde se obtiene corriente continua (CC). [10]

4.9 Regulador de carga

Su función es proteger la batería para que no entre en situaciones de comportamiento extremo que puedan llegar a dañarla. Su funcionamiento consiste en tomar información del estado de carga del sistema, por ejemplo, usando el voltaje de la batería, y compararlo con los valores mínimos y máximos admisibles para que la batería solar no entre en procesos de sobrecarga o descarga extrema que puedan dañarla. [11]

4.10 baterías

Las baterías tienen como objetivo acumular la energía eléctrica generada por las placas solares para suplir la demanda durante la noche o en momentos que se presenten variaciones del recurso solar. [12]

4.11 Inversor

Los inversores son equipos que se encargan de transformar la tensión de entrada DC, producida en una instalación fotovoltaica en una tensión AC, con el objetivo de que los dispositivos conectados por el usuario puedan funcionar de forma correcta. [13]

5 Metodología

- Estudio de la tecnología actual y las normas que deben cumplir para su implementación.
- Ubicación geográfica del proyecto y determinación del recurso solar disponible.
- Estimación del consumo energético del proyecto teniendo en cuenta la potencia instalada y la cantidad de energía demandada por los usuarios.
- Dimensionamiento y cálculos del sistema.
- Determinación de cantidades de obra del proyecto.

6 Resultados y análisis

Se realizó el diseño de un sistema solar, el cual permitirá el autoabastecimiento de las viviendas que conforman el corregimiento de Bocas del Atrato.

En primer lugar, se revisaron las normas que pudieran ser aplicables al proyecto. Aquí se tuvo presente que, al ser un sistema aislado, este no está regido por alguna normatividad en específicas; pero se aplicaron las normas actuales que rigen las instalaciones eléctricas con el fin de garantizar una buena instalación. A continuación, se describen los pasos que se siguieron a la hora de realizar el diseño.

6.1 Normatividad

Durante la ejecución del proyecto se tuvieron presentes las normas:

- Reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE – 2013[14]. Establece que los paneles solares fotovoltaicos deben cumplir con un certificado de conformidad de producto y que la instalación eléctrica y el montaje debe hacerse conforme a la sección 690 de la NTC 2050 por un profesional competente.
- Código eléctrico colombiano NTC2050 – 1998 [15]. El cual establece en su sección 690 los requisitos técnicos exigibles para la instalación de sistemas fotovoltaicos.

6.2 Ubicación geográfica

Se determinó la ubicación geográfica del proyecto. Este está ubicado a 14.2 km vía marítima del municipio de Turbo, cuenta con una extensión territorial de aproximadamente 1.800 km² y está conformado por 80 viviendas en las cuales habitan 460 personas. En la figura 1 se ilustra la ubicación geográfica de Bocas del Atrato, departamento de Turbo con respecto a Colombia (izquierda) y al departamento de Turbo (derecha). Estos datos fueron obtenidos a partir de Google maps.

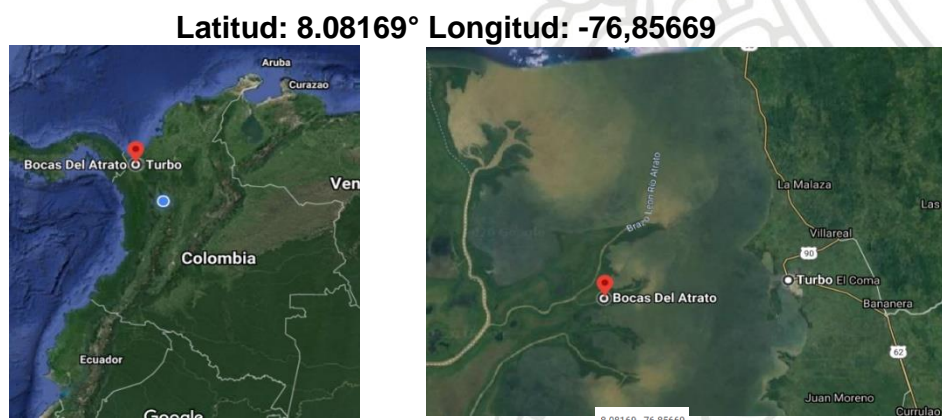


Figura 1. Localización Bocas del Atrato [22]

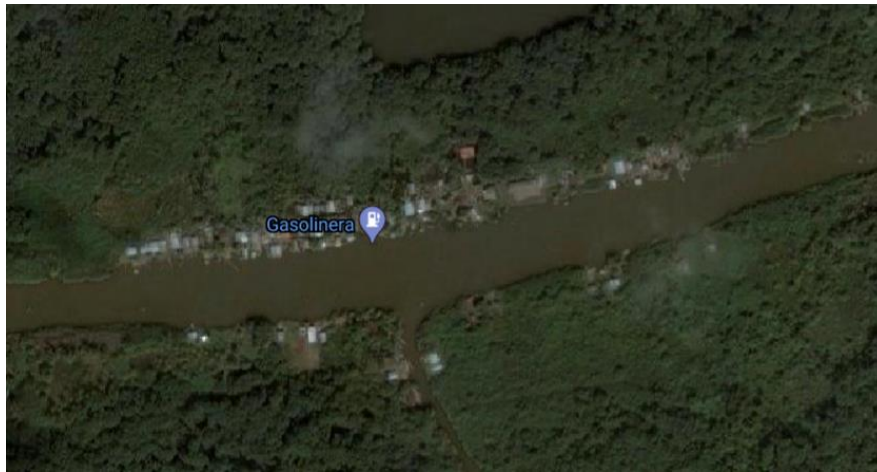
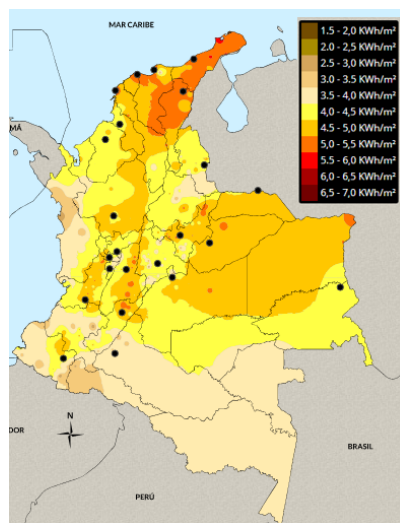


Figura 2. Bocas del Atrato [14]

6.2 Recurso energético

Se identificó la ubicación geográfica del lugar para posteriormente realizar un análisis del recurso energético a partir de la radiación de la zona. Esto con el fin de conocer el recurso solar disponible a lo largo del año en el corregimiento y de esta forma tener claridad de la cantidad de paneles solares que necesarios para la instalación. Para esto se utilizó la herramienta atlas de radiación solar de Colombia y la aplicación en línea de la nasa Power data Access.



MES	H _n [kWh/(m ² .día)]
JAN	5,23
FEB	5,29
MAR	5,48
APR	5,05
MAY	4,72
JUN	4,68
JUL	4,96
AUG	4,88
SEP	4,78
OCT	4,73
NOV	4,58
DEC	4,65
ANN	4,92

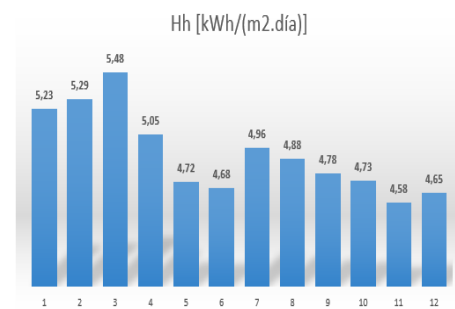


Figura 3. Radiación solar Atlas y Power Data Access [23] [24]

Los datos obtenidos tanto en Atlas solar como en Power Data Access corresponden a mediciones de radiación que inciden sobre una superficie plana. Se tomó el valor de la radiación diaria promedio del mes menos favorable, ya que se trata de una zona no interconectada y buscando de esta forma garantizar generación de energía en el mes de menor recurso solar, cabe recalcar que estas horas solares pico son equivalentes a 1kWh/m² al día, para este caso se tomó el valor proporcionado por Atlas solar, con el fin de dar mayor fiabilidad al sistema. La Energía disponible al día se calculó por medio de la ecuación (1)

$$HSP = \frac{4kWh/m^2}{1kW/m^2} \quad (1)$$

$$HSP = 4 h$$

6.3 Dimensionamiento del sistema

El sistema solar se implementará en la vivienda modelo que se observa en la figura 4. Para esto se dispondrá de una estructura para ubicar los paneles solares al lado de las viviendas.

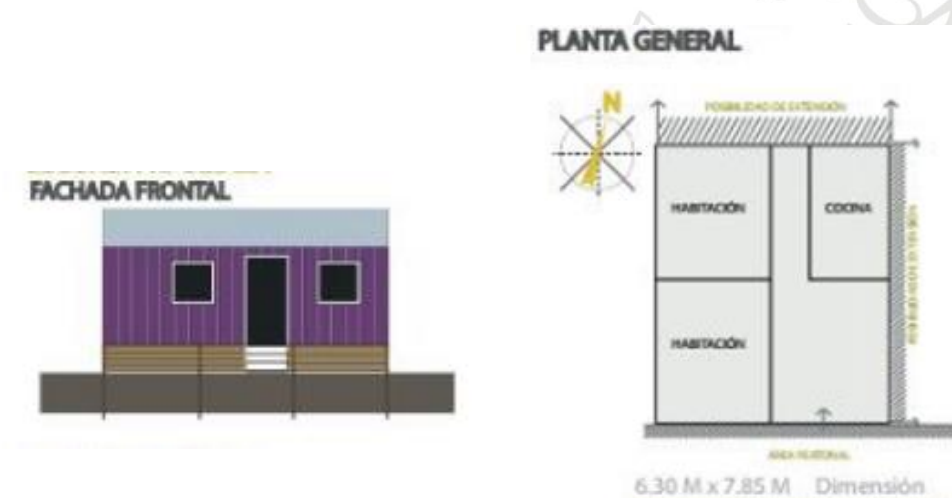


Figura 4. Vivienda modelo Bocas del Atrato [25]

Para el dimensionamiento se tuvieron en cuenta siguientes pasos:

- Cálculo de la demanda diaria máxima.
- Cálculo del consumo máximo.
- Cálculo del número de paneles
- Cálculo de la capacidad del banco de baterías
- Cálculo de los demás componentes que conforman el sistema.

8.2.1 Cálculo de la demanda diaria máxima

Para el diseño se contemplaron los consumos de electrodomésticos, los cuales tendrán una tensión y frecuencia de operación de 120 V y 60Hz respectivamente. El consumo diario se calculó como lo indica la ecuación (2). En la tabla 1 se presenta el consumo esperado en la vivienda modelo.

$$D_{diaria} = P_{elec} * H * N \quad (2)$$

Donde:

Pelec: Potencia del electrodoméstico

H: Número de horas en funcionamiento

N: Número de dispositivos

Tabla 1. Cálculo de la demanda de las cargas

DESCRIPCIÓN DE LA CARGA	CANTIDAD (UN)	POTENCIA (W)	HORAS DE USO (H)	DEMANDA (Wh)
BOMBILLO LED 12W	5	12	6	360
Televisor LED	1	60	4	240
Cargador de celular	3	15	2	90
Radio	1	50	4	200
Licuadaora	1	300	0.17	51
Nevera	1	300	8h	2400
Demanda de las cargas por día (Wh)				3341

La generación se verá afectada por el rendimiento del todo el conjunto de elementos que la componen, por lo cual se debe tener en cuenta las pérdidas que esta pueda presentar para poder abastecer toda la demanda instalada.

Para esto se pueden implementar dos métodos. El primero sería aplicar un factor de seguridad del 20% sobre de la demanda instalada y el segundo el cual es más conservador y se basa en calcular el rendimiento global de la instalación. En este dimensionamiento se optó por calcular el rendimiento o pérdidas totales del sistema por medio de la ecuación (3)

$$kt = (1 - Kb - Kc - Kr) * \left[1 - \left(\frac{Ka * Da}{Pd} \right) \right] \quad (3)$$

Donde:

- Ka: Pérdida debido al auto descarga diaria de la batería. Para nuestro caso se tomará un factor de Ka=0.005.
- Kb: Pérdidas debido al rendimiento del sistema de almacenamiento. Para baterías nuevas Kb=0.1.

- Kc: Pérdidas debido al rendimiento del inversor. Para nuestro caso se tomará un factor de Kc=0.08.
- Kr: Pérdidas debido al rendimiento del regulador. Para nuestro caso se tomará un factor de Kr=0.05
- Da: Días de autonomía. Para nuestro caso se tomará un valor de Da=2.
- Pd: Profundidad de descarga de la batería, Pd=0.5

$$Kt = (1 - 0.1 - 0.08 - 0.05) * [1 - (\frac{0.005 * 2}{0.5})]$$

$$Kt = 0.75$$

Se calculó la energía diaria que deberá generar el panel por medio de la ecuación 4, en donde se incluyeron las pérdidas del sistema, las cuales deberán ser suplidas por el arreglo de paneles solares.

$$D_{máxd} = \frac{\text{Demanda de las cargas}}{Kt} \quad (4)$$

$$D_{máxd} = \frac{3341Wh}{0.75}$$

$$D_{máxd} = 4454.67 Wh$$

Posteriormente se calculó la potencia máxima de carga que deberá suministrar el conjunto de paneles solares durante las horas solares pico del día para suplir la demanda requerida. Estos cálculos se realizaron por medio de la ecuación 5, teniendo en cuenta que para esta región la hora solar pico corresponde a 4h

$$P_{G-FV} = \frac{D_{max}}{HSP} \quad (5)$$

Donde:

Dmax= Demanda máxima de la instalación

HSP= Hora solar pico

$$P_{G-FV} = \frac{4454.67 Wh}{4h}$$

$$P_{G-FV} = 1113.68 \text{ W}$$

8.2.2 Cálculo del número de paneles

Inicialmente se deberá escoger un panel solar el cual sea comercial y posteriormente con las características técnicas de este, se procederá a determinar el número de paneles y su configuración. Para este diseño se eligió un panel solar jinko Solar JKM320M-60 monocristalino de 320Wp/33.4pm. Sus especificaciones se pueden observar en la figura 5.

SPECIFICATIONS										
Module Type	JKM305M-60		JKM310M-60		JKM315M-60		JKM320M-60		JKM325M-60	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	305Wp	227Wp	310Wp	231Wp	315Wp	235Wp	320Wp	239Wp	325Wp	242Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	32.8V	30.8V	33.0V	31.0V	33.2V	31.2V	33.4V	31.4V	33.6V	31.6V
Maximum Power Current (Imp)	9.30A	7.40A	9.40A	7.49A	9.49A	7.56A	9.59A	7.62A	9.68A	7.66A
Open-circuit Voltage (Voc)	40.3V	37.2V	40.5V	37.4V	40.7V	37.6V	40.9V	37.8V	41.1V	38.0V
Short-circuit Current (Isc)	9.83A	8.12A	9.92A	8.20A	10.04A	8.33A	10.15A	8.44A	10.20A	8.54A
Module Efficiency STC (%)	18.28%		18.58%		18.88%		19.18%		19.48%	
Operating Temperature (°C)	-40°C~+85°C									
Maximum System Voltage	1000VDC (IEC)									
Maximum Series Fuse Rating	20A									
Power Tolerance	0~+3%									
Temperature Coefficients of Pmax	-0.37%/°C									
Temperature Coefficients of Voc	-0.28%/°C									
Temperature Coefficients of Isc	0.048%/°C									
Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45±2°C									

Figura 5. Especificaciones técnicas del panel seleccionado [16]

De acuerdo al panel seleccionado se determinó la cantidad de paneles necesarios para la instalación a partir de la ecuación (6).

$$\#_{\text{paneles}} \geq \frac{P_{G-FV}}{P_{\text{real del panel}}} \quad (6)$$

Donde:

P_{G-FV} : Potencia del generador fotovoltaico

$P_{\text{real del panel}}$: Potencia pico producida por el panel elegido

$$\#_{\text{paneles}} \geq \frac{1113.67 \text{ w}}{320}$$

$$\#_{\text{paneles}} \geq 3.48$$

El número de paneles deber ser entero, por lo cual para dicha instalación se deberán instalar 4 paneles monocristalinos de 320w.

8.2.3 Determinación de cantidad de paneles en serie y en paralelo

Para determinar la cantidad de paneles en serie y paralelo, primero determinó la tensión del sistema, la cual puede ser tomada bajo el criterio que se observa en la tabla 2.

Tabla 2. Tensión del sistema con respecto a la potencia generada [17]

POTENCIA G-FV	TENSIÓN NOMINAL
$P \leq 800W$	12 V
$800 \leq P \leq 1600 W$	24V
$1600 \leq P \leq 3200 W$	48V
$P > 3200 W$	120 0 300V

En esta instalación se tendrá una potencia total generada de 1280 W por lo cual la tensión del sistema será 24 V.

- Número de paneles en serie

$$N^{\circ}_{PS} = \frac{V_{sistema}}{V_{mp}} \quad (7)$$

Donde:

$V_{sistema}$: Tensión del sistema

V_{mp} : Voltaje máximo del panel solar

$$N^{\circ}_{PS} = \frac{24 \text{ v}}{33.4 \text{ v}}$$

$$N^{\circ}_{PS} = 0.72$$

- Número de paneles en paralelo

$$N^{\circ}_{PS} = \frac{P_{G-FV}}{P_{Fv \text{ elegido}} * N^{\circ}_{PS}} \quad (8)$$

$$N^{\circ}_{PS} = \frac{1113.67 \text{ w}}{320 \text{ w} * 1}$$

$$N^{\circ}_{PP} = 3.48$$

Según los cálculos realizados se podría formar un sistema solar 4 paneles de 320 w conectados en paralelo; pero se debe tener en cuenta que la corriente en esta configuración es mucho mayor y por lo tanto los conductores tendrán una mayor sección, se opta por buscar una configuración que permita obtener la tensión del sistema y disminuir la corriente de arreglo fotovoltaico. Por lo anterior, se determinó que la instalación estará conformada por dos paneles en paralelo y dos en serie.

8.2.3 Sistema de baterías

Para calcular las baterías del sistema, primero se deberá calcular la capacidad total del banco de baterías (C baterías), teniendo en cuenta la demanda máxima, los días de autonomía y la profundidad de descarga de la batería. Este cálculo se realizó por medio de la ecuación (9)

$$Cbaterías = \frac{D_{máx} * D_a}{P_d * V_{sistema}} \quad (9)$$

Donde:

Dmáx: Demanda máxima

Da: Días de autonomía

Pd: Profundidad de descarga de la batería

Vsist: Tensión del sistema

$$Cbaterías = \frac{4454.67W * 2h}{0.5 * 24 \text{ v}}$$

$$Cbaterías = 742.45 \text{ Ah}$$

Posteriormente se elegirá una batería, con el objetivo de determinar la cantidad de baterías necesarias para la instalación. Para este proyecto se utilizará baterías de 250Ah/12 V GEL Maxpower, cuya ficha técnica se puede apreciar en la figura 6.

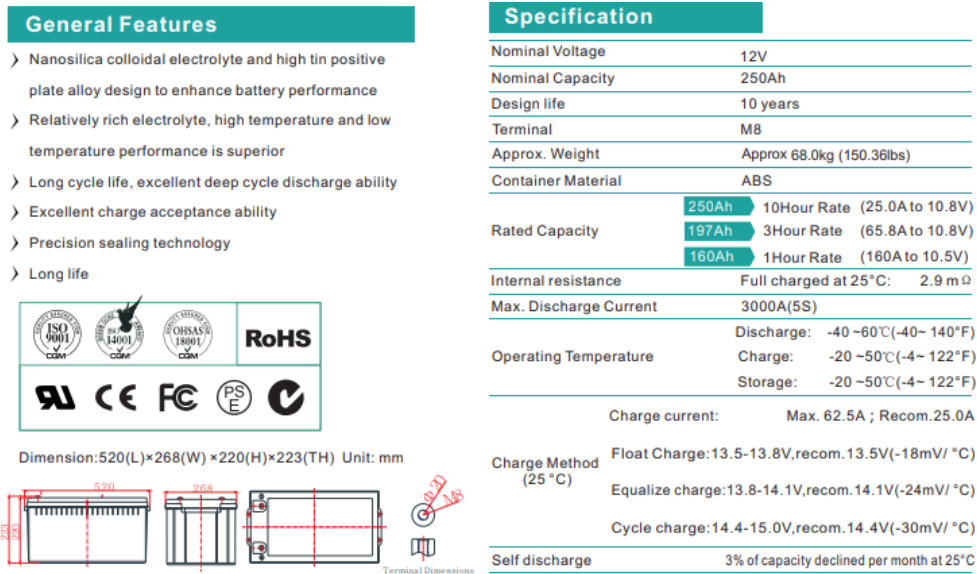


Figura 6. Ficha técnica batería GEL Maxpower [18]

- Se calculó el número de baterías en paralelo con la ecuación (10)

$$N^{\circ} \text{baterías en paralelo} = \frac{\text{Capacidad nominal de baterías}}{\text{Capacidad nominal de cada batería}} \quad (10)$$

$$N^{\circ} \text{baterías en paralelo} \geq \frac{742.45Ah}{250 Ah}$$

$$N^{\circ} \text{baterías en paralelo} \geq 2.97$$

- Se calculó el número de baterías en serie con la ecuación (11)

$$N^{\circ} \text{baterías en serie} \geq \frac{V_{\text{sistema}}}{V_{\text{baterías}}} \quad (11)$$

Donde:

V_{sistema} : Voltaje del sistema

$V_{\text{baterías}}$: Voltaje de la batería elegida

$$N^{\circ} \text{baterías en serie} \geq \frac{24 v}{12 v}$$

$$N^{\circ} \text{baterías en serie} \geq 2$$

Para cumplir con los requisitos establecidos en el proyecto se determinó que se realizará una conexión serie-paralelo. Esta consistirá en tres ramales en paralelo, los cuales estarán conformados por dos baterías en serie de 12 v/ 250 Ah.

8.2.3 Dimensionamiento del regulador de carga

Para dimensionar el regulador de carga se deberá tener en cuenta la tensión del sistema y la corriente máxima de cortocircuito del generador fotovoltaico, la cual se obtiene de la siguiente ecuación (12).

$$I_{m\acute{a}x-GFV} = I_{SC,FV} * N\acute{U}MERO PANELES EN PARALELO \quad (12)$$

Donde:

$I_{sc,fv}$: Corriente de cortocircuito del panel solar

$$I_{m\acute{a}x-GFV} = 10.15 * 2$$

$$I_{m\acute{a}x-GFV} = 20.3 \text{ A}$$

Para que el regulador no trabaje al 100% de su capacidad se deberá colocar un margen de seguridad del 25% [17].

$$I_{regulador} = 20.3 * 1.25 \text{ A}$$

$$I_{regulador} = 25.38 \text{ A}$$

Para el proyecto se determinó un controlador de carga Victron Energy SmartSolar MPPT 100/50 con una tensión de operación de 24 v. En la figura 7 se puede apreciar las características del regulador.

Controlador de carga SmartSolar	MPPT 100/30	MPPT 100/50
Tensión de la batería	Selección automática 12/24V	
Corriente de carga nominal	30A	50A
Potencia FV nominal, 12V 1a,b)	440W	700W
Potencia FV nominal, 24V 1a,b)	880W	1400W
Tensión máxima del circuito abierto FV	100V	100V
Máxima corriente de corto circuito FV 2)	35A	60A
Eficacia máxima	98%	98%
Autoconsumo	12V: 30 mA 24V: 20 mA	
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 14,4V / 28,8V (ajustable)	
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 13,8V / 27,6V (ajustable)	
Algoritmo de carga	adaptativo multifase	
Compensación de temperatura	-16 mV / °C, -32 mV / °C resp.	
Protección	Polaridad inversa FV Cortocircuito de salida Sobretensión	
Temperatura de trabajo	De -30 a +60 °C (potencia nominal completa hasta los 40 °C)	
Humedad	95%, sin condensación	
Puerto de comunicación de datos	VE.Direct Consulte el libro blanco sobre comunicación de datos en nuestro sitio web	
CARCASA		
Color	Azul (RAL 5012)	
Terminales de conexión	16 mm ² / AWG6	
Grado de protección	IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión)	
Peso	1,3 kg	
Dimensiones (al x an x p)	130 x 186 x 70 mm	
NORMATIVAS		
Seguridad	EN/IEC 62109-1, UL 1741, CSA C22.2	
1a) Si se conecta más potencia FV, el controlador limitará la entrada de potencia.		
1b) La tensión FV debe exceder Vbat + 5V para que arranque el controlador.		

Figura 7. Controlador de carga [19]

8.2.3 Dimensionamiento del inversor

Se procederá a dimensionar el inversor, aquí se deberán tener en cuenta la tensión de la instalación, puesto que la entrada del inversor tendrá que admitir esta tensión y la potencia simultánea de todos los elementos de consumo. En la tabla 3 se muestra la potencia de los elementos de la instalación.

Tabla 3. Potencia total instalada

DESCRIPCIÓN DE LA CARGA	CANTIDAD (UN)	POTENCIA (W)	POTENCIA TOTAL (W)
BOMBILLO LED 12W	5	12	60
Televisor LED	1	60	60
Cargador de celular	3	15	45
Radio	1	50	50
Licuada	1	300	300
Nevera	1	300	300
Potencia máxima			815

La potencia del inversor será igual a la potencia total instalada, a la cual se debe agregar un factor de seguridad. Este cálculo se hace por medio de la ecuación (13)

$$P_{inversor} = P_{total} * f_s \quad (13)$$

Donde:

Ps: Potencia total instalada

Fs: Factor de seguridad 20%

$$P_{inversor} = 815 * 1.2$$

$$P_{inversor} = 978 \text{ W}$$

Para el proyecto se determinó instalar un inversor de 1000/850 w, 24 VDC de entrada, 110 VAC de salida y frecuencia de 60Hz. En la figura 8 se detallan ver sus especificaciones técnicas

Inversor Phoenix	12 voltios 24 voltios 48 voltios	12/250 24/250 48/250	12/375 24/375 48/375	12/500 24/500 48/500	12/800 24/800 48/800	12/1200 24/1200 48/1200
Potencia cont. a 25°C (1)		250VA	375VA	500VA	800VA	1200VA
Potencia cont. a 25°C / 40°C		200 / 175W	300 / 260W	400 / 350W	650 / 560W	1000 / 850W
Pico de potencia		400W	700W	900W	1500W	2200W
Tensión / frecuencia CA de salida (ajustable)	230VCA o 120VCA +/- 3% 50Hz o 60Hz +/- 0,1%					
Rango de tensión de entrada	9,2 - 17 / 18,4 - 34,0 / 36,8 - 62,0V					
Desconexión por CC baja (ajustable)	9,3 / 18,6 / 37,2V					
Dinámica (dependiente de la carga)	Desconexión dinámica, ver					
Desconexión por CC baja (totalmente ajustable)	https://www.victronenergy.com/live/vs-direct:phoenix-inverters-dynamic-cutoff					
Reinicio y alarma por CC baja (ajustable)	10,9 / 21,8 / 43,6V					
Detector de batería cargada (ajustable)	14,0 / 28,0 / 56,0V					
Eficacia máx.	87 / 88 / 88%	89 / 89 / 90%	90 / 90 / 91%	90 / 90 / 91%	91 / 91 / 92%	
Consumo en vacío	4,2 / 5,2 / 7,9W	5,6 / 6,1 / 8,5W	6 / 6,5 / 9W	6,5 / 7 / 9,5W	7 / 8 / 10W	
Consumo en vacío predeterminado en modo ECO (Intervalo de reintento: 2,5 s, ajustable)	0,8 / 1,3 / 2,5W	0,9 / 1,4 / 2,6W	1 / 1,5 / 3,0W	1 / 1,5 / 3,0W	1 / 1,5 / 3,0	
Ajuste de potencia de parada y arranque en modo ECO	Ajustable					
Protección (2)	a - f					
Rango de temperatura de trabajo	-40 to +65°C (refrigerado por ventilador) (reducción de potencia del 1,25% por cada °C por encima de 25°C)					
Humedad (sin condensación)	máx. 95%					

Figura 8. Características del inversor [20]

8.2.3 Orientación e inclinación de los paneles solares

Los paneles solares deben estar ubicados de tal forma que se pueda aprovechar de forma óptima el recurso solar. Este aprovechamiento óptimo de la radiación solar depende de la posición del sol, por lo cual la inclinación de los paneles varía en función de la latitud del lugar en el cual se encuentra la instalación solar fotovoltaica. Para obtener el ángulo de inclinación óptima se utiliza la siguiente ecuación (14):

$$\beta_{opt} = 3.7 + 0.69 |\varphi| \quad (14)$$

Donde:

φ : Latitud del lugar de la instalación

Latitud: 8.08169° Longitud: -76,8566

$$\beta_{opt} = 3.7 + 0.69 |8.08169|$$

Por lo que el ángulo óptimo para esta instalación es de 9.28 hacia el sur ya que Colombia está ubicado al norte del meridiano, de igual manera la UPME ha recomendado una inclinación mínima de 10° para evitar la acumulación de las partículas en el aire y el estancamiento de agua. [4].

8.3 Calculo de la sección de los conductores eléctricos.

Se calcularán los conductores para la conexión entre el arreglo fotovoltaico-controlador de carga, controlador de carga- baterías, baterías-inversor y tablero de distribución- inversor. Para este diseño se utilizará cable fotovoltaico tipo PV XLPE 2000V 90°C SR marca Centelsa, cuyos valores de capacidad de corriente corresponden a los descritos en la tabla 310.16 de la NTC 2050[15]. En la tabla 4 se visualizan las características del cable mencionado.

Tabla 4. Conductores fotovoltaicos CENTELSA [21]

CABLE CENTELSA FOTOVOLTAICO TIPO PV XLPE 2000V 90°C SR					
Calibre	Área nominal de la sección transversal	Número de hilos	Espesor nominal del aislamiento	Diámetro total aproximado	Peso total aproximado
AWG/kcmil	mm ²		mm	mm	Kg/Km
14	2,08	7	1,91	6,0	47
12	3,31	7	1,91	6,5	62
10	5,26	7	1,91	7,1	84
8	8,37	7	2,16	8,3	126
6	13,30	7	2,16	9,2	177
4	21,15	7	2,16	10,4	260
2	33,62	7	2,16	11,9	386
1	42,41	19	2,67	14,2	510
1/0	53,48	19	2,67	15,2	602
2/0	67,43	19	2,67	16,4	739
3/0	85,01	19	2,67	17,6	912
4/0	107,2	19	2,67	19,1	1128
250	126,7	37	3,05	21,0	1346
300	152,0	37	3,05	22,4	1592
350	177,3	37	3,05	23,6	1837
400	202,7	37	3,05	24,8	2081
500	253,4	37	3,05	26,9	2567
600	304,0	61	3,43	29,7	3085
750	380,0	61	3,43	32,3	3810
1000	506,7	61	3,43	36,1	5011

Nota: Los valores aquí indicados están sujetos a las tolerancias normales de manufactura y/o de normas.

- **Generador fotovoltaico-controlador de carga.**

para calcular la corriente en este tramo se deberá conocer la corriente de cortocircuito de los paneles fotovoltaicos, la cual se obtiene de la ficha técnica de estos. Esta corriente se obtiene por medio de la ecuación (15).

$$I_{paneles-controlador} = I_{sc} * \#panelesparalelo \quad (15)$$

Donde:

I_{sc}: Corriente de cortocircuito del panel fotovoltaico

$$I_{paneles-controlador} = 9.59 * 2$$

La corriente total del arreglo fotovoltaico considerando la configuración, es de:

$$I_{paneles-controlador} = 19.18 \text{ A}$$

Según la NTC 2050 en su sección 690.8 "Dimensionamiento y corriente de los circuitos" para calcular la corriente del circuito se debe usar un factor del 1,25.

$$I_{\text{paneles-controlador}} = 19.18 * 1.25 A$$

$$I_{\text{paneles-controlador}} = 23.97 A$$

Para dimensionar la capacidad cable necesario se utilizan los factores de corrección por temperatura y agrupamiento de las tablas 310-16 a 310-19 de la NTC 2050 que definen dos factores principales de corrección.

Para la temperatura promedio del municipio de Turbo (31°C) el factor de corrección por temperatura es 0.91. Adicionalmente, considerando que el inversor solo cuenta con 1 MPPT la canalización solo alojara 1 polo positivo y uno negativo, por lo que el factor de corrección por agrupación de conductores es 1. De esta forma se calcula la ampacidad del cable por medio de la ecuación (16)

$$A_c = \frac{I_{\text{paneles-controlador}}}{F_c * F_{AG}} \quad (16)$$

Donde:

F_c=Factor de corrección por temperatura.

F_{AG}= Factor de agrupamiento.

$$A_{\text{paneles-controlador}} = \frac{23.97}{0.91 * 1}$$

$$A_{\text{paneles-controlador}} = 26.27 A$$

Según la tabla 310.16 de la NTC2050 y la tabla 4 se utilizará un conductor un cable 10 AWG fotovoltaico tipo PV XLPE 2000V 90°C SR y una protección de 30A

El calibre del conductor de puesta a tierra se calcula a partir de la tabla 250-95 de la NTC2050, donde el conductor se elige de acuerdo al valor de corriente de la protección, por lo tanto, para este tramo se utilizará un calibre 12 AWG fotovoltaico tipo PV XLPE 2000V 90°C SR

- **Controlador de carga- sistema de baterías.**

Para calcular el conductor correspondiente a este tramo se tomará la corriente nominal de controlador de carga.

$$I_{\text{nominalcontrolador}} = 50 * 1.25A$$

$$I_{\text{nominalcontrolador}} = 62.5 A$$

Según la tabla 310.16 de la NTC2050 se utilizará un conductor un cable 6 AWG para los conductores positivo y negativo, una protección de 60 A.

El calibre del conductor de puesta a tierra se calcula a partir de la tabla 250-95 de la NTC2050, donde el conductor se elige de acuerdo al valor de corriente de la protección, por lo tanto, para este tramo se utilizará un calibre 8 AWG Cu.

- **Inversor- sistema de baterías.**

Para calcular la corriente en este tramo se tener en cuenta la tensión de la instalación y la potencia del inversor, la cual se obtiene de la ficha técnica de este.

$$I_{\text{controlador-sistbaterias}} = \frac{1000 W}{24 V}$$

$$I_{\text{controlador-sistbaterias}} = 58.33 A$$

Según la NTC 2050 en su sección 690.8 "Dimensionamiento y corriente de los circuitos" para calcular la corriente del circuito se debe usar un factor del 1,25.

$$I_{\text{inversor-sistbaterias}} = 41.67 A * 1.25$$

$$I_{\text{inversor-sistbaterias}} = 52.08 A$$

Aplicando factor de temperatura y agrupamiento, tenemos:

$$A_{\text{inversor-sistbaterias}} = 57.24 A$$

Según la tabla 310.16 de la NTC2050 conductor un cable 6 AWG, por lo cual se deberá usar una protección de 60 A.

El calibre del conductor de puesta a tierra se calcula a partir de la tabla 250-95 de la NTC2050, donde el conductor se elige de acuerdo al valor de corriente de la protección, por lo tanto, para este tramo se utilizará un calibre 8 AWG.

- **Inversor- tablero multibreaker.**

Para calcular el conductor correspondiente a este tramo se tomará la potencia total generada por el sistema solar y la tensión de salida del inversor

$$I_{\text{inversor-tmb}} = \frac{1280 \text{ W}}{120 \text{ V}}$$

$$I_{\text{inversor-tmb}} = 10.66 \text{ A}$$

Según la NTC 2050 en su sección 690.8 "Dimensionamiento y corriente de los circuitos" para calcular la corriente del circuito se debe usar un factor del 1,25.

$$I_{\text{inversor-tmb}} = 10.66 * 1.25 \text{ A}$$

$$I_{\text{inversor-tmb}} = 13.32 \text{ A}$$

Aplicando factor de temperatura y agrupamiento, tenemos:

$$A_{\text{inversor-tmb}} = 14.17 \text{ A}$$

Según la tabla 310.16 de la NTC2050 se utilizará un cable 12 AWG y una protección de 20A en el tablero del cual se derivarán las cargas de la vivienda.

El calibre del conductor de puesta a tierra se calcula a partir de la tabla 250-95 de la NTC2050, donde el conductor se elige de acuerdo al valor de corriente de la protección, por lo tanto, para este tramo se utilizará un calibre 12 AWG.

8.4 Cálculo de la caída de tensión.

La caída de voltaje es la pérdida de tensión debida a la longitud y resistencia del conductor. La eficiencia de un sistema FV puede mejorarse cuando se usan los conductores de las dimensiones apropiadas, lo cual reduce pérdidas en el conductor. Esta se calcula según la ecuación (17).

$$\Delta_{\%} = \frac{2 * \rho * I * L}{S} \quad (17)$$

Donde:

S: Sección en mm² del conductor

ρ : Conductividad del material 0.022 Ω mm²/m (conductor de cobre)

I: Corriente nominal a través del conductor

L= Longitud del conductor

El resultado de esta ecuación se debe comparar con los valores indicados en la norma NTC2050 [15], lo cual indica lo siguiente:

Sección 210-19 y 215-2. Los conductores de alimentadores tal como están definidos en la Sección 100, con un calibre que evite una caída de tensión superior al 3 % en la salida más lejana para potencia, calefacción, alumbrado o cualquier combinación de ellas y en los que la caída máxima de tensión de los circuitos alimentador y ramales hasta la salida más lejana no supere el 5 %, ofrecen una eficiencia de funcionamiento razonable.

En la tabla 5 se encuentran los cálculos de regulación para cada uno de los tramos que componen el sistema solar fotovoltaico. En ninguno de estos se superó el porcentaje de caída de tensión, es decir, los conductores elegidos cumplen para la instalación.

Tabla 5. Regulación de tensión

TRAMO		Longitud (m)	I (A)	AWG	S (mm ²)	Regulación
Generador	Regulador	9	19,18	10	5,26	1,44
Regulador	Baterías	2	50,00	6	13,30	0,33
Bateria	Inversor	2	50,00	6	13,30	0,33
Inversor	Tablero TD	2	10,00	12	10,66	0,08

8.5 Selección del electrodo de puesta a tierra.

El tablero principal de la vivienda deberá contar con un electrodo de puesta a tierra, el cual debe cumplir con los requerimientos citados en la norma NTC 2050 [15] artículos 250-81 (anexo 5), 250-83 (anexo 6) y 250-84(anexo 7). Y se seleccionan mediante la tabla 15.2 del Retie [14]. Por consiguiente, se debe seleccionar una varilla de cobre 12,7 mm de diámetro y una longitud de 2,40 m.

8.6 Diagrama unifilar

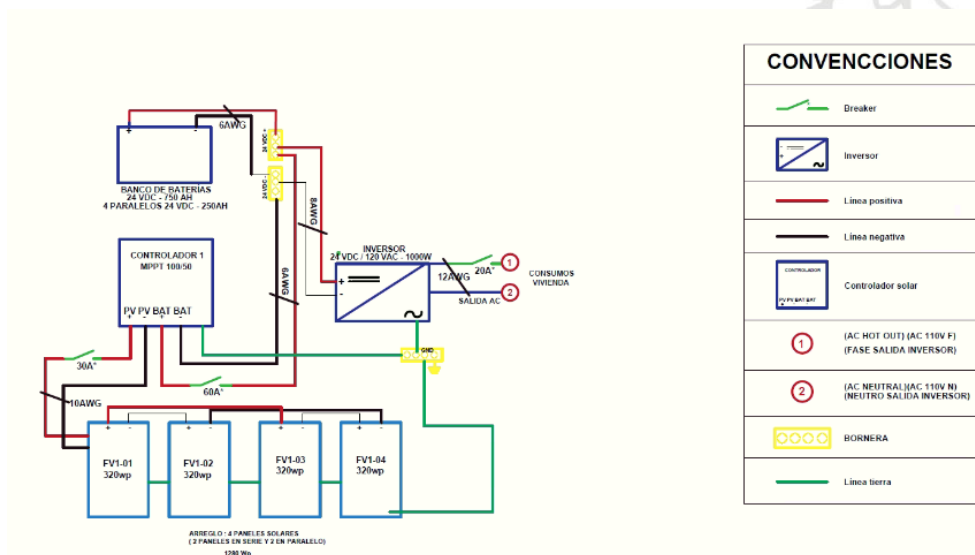


Figura 9. Diagrama unifilar

8.7 Mantenimiento del sistema solar

Este tipo de sistemas requieren un mantenimiento periódico, en el cual se haga una limpieza general de los paneles, revisión de la operación de los equipos entre otros, con el fin de garantizar un buen funcionamiento en el sistema solar. En la tabla 6 y 7 se puede visualizar el componente, la actividad, el procedimiento y la frecuencia con que debe realizarse dicho mantenimiento.

Tabla 6. Mantenimiento paneles solares

Equipo	Actividad	Procedimiento	Frecuencia
Panel solar	Inspección visual de los paneles solares	observe el estado del vidrio del panel solar, buscando rayones, rupturas o defectos	Mensual
	Limpieza de los paneles solares	Limpie la superficie de los paneles solares con un trapo o paño con suficiente agua antes de que salga el sol o después de que se oculte (nunca utilice jabones ni detergentes) trapeadora de tela en tiras, preferiblemente nueva y un balde con agua. (No dejar estilando agua). Esta operación debe ejecutarse preferiblemente a las 5pm donde todavía hay luz natural y no se está en el pico de producción solar.	Mensual
	Control de conexiones y cableado	Verifique visualmente que los cables de interconexión están en su lugar, también observe que no haya cables sueltos, ni cortados o alguna señal de presencia de algún animal.	Mensual
	Efecto sombra	Verifique que no haya sombra sobre la superficie de los paneles solares. En caso de detectar sombra, retire el objeto que pueda estar proporcionándola o pade el (los) árbol(es) hasta donde no le genere sombra.	Mensual

Tabla 7. Mantenimiento inversor

Equipo	Actividad	Procedimiento	Frecuencia
Inversor	Inspección visual y limpieza	Inspección visual del inversor buscando algún objeto extraño a sus alrededores, sacuda la superficie con un trapo seco y limpio.	Mensual

8.8 Cantidades de obra

En la tabla (8) se describen las cantidades de obra necesarias para la ejecución del proyecto.

Tabla 8. Cantidades de obra sistema solar

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANT
1	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE SISTEMA FOTOVOLTAICO		
1.1	Suministro e instalación de estructura para panel solar tipo poste. Incluye poste de 4", altura 3m y todos los elementos necesarios para la fijación de paneles	UN	1
1.2	Sistema de puesta a tierra con varilla de cobre 2,4m x 5/8", bajante en alambre desnudo cobre No 2, con terminales en cobre y tratamiento de	UN	1
1.3	Suministro e instalación de gabinete en lámina galvanizada, accesorios, conexonado, cableado, canalización, fijación y protecciones eléctricas de 30A y 60 A, para el alojamiento de equipos y accesorios, tipo interior.	UN	1
1.4	Suministro e instalación de Módulos solares fotovoltaicos monocristalinos 320 wp cada uno con las siguientes características: $\eta=19,37\% +5\%$ condiciones STC. Garantía de producción a 12 años del 90% y del 80% a 25 años, temperatura de trabajo de $-40^{\circ}\text{C} +80^{\circ}\text{C}$, IEC61205. Certificación de Conformidad de Producto Internacional incluye acometida subterránea 2X10 AWG en cable CENTELSA fotovoltaico tipo PV, 12 AWG	UN	4
1.5	Suministro e instalación de controlador de carga Victron Energy MPPT 100/50, 12/24 V, eficiencia del 98%. Incluye cables de conexión 6N° AWG + 8 AWG (T)	UN	1
1.6	Suministro e instalación de batería 250Ah/12V GEL Maxpower.	UN	6
1.7	Suministro e instalación de Inversor Phoenix VE. Direct Victron Energy DC/AC , 24/120 V, 1000w, f=60 Hz. Incluye cables de conexión 6N° AWG + 8 AWG (T)	UN	1
1.8	Suministro e instalación de tablero multibraker de 8 circuitos con espacio para totalizador. Incluye protección de 20 A	UN	1

9 Conclusiones

- Es muy importante tener claridad sobre la radiación solar disponible en el lugar de la instalación, puesto que es el punto de partida para el correcto dimensionamiento de los paneles y demás equipos que componen el sistema; así se garantiza el total abastecimiento de la demanda establecida.
- La implementación de las energías renovables, en especial la solar fotovoltaica en las zonas no interconectadas permite el mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes, así como el reemplazo por fuentes de energía basadas en combustible fósiles, lo cual permite la reducción de los impactos ambientales.
-
- En el dimensionamiento de los sistemas solares fotovoltaicos, se deben tener diferentes factores de seguridad, debido a las pérdidas que presentan los diferentes componentes del sistema. Dichos factores son definidos abiertamente a criterio del diseñador

Estas instalaciones requieren un mantenimiento periódico en el que se haga una limpieza general de los paneles, revisión de la operación de los equipos

entre otros, con el objetivo de garantizar el buen funcionamiento de la instalación.

-
- Todo proyecto eléctrico, debe tener en cuenta la importancia de la regulación y normatividad técnica existente y vigente para su desarrollo, ya que están dadas para el buen funcionamiento del sistema a implementar, basadas en criterios y estudios técnicos factibles realizados por personal y entidades competentes en el tema. En cuanto a la normativa para sistemas solares aislados en Colombia hay grandes vacíos técnico debido a la desactualización en el tema, por lo cual la elección y configuración de los sistemas aislados se hacen a criterio del diseño.

10 Referencias Bibliográficas

- [1] "Sector eléctrico en Colombia - Wikipedia, la enciclopedia libre." https://es.wikipedia.org/wiki/Sector_eléctrico_en_Colombia (accessed Aug. 01, 2020).
- [2] "ZONAS NO INTERCONECTADAS-ZNI Diagnóstico de la prestación del servicio de energía eléctrica 2017." Accessed: Aug. 01, 2020. [Online]. Available: www.superservicios.gov.co.
- [3] "FAUNA DARIÉN – Bocas del Atrato." <http://www.faunadarien.co/sitios-de-observacion/bocas-del-atrato/> (accessed Aug. 01, 2020).
- [4] Jorge Hernán Flórez Acosta, David Tobón Orozco, and Gustavo Adolfo Castillo Quintero, "Has the promotion of energy wolutions in non-interconnected zones in Colombia been effective?: an analysis of institutional structure." http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-35922009000100011 (accessed Aug. 01, 2020).
- [5] "Renovables no convencionales en el SIN." <https://www.xm.com.co/Paginas/Renovables/Renovables-no-convencionales-en-el-SIN.aspx> (accessed Aug. 01, 2020).
- [6] D. Alejandra, G. Suárez, J. Sebastián, and M. Salamanca, "ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN LA ZONA PREESCOLAR DEL COLEGIO AGUSTINIANO SUBA," 2017.
- [7] "Radiación, Irradiancia, Azimut y Hora sol Pico en Fotovoltaica." <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/energia-fotovoltaica-radiacion-geometria-recorrido-optico-irradiancia-y-hsp/> (accessed Aug. 01, 2020).
- [8] A. DE Caso En Valledupar, "ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO CON CONEXIÓN A RED DE 70 KW: MAESTRÍA INTERDISCIPLINARIA EN ENERGÍA."
- [9] S. M. Bitar S Fernando Chamas B and S. M. Bitar S Fernando Chamas B Director, "INDUSTRIAL DE COLOMBIA."
- [10] "ESTUDIO DE PRE FACTIBILIDAD."
- [11] "Equipos solares: Regulador (controlador) de carga." <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/equipos-solares-regulador-controlador-de-carga/> (accessed Aug. 01, 2020).

- [12] "Baterías solares. Tipos y funcionamiento - Energía solar fotovoltaica." <https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/elementos/baterias-solares> (accessed Aug. 01, 2020).
- [13] "¿Qué es y cómo funciona un Inversor solar? — TeknoSolar Community." <https://www.teknosolar.com/community/index.php?p=/discussion/14/que-es-y-como-funciona-un-inversor-solar> (accessed Aug. 01, 2020).
- [14] "ANEXO GENERAL DEL RETIE RESOLUCIÓN 9 0708 DE AGOSTO 30 DE 2013 CON SUS AJUSTES ANEXO GENERAL REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS (RETIE)."
- [15] I. Colombiano, D. N. Técnicas, Y. Certificación, and M. De, "NORMA TÉCNICA NTC COLOMBIANA 2050 CÓDIGO ELÉCTRICO COLOMBIANO ICONTEC E: COLOMBIAN ELECTRICAL CODE REPÚBLICA DE COLOMBIA," 1998.
- [16] "pANEL SOLAR CHEETAH 315-335 - Buscar con Google." <https://www.google.com/search?q=pANEL+SOLAR+CHEETAH+315-335&oq=pANEL+SOLAR+CHEETAH+315-335&aqs=chrome..69i57j1j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8> (accessed Jan. 18, 2021).
- [17] "INEL." <https://inelinc.com/ver-curso/dimensionamiento-de-sistemas-fotovoltaicos-off-grid-l029m/1842> (accessed Jan. 18, 2021).
- [18] "Bateria de 250Ah 12V GEL Maxpower | Solartex Colombia." <https://www.solartex.co/tienda/producto/bateria-de-250ah-12v-gel-maxpower/> (accessed Jan. 18, 2021).
- [19] "Controlador-VICTRON ENERGY-BlueSolar MPPT 100/50-Controlador de carga BlueSolar MPPT 100/50 - Suncolombia." <https://www.suncolombia.com/product/controlador-victron-energy-bluesolar-mppt-100-50-controlador-de-carga-bluesolar-mppt-100-50/> (accessed Jan. 18, 2021).
- [20] "Inversor-VICTRON ENERGY-Phoenix 24/800-120V NEMA 5-15R-Inversor Phoenix 800 VA - Suncolombia." <https://www.suncolombia.com/product/inversor-victron-energy-phoenix-24-800-120v-nema-5-15r-inversor-phoenix-800-va/> (accessed Jan. 18, 2021).
- [21] C. Fotovoltaicos, "Cables para el aprovechamiento de la energía solar." Accessed: Jan. 18, 2021. [Online]. Available: www.centelsa.com.co.
- [22] "Bocas Del Atrato - Google Maps." <https://www.google.com/maps/place/Bocas+Del+Atrato,+Turbo,+Antioquia/@8.0592972,-77.0029889,12.21z/data=!4m5!3m4!1s0x8e5042c5a398496f:0x71fc1a6ecad67470!8m2!3d8.08186!4d-76.85718> (accessed Jan. 18, 2021).
- [23] "Atlas Interactivo - Radiación IDEAM." <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html> (accessed Jan. 18, 2021).
- [24] "POWER Data Access Viewer." <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/> (accessed Jan. 18, 2021).
- [25] "Plan de Mejoramiento - Corregimiento Bocas del Atrato by Andrea Carolina Cortés Ochoa - issuu." https://issuu.com/andreacortes00/docs/protocolo_primera_parte_24novarreg (accessed Jan. 18, 2021).