



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA CONECTAR EL CIRCUITO DE RESPALDO Y SERVICIOS AUXILIARES DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE ENELAR ESP FORTUL-ARAUCA

Autor

OSCAR ALEXANDER MERCHÁN PEÑARANDA

Director

M.Sc. Ing. LUIS DAVID PABÓN FERNANDEZ

Master en controles industriales

Ingeniero Eléctrico

**PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA,
SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES**



SC



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



Dedicatoria

Este trabajo es dedicado a mis padres que con mucho esfuerzo han logrado darme la oportunidad de crecer profesionalmente e íntegramente, a ellos les dedico todos mis triunfos y éxitos, a mis padres toda mi gratitud por ser mi sostén y apoyo en mis momentos difíciles.



SC



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



Agradecimientos

Les agradezco a mis amigos, mis hermanos que siempre estuvieron apoyándome desde un principio, dándome voz de aliento para seguir cada día más adelante.

A mis profesores que hicieron parte mi formación como profesional que incansablemente recalcaron la honestidad, responsabilidad y puntualidad para ser un buen Ingeniero.

A todos ellos muchas gracias.



SC



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



Resumen

Este proyecto está basado en el diseño de un sistema fotovoltaico respaldado bajo cálculos teóricos que busca tener la capacidad necesaria para alimentar la subestación eléctrica del municipio de Fortul, con el fin de tener maniobrabilidad y comunicación en todo momento, buscando así una respuesta rápida y eficaz ante posibles eventos a la cual esta podría estar expuesta.

Este sistema busca proponerse como el sistema de respaldo principal de la subestación eléctrica siendo así este, el sistema más eficiente con el que quizá este pudiese contar. El diseño del sistema fotovoltaico se realiza en instalaciones de propiedad de la empresa ENELAR ESP, en donde realizo prácticas empresariales permitiendo así tener acceso al lugar e información necesaria para garantizar un buen diseño.

Palabras clave: fotovoltaica, off-Grid, Bateria, Regulador-inversor, sustentable, irradiancia, protecciones.

Abstract

This project is based on the design of a photovoltaic system supported by theoretical calculations that seeks to have the necessary capacity to feed the electrical substation of the municipality of Fortul, in order to have maneuverability and communication at all times, thus seeking a fast and effective response. before possible events to which it could be exposed.



SC



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



This system seeks to propose itself as the main backup system of the electrical substation, thus being the most efficient system that it might have. The design of the photovoltaic system is carried out in facilities owned by the company ENELAR ESP, where I carry out business practices, thus allowing access to the place and the necessary information to guarantee a good design.



SC



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



CONTENIDO

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	11
1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	11
2. OBJETIVOS	12
2.1. OBJETIVO GENERAL	12
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
2.3. ACOTACIONES	13
3. MARCO TEÓRICO	13
3.1. HISTORIA Y AVANCES DE LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA.	13
3.2. CONCEPTOS BÁSICOS	15
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	33
1. Descripción de la metodología empleada	33
1.1. Ubicación del lugar a realizar el diseño fotovoltaico	33
1.2. Carga o consumo de la subestación eléctrica (servicios generales, luminarias de patio y sistema de respaldo)	34
Con el fin de dar claridad al consumo que tiene la casa de subestación se realizó un cuadro gráfico de cargas, donde se puede ver evidenciado la totalidad de potencia necesaria para el diseño fotovoltaico.	34
1.3. Tipo de sistema	41
1.4. Angulo óptimo de inclinación	42
1.5. Determinación de la irradiación global diaria sobre la superficie del generador.	44



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL

Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



1.6.	Factor de irradiación	44
1.7.	Cálculo de potencia mínima del generador fotovoltaico	47
1.8.	Selección de modulo solar	48
2.	Sistema de acumulación	53
3.	Dimensionamiento del regulador de carga	56
3.1.	Parámetros eléctricos del regulador de carga	56
4.	Dimensionamiento del inversor	56
5.	Dimensionado de conductores del sistema FV	58
5.1.	Calculo por caída de tensión	59
6.	Dimensionadas protecciones del sistema FV	65
6.1.	Protecciones del generador	65
6.2.	Diodo de bypass	66
6.3.	Interruptor-Seccionador general del generador FV	67
6.4.	DPS	67
7.	Protecciones del sistema de acumulación	67
7.1.	Fusible	67
8.	Protección del inversor y circuitos de instalación	68
9.	Estructura metálica de soporte para los módulos solares	68
CAPÍTULO III. Resultados.		69
1.	Inventario de materiales	69
2.	Presupuesto del proyecto	71
3.	Impacto	73



SC



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL

Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



CAPÍTULO IV. Conclusiones.....	74
CAPÍTULO V. Referencias.....	75
CAPÍTULO VI. ANEXOS.....	78



SC



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



Tabla de Ilustraciones

ILUSTRACIÓN 1 SISTEMA FOTOVOLTAICO ON-GRID	15
ILUSTRACIÓN 2 SISTEMA FOTOVOLTAICO OFF-GRID.....	16
ILUSTRACIÓN 3 LATITUD.....	18
ILUSTRACIÓN 4 LONGITUD.....	18
ILUSTRACIÓN 5 MOVIMIENTO DE TRASLACIÓN.....	19
ILUSTRACIÓN 6 TIPOS DE RADIACIÓN	22
ILUSTRACIÓN 7 COMPONENTES DE RADIACIÓN	23
ILUSTRACIÓN 8 VALORES DE ALBEDO.....	24
ILUSTRACIÓN 9 ANGULO ACIMUT DEL MÓDULO FOTOVOLTAICO Y ORIENTACIÓN CON EL HEMISFERIO NORTE. FUENTE: ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA, E. C. FERNÁNDEZ [3].....	25
ILUSTRACIÓN 10 MÓDULO SOLAR A BASE DE ALGAS.....	26
ILUSTRACIÓN 11 TIPOS DE CÉLULAS FOTOVOLTAICAS	27
ILUSTRACIÓN 12 SÍMBOLO DE INVERSOR Y FILTRO DE ARMÓNICOS.....	28
ILUSTRACIÓN 13 REGULADOR DE CARGA	29
ILUSTRACIÓN 14 IMAGEN SATELITAL SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE FORTUL	33
ILUSTRACIÓN 15 PLACA CARACTERÍSTICA DE AIRE ACONDICIONADO.....	36
ILUSTRACIÓN 16 PLACA CARACTERÍSTICA TALADRO INDUSTRIAL	37
ILUSTRACIÓN 17 BANCO DE BATERÍAS Y REGULADOR DE CARGA	38
ILUSTRACIÓN 18 LUMINARIA DE 64W.	39
ILUSTRACIÓN 19 RACK DE COMUNICACIONES	39
ILUSTRACIÓN 20 PLACA CARACTERÍSTICA TV	40
ILUSTRACIÓN 21 TRANSFORMADOR DE 45KVA EN SECO QUE ALIMENTA EL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA SUBESTACIÓN.....	41
ILUSTRACIÓN 22 FACTOR DE PÉRDIDAS PARA PR RECOMENDADOS.	47
ILUSTRACIÓN 23 CARACTERÍSTICAS DEL MÓDULO SELECCIONADO	49
ILUSTRACIÓN 24 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA ACUMULADOR ESCOGIDO	55
ILUSTRACIÓN 25 REGULADOR DE CARGA E INVERSOR ELEGIDOS	57
ILUSTRACIÓN 26 TRAMOS DE LÍNEA EN UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO	58
ILUSTRACIÓN 27 FACTOR DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA.....	61
ILUSTRACIÓN 28 ESPECIFICACIONES FÍSICAS Y ELÉCTRICAS.....	62
ILUSTRACIÓN 29 FICHA TÉCNICA DEL CONDUCTOR ELEGIDO.....	64
ILUSTRACIÓN 30 DIODO BYPASS	66
ILUSTRACIÓN 31 ESTRUCTURA SOPORTE DE MÓDULOS SOLARES	68



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



Tabla de tablas

TABLA 1 CUADRO DE CARGAS CASA DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA.	35
TABLA 2 RANGO DE POTENCIAS PARA IDENTIFICAR EL TIPO DE SISTEMA A UTILIZAR	42
TABLA 3 IRRADIACIÓN SOLAR EN LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE FORTUL	42
TABLA 4 IRRADIACIÓN POR MES DURANTE UN AÑO	43
TABLA 5 DATOS SEGÚN LOS 3 TIPOS DE CUBIERTA	45
TABLA 6 DATOS DE IRRADIACIÓN ADQUIRIDOS	46
TABLA 7 POTENCIA MÍNIMA GENERADA POR EL MÓDULO EN CADA CASO	48
TABLA 8 RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS ECUACIONES 7 Y 8	50
TABLA 9 LONGITUDES EN TRAMOS DE LA INSTALACIÓN FV	59
TABLA 10 TRAMOS Y LONGITUDES DE LOS COMPONENTES FOTOVOLTAICOS	60



SC



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750

1
0



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

La energía solar ha sido catalogada como una de las energías con más auge y evolución tecnológica en los últimos años, lo cual se ha abierto paso a su incremento de instalación para diferentes usos, (agropecuarios, industriales, comerciales y domésticos).

El diseño busca analizar la viabilidad de este tipo de energía alternativa para ser tenido en cuenta como fuente de respaldo en caso de ausencia de energía de la red de distribución local, dejando así más preparada la subestación para afrontar fallas en el sistema.

Los cálculos partirán de la base de un aforo de carga que se realizó con el fin de conocer la potencia necesaria para suplir dicha energía en caso de fallas y dar consigo maniobrabilidad y comunicación en todo el sistema, también se tiene en cuenta la potencia de las luminarias del recinto, puesto que hay que generar una zona segura en horas nocturnas.

La implementación de este tipo de sistemas nace de la preocupación e implicación del ser humano para encontrar un modelo de energía sostenible que sea amigable con el medio ambiente y eficiente.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La subestación eléctrica cuenta con un banco de baterías [1] las cuales tienen la capacidad de suplir energía únicamente a los circuitos de relés de control y comunicación para tener maniobrabilidad en la subestación [2] una vez está presente ausencia de energía, pero su tiempo de uso no es muy prolongado debido a la descarga de las baterías, lo cual fue un problema cuando se presentó la falla por deslizamiento de terreno en Toledo N.S. en el mes de julio del año 2021 que afectó a la línea de transmisión de 230KV que comunica al Departamento de Arauca dejando a este por fuera de servicio por aproximadamente 15 días.



SC



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750

1
1



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



En este orden de ideas, el trabajo es realizado con el fin de diseñar un sistema fotovoltaico que provea de energía eléctrica constante no solo al sistema de control y comunicaciones, sino también a los servicios generales e iluminación de la subestación eléctrica, con lo cual dejaría preparado a esta para posibles fallas en un futuro y dando consigo un aporte ecológico e inicio a la entrada de energías renovables en la empresa de ENELAR ESP.

Cabe destacar que esta idea surge de la necesidad de brindar un sistema moderno, eficiente y amigable con el medio ambiente que permita tener una respuesta rápida y eficaz en cuanto a maniobrabilidad de la subestación. Por otro lado, al tener suficiente energía se busca alimentar al sistema de iluminación, lo que permite proveer una zona segura en horas nocturnas.

2. OBJETIVOS

2.1.OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema fotovoltaico que permita abastecer de energía eléctrica al sistema de respaldo y servicios auxiliares de la subestación de ENELAR ESP Fortul-Arauca.

2.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los parámetros de la carga alimentar en la subestación de ENELAR ESP Fortul-Arauca.
- Calcular el sistema de generador fotovoltaico que se requiere para abastecer la determinada carga.
- Diseñar el sistema fotovoltaico con todos sus componentes.
- Realizar análisis financiero para determinar la factibilidad del proyecto.



SC



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



2.3.ACOTACIONES

Este trabajo será sustentado con cálculos a realizarse en plataformas como EXCEL y con ayuda de dispositivos de medida como pinza amperimétrica y voltímetro, que por ende facilitará el aforo de cargas, tomando como referencia los horarios picos de consumo.

La empresa ENELAR ESP también brindará acceso a información y al establecimiento donde se encuentra ubicada la subestación con el fin de garantizar un buen trabajo.

3. MARCO TEÓRICO

3.1.HISTORIA Y AVANCES DE LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA.

La energía solar ha sido estudiada ya hace muchos años y cada vez que alguien se preguntaba cómo aprovechar este recurso energético generaba más dudas, dudas que permitieron dar como resultado conocer la energía solar como la conocemos hoy en día.

Tomaremos como punto de partida desde la primera célula de silicio en la cual se considera a Edmund Becquerel, físico francés que en 1839 descubrió el efecto fotovoltaico mientras experimentaba con un par de electrodos en una solución conductora donde se apreció el aumento de potencial con la exposición de la luz solar.

En 1873 Willoughby Smith descubre el efecto fotovoltaico sobre barras de selenio, la primera célula fotovoltaica fue producida por W.G Adams y RE Day en 1877.



SC



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



En 1904 Alberth Einstein publica un artículo sobre el efecto fotovoltaico que fue reconocido y ganador del premio Nobel en 1921. Los investigadores DM Chaplin, CS Fuller y GL Person de los laboratorios Bell en Murray Hill, New Jersey producen la primera célula de silicio. [3]

Durante los años 60, la energía fotovoltaica se empleó como tecnología principal para la alimentación de naves espaciales. El desarrollo de tecnologías y técnicas de producción hicieron que el precio de los módulos disminuyera; sin embargo, su uso era bastante reducido.

A inicios de los años 90 la energía fotovoltaica presento una reducción de precios y comienza a posicionarse entre las centrales de producción eléctrica, el autoconsumo empieza a verse viable en viviendas e industria.

A partir del año 2000 se posiciona como tecnología económicamente competitiva.

Para el año 2020 la cantidad de producción de energía acumulada llegó a cifras de alrededor de 760GW, también presentan novedades en la generación de coches eléctricos lo cual marca un precedente positivo y avanzado para la energía fotovoltaica. [3]

En Colombia según la UPME en el 2021 hay 99 proyectos fotovoltaicos viables capaces de generar 3.784GW [4]



SC



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750

3.2. CONCEPTOS BÁSICOS

3.2.1. Clasificación de la energía solar

3.2.1.1. Energía solar fotovoltaica

La energía procedente del Sol es conocida como energía solar fotovoltaica, esta es convertida en energía eléctrica de forma directa sin ninguna conversión intermedia, se produce mediante generadores fotovoltaicos las cuales están compuestos y conectados entre sí por unidades básicas denominadas células solares. Este conjunto de módulos fotovoltaicos se conoce como generador y es de superficie plana, la cual debe estar expuesta a la luz del Sol para producir energía eléctrica. La inclinación y orientación son fundamentales para tener una eficiencia energética. [6]

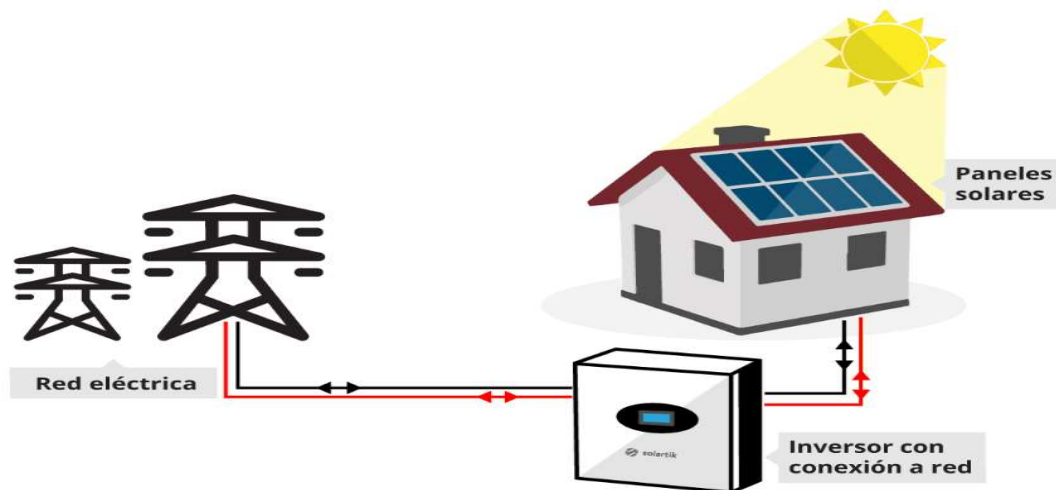


Ilustración 1 Sistema fotovoltaico On-Grid
Fuente: SOLARTIK, Sistema solar on-grid
[15]



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



3.2.1.1.1. Sistema fotovoltaico On-Grid

Este sistema es el más económico, debido a que en su configuración no utiliza baterías, puesto que la energía que producen los módulos solares es transformada de DC a AC mediante un inversor con la tensión y frecuencia requerida para ser inyectados directamente a la red, este sistema funciona en conjunto a la red de distribución local mediante un medidor bidireccional, la cual registra la energía producida y la energía consumida por el usuario. Su cuidado y mantenimientos son bajos en comparación a los otros sistemas. En cuanto a sus desventajas está que, al no tener un sistema de baterías como respaldo en el momento que falle la red local, el usuario no tendría energía para sí mismo. [5]



Ilustración 2 Sistema fotovoltaico Off-Grid
Fuente: SAASENERGYUEBLA. Sistema solar aislado
[16]



SC



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



3.2.1.1.2. Sistema fotovoltaico Off-Grid

Este sistema si requiere baterías para su funcionamiento, pues es un sistema autónomo la cual no está interconectado a la red local, su mantenimiento es más complejo y por ende es un sistema costoso. Este sistema capta la radiación solar mediante módulos y almacena la energía eléctrica producida en baterías para ser trasformada en alterna, aunque también se puede utilizar en directa si se desea. [5]

3.2.1.1.3. Sistema fotovoltaico hibrido

Este tipo de sistema combina los dos sistemas anteriores, consiste en estar conectados a la red y también tener un sistema de respaldo con el fin de garantizar el suministro continuo del fluido eléctrico aún en caso de falla de la red. Este sistema es el más costoso y su utilización es destinado a industrias. [5]

3.2.1.2. Energía solar térmica

Este tipo de energía aprovecha el sol para calentar un fluido convirtiendo la radiación en energía térmica, su tecnología más común es la utilización de espejos la cual concentran la luz del Sol en un solo punto, Teniendo como principio y ejemplo una lupa. [3]

3.2.2. Coordenadas y movimientos de la tierra

Mediante las coordenadas geográficas, latitud y longitud, podemos con precisión encontrar una posición cualquiera en la superficie terrestre. Se expresan en grados sexagesimales y se dan con referencia a la línea del Ecuador y el meridiano de Greenwich [6]

3.2.2.1. Latitud

La latitud se expresa como la posición de la distancia norte sur con respecto a la línea del Ecuador. Estos se presentan en valores absolutos que van desde 0° en la línea de Ecuador hasta 90° a los polos, Se define como positivo hacia el norte y negativo hacia el sur. [3]



SC



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750

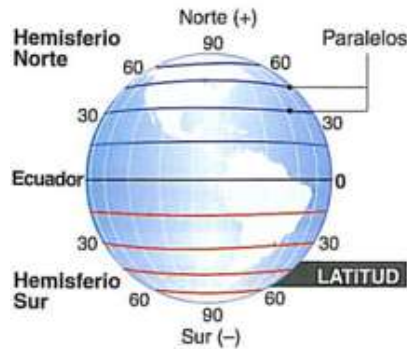


Ilustración 3 Latitud

Fuente: Instalaciones solares fotovoltaicas; A.C.O.-G. S Herranz [6]

3.2.2.2. Longitud

La longitud es expresada como la distancia este oeste con respecto al primer meridiano Greenwich. valores absolutos que van desde 0° en Greenwich hasta 180° , Tomando como positivo hacia el oeste y negativo hacia el este. [3]

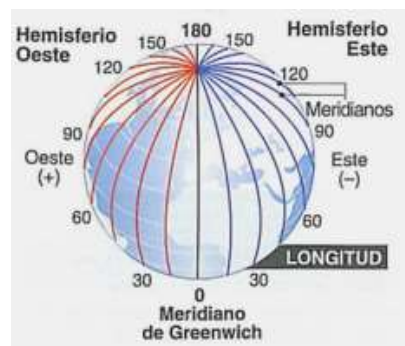


Ilustración 4 Longitud

Fuente: Instalaciones solares fotovoltaicas; A.C.O.-G. S Herranz [6]

3.2.2.3. Movimientos de la tierra

La tierra posee un movimiento de traslación Alrededor del Sol, la cual gira en sentido contrario a las agujas del reloj si este se observa desde el hemisferio norte, esto describe Una órbita ligeramente elíptica con el sol situando uno de los focos de la elipse con el centro de la misma. Esto conlleva a que la distancia media entre la tierra y el sol no sea constante, por ende, se aproxima 149.597.870 km.

El punto más alejado de la órbita de la tierra alrededor del Sol (1,017ua) Llamado afelio cómo se produce en torno al 4 de julio. El punto más cercano de la órbita del Sol está a (0,983ua) se llama perihelio, se produce cerca al 3 de enero.

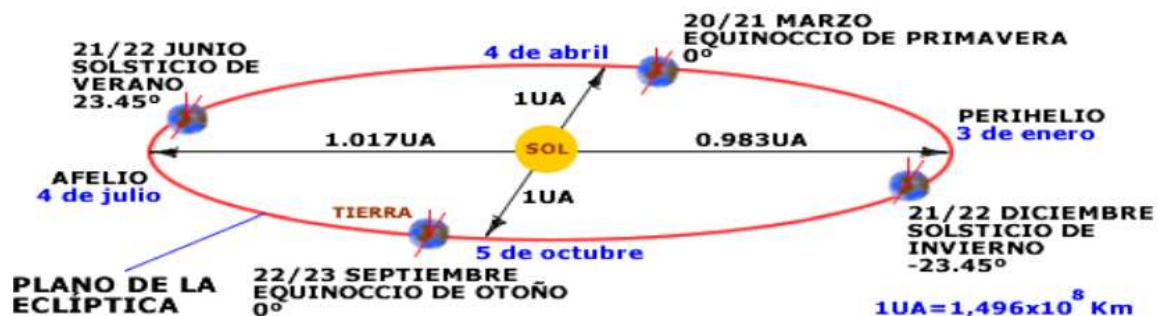


Ilustración 5 Movimiento de traslación
Fuente: Energía solar fotovoltaica, E. C. Fernández [7]
alrededor del sol

El año se determina como el tiempo que tarda la tierra en recorrer la órbita descrita, invirtiendo cada ciclo de traslación, la cual consiste en 365 días, 5 horas, 48 minutos y 46 segundos. Esto con pequeñas variaciones de un año a otro.

Un día dura aproximadamente 23 horas, 56 minutos y cuatro segundos, el sentido de rotación de la tierra es de Oeste a Este, como se deduce el hecho de que el sol sale por el Este y se pone por el Oeste. [6]



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



3.2.2.4. Declinación

El eje polar de la tierra no es perpendicular al plano de su órbita, la cual forma un ángulo de 23.45° con la perpendicular de dicha inclinación del eje polar, lo que provoca los cambios estacionales, las diferentes duraciones de las noches y días en verano e invierno, también hace que el sol esté más alto el mediodía en verano que en invierno. [6]

3.2.3. Coordenadas solares

El concepto de esfera celeste se utiliza para situar la posición del sol en el cielo, este sistema de representación nos muestra las posiciones del sol siguiendo una trayectoria dentro del plano de la eclíptica que forma un ángulo de $23,45^\circ$ con el ecuador de la esfera celeste. Esta recorre la eclíptica una vez al año y la esfera celeste una vez al día en torno a la tierra. [6]

3.2.3.1. Ángulo azimut

Ángulo formado entre la dirección como referencia, el norte y una línea entre el observador y un punto de interés previsto en el mismo plano de referencia. [3]

3.2.3.2. Ángulo altitud solar

Se define ángulo de altitud a la altura angular del sol en el cielo medido desde la horizontal. Teniendo valores de altura del Sol y el azimut podemos lograr entender la carta solar cilíndrica que, por ende, es un elemento muy usado para conocer la posición exacta del Sol a una determinada hora del día, Otro elemento que puede ser empleado para calcular la posición exacta del Sol es la carta solar estereográfica esta consiste en una semiesfera de la posición solar con respecto a nuestra localización. Considerando una latitud específica, eligiendo una fecha y hora determinada se puede obtener un ángulo solar y un azimut correspondiente. [4]



SC



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750

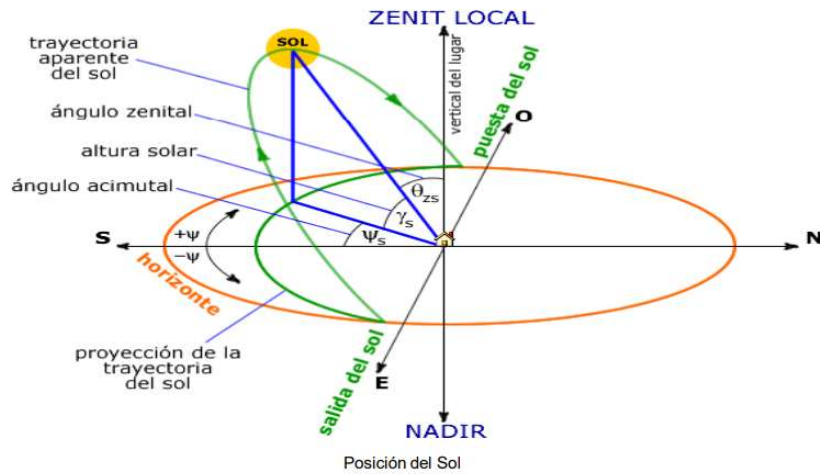


Ilustración 6 Altitud, acimut y distancia cenital
 Fuente: Energía solar fotovoltaica, E. C. Fernández [7]

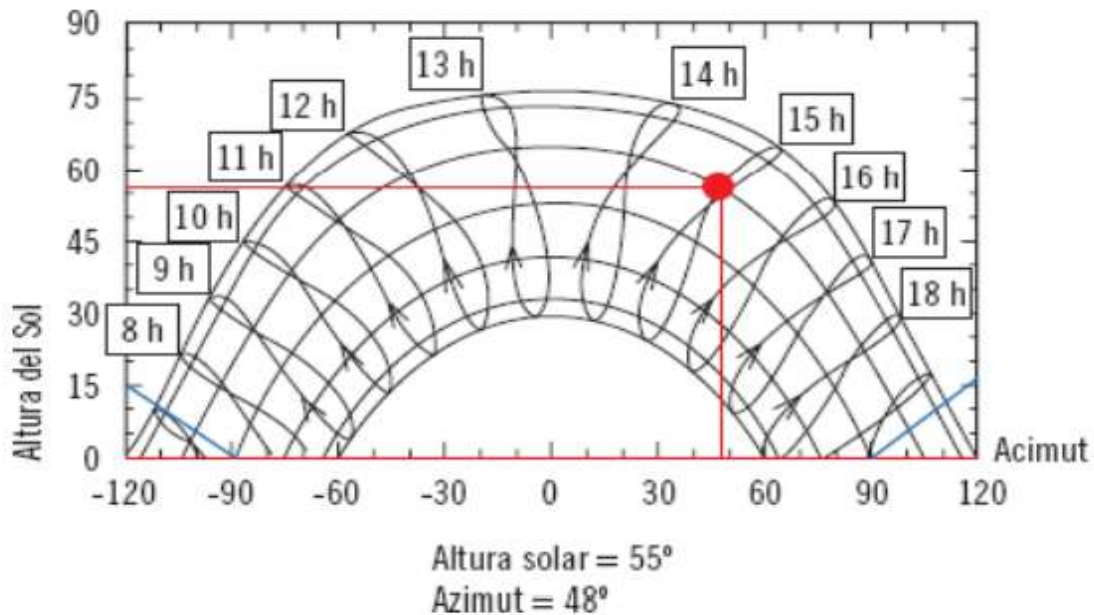


Ilustración 7 Carta Solar Cilíndrica
 Fuente: Instalaciones solares fotovoltaicas, A. C. O.-G. S. Herranz [6]

3.2.3.3. Angulo o distancia cenital

Hace referencia al ángulo formado por la proyección del sol sobre el plano del horizonte, puede tomar valores de 0 a 180 positivos en dirección oeste y de 0 a 180 negativos hacia el este. [7]

3.2.4. Irradiancia

Es un término usado para determinar la cantidad de energía captada por unidad de área la magnitud utilizada para describir la potencia incidente por superficie es kW/m^2 . [3]

3.2.5. Irradiación

Es la energía por unidad de superficie a lo largo del tiempo su unidad corresponde a los kWh/m^2 . [3]

3.2.6. Radiación

La radiación extraterrestre que procede del sol, se refleja al entrar a la atmósfera en presencia de las nubes, vapor de agua, entre otras, la cual es dispersada por las moléculas de agua, polvo, etc. Estos componentes hacen que se generen componentes de la radiación solar y se divide en tres componentes. [7]



Ilustración 6 Tipos de radiación

Fuente: Instalaciones solares fotovoltaicas, A. C. O.-G. S. Herranz [6]

3.2.6.1. Radiación directa (B)

Es formada por los rayos procedentes del sol directamente, no presenta ninguna dispersión en el ambiente es decir depende de nubosidad y de la estación del año. [7]

3.2.6.2. Radiación difusa (D)

Se origina por los efectos de dispersión como partículas de aire, nubes, vapor que supone un 10% en días soleados y en días nublados casi en su totalidad. [7]

3.2.6.3. Albedo (R)

Este efecto se presenta por la reflexión de la radiación que incide en montañas, lagos, edificios, suelos entre otros, depende de la naturaleza de estos elementos. Es también llamada radiación reflejada.

La suma de las tres componentes es llamada radiación global. [7]

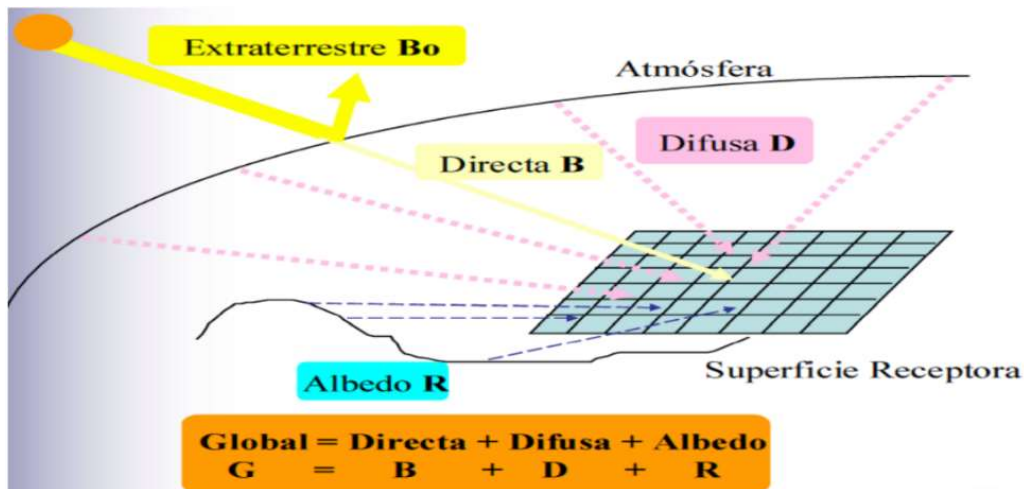


Ilustración 7 Componentes de radiación

Fuente: Energía solar fotovoltaica, E. C. Fernández [7]

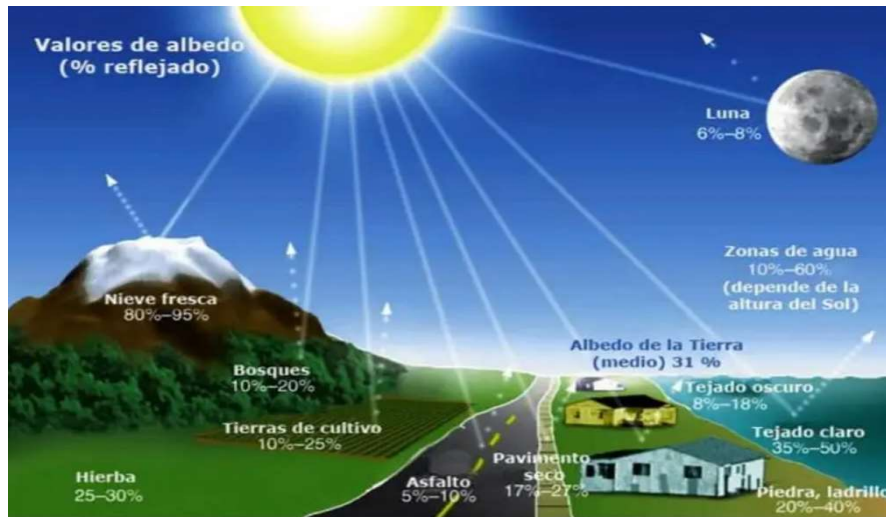


Ilustración 8 Valores de albedo

Fuente: <https://www.meteorologiaenred.com/albedo-de-la-tierra.html> [8]

3.2.7. Efecto fotovoltaico

El efecto fotovoltaico consiste en transformar la luz solar o radiación electromagnética producida por el sol en energía eléctrica por medio de células fotovoltaicas. El proceso se inicia en el instante en el que el fotón impacta con un electrón de la última orbita de un átomo de material semiconductor, como lo es en el caso más conocido el silicio, esta transferencia o cambio de nivel libera energía eléctrica. [9]

3.2.8. Orientación del generador

La orientación del generador fotovoltaico es muy importante, ya que buscamos la mejor eficiencia que este puede brindarnos, su orientación varía dependiendo el uso final de nuestra instalación, ya sea autónomo, conectado a la red o híbrido.

Este proceso se realiza luego de tener descritas las coordenadas que nos permiten situar el sol en el cielo. La orientación de un generador fotovoltaico es definida por coordenadas angulares que son similares a las utilizadas para definir la posición del sol.

Por una parte, tenemos el ángulo acimut (α) la cual se forma con la proyección sobre el plano horizontal de la perpendicular a la superficie del generador y la dirección sur que coincide con 0° , si es positivo hacia el oeste y negativo hacia el este, su valor máximo es de 90°

Consecuente al anterior tenemos el ángulo de inclinación (β) y es el ángulo que se forma con el plano horizontal y a superficie del generador con valores en 0° y 90° .

La superficie del generador recibe la máxima energía si este es perpendicular a la dirección del sol, como la posición del sol varía a lo largo del día, la posición optima de la superficie también tendrá que ser variable. [7]

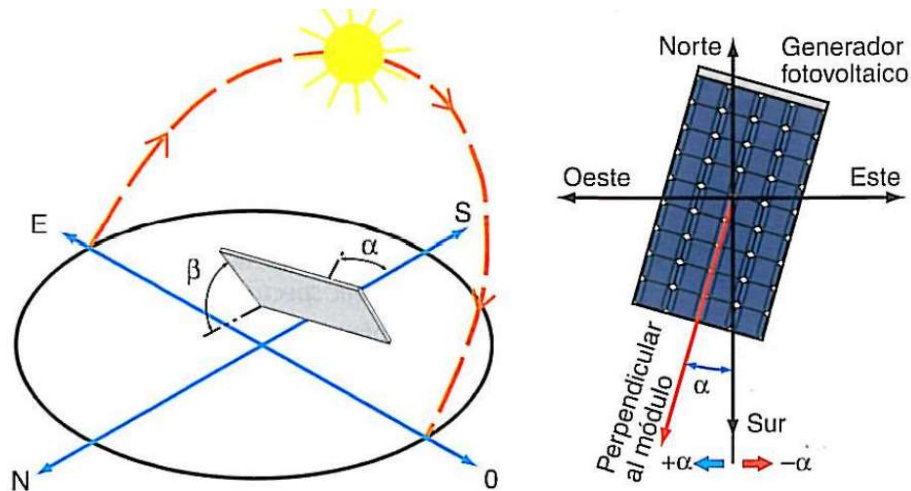


Ilustración 9 Ángulo acimut del módulo fotovoltaico y orientación con el hemisferio norte. Fuente: Energía solar fotovoltaica, E. C. Fernández [7]



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



3.2.9. Elementos principales de un sistema fotovoltaico

En esta sección hablaremos sobre los elementos a tener en cuenta o necesarios para realizar un sistema fotovoltaico en la cual nos enfocaremos en el sistema off-grid o autónoma ya que es la elegida para esta proyección.

3.2.9.1. Panel solar

Es el elemento más importante e indispensable ya que es el encargado de transformar la energía solar en eléctrica. La cantidad, tipo de modelo solar y conexión (paralelo-serie) depende del tipo de instalación o carga a alimentar. [10]

Hoy en día la tecnología en módulos solares ha avanzado y podemos encontrar módulos bifaciales, flexibles y hasta biodegradables como es el del joven mexicano Adán Ramírez Sánchez, biotécnico mexicano de 23 años quien creó estos módulos a base de algas.



Ilustración 10 Módulo solar a base de algas.

Fuente: Periódico el cambio; MEXICANO CREA PANELES SOLARES BIOLÓGICOS QUE PRODUCEN O₂ Y ELECTRICIDAD [17]



SC



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



3.2.9.1.1. Módulo fotovoltaico amorfo

Es un módulo con menor eficiencia alrededor del 13%, que funcionan con luz difusa o a altas temperaturas, su costo es muy bajo y su estructura es muy irregular. [10]

3.2.9.1.2. Módulo fotovoltaico mono cristalino

Son módulos de color azul oscuro o casi negro. Es formado por cristales de silicio mono cristalino orientados en la misma dirección, su eficiencia es la mejor con rendimientos de hasta 22%, su estructura es regular y el precio es el más costoso del mercado. [10]

3.2.9.1.3. Módulo fotovoltaico poli cristalino

Modelos azules con tonos cambiantes, las cuales está compuesto por cristales de silicio orientados de manera no uniforme. Su eficiencia está alrededor del 18%, su estructura es regular por zonas y su precio es el más asequible en cuanto a relación precio-beneficio. [10]



Ilustración 11 Tipos de células fotovoltaicas
Fuente: Energía solar fotovoltaica, E. C. Fernández [3]

3.2.9.2. Inversor solar

Este dispositivo electrónico es el encargado de cambiar el voltaje y la corriente continua como son entregados por los módulos o acumuladores de energía (baterías)

en alterna con parámetros adecuados de tensión y frecuencia. Los inversores pueden ser de dos tipos, para sistemas fotovoltaicos autónomos y sistemas conectados a la red.

Otras de sus funciones está el optimizar el rendimiento del solar mediante el seguimiento del punto de máxima potencia, realiza un seguimiento del funcionamiento de la instalación y protege el campo fotovoltaico en caso de sobre tensiones o cortacircuitos, por otra parte, uno de sus problemas o efectos producidos por el inversor es la inyección de armónicos los cuales pueden afectar a otros dispositivos cercanos, para reducirlos se es necesario tener un sistema de filtros. [6]

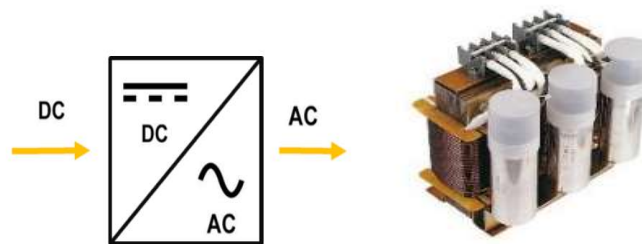


*Ilustración 12 Símbolo de inversor y filtro de armónicos
Fuente: Energía solar fotovoltaica, E. C. Fernández [7]*

3.2.9.3. Regulador de carga

Dispositivo encargado de regular la carga y descarga de las baterías, gestiona la alimentación de los módulos cortando la conexión cuando el límite es alcanzado, evitando así que se produzcan sobrecargas o descargas excesivas que disminuyen la vida útil de las baterías. [7]



Ilustración 13 Regulador de carga
Fuente: Energía solar fotovoltaica, E. C. Fernández [3]

3.2.9.4. Baterías

Las baterías o acumuladores son dispositivos electroquímicos capaces de almacenar energía entre sus celdas para ser usada posteriormente, el tamaño de las baterías es proporcional a la capacidad de almacenamiento.

Las baterías o acumuladores son necesarias en sistemas fotovoltaicos para almacenar la energía producida por los módulos solares, este es estrictamente necesario en sistemas off-Grid o de autoconsumo. La vida útil de las baterías depende de factores como carga y descarga, temperatura, etc. Su tiempo aproximado de vida útil es de 10 años.

3.2.9.4.1. Baterías de ácido-plomo para aplicaciones solares

Este tipo de baterías tiene sus celdas o compartimientos sumergidas en ácido sulfúrico, este tipo de baterías es el más utilizado en instalaciones aisladas gracias a su rendimiento y bajo costo. [11]

3.2.9.4.2. Baterías AGM

Las baterías AGM es una tecnología que permite a las placas de plomo una absorción rápida y eficiente del ácido, sus siglas significan absorption glass mat que traduce esfera de absorción en vidrio.



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



Este tipo de baterías no requieren mantenimiento, porque su sistema de sellado hace que su transporte sea más sencillo, así también soportan un mayor número de ciclos, lo cual lo hace recomendable para instalaciones de uso exigente. [11]

3.2.9.4.3. Baterías en gel

Este tipo de baterías se caracteriza por tener el electrolito gelificado y al estar sellada esta no produce gases lo cual las hace perfectas para ser usadas en lugares de poca ventilación, al ser selladas no es necesario hacerle mantenimiento, su eficacia en ciclos es alrededor de los 800 ciclos la cual se recomiendan para instalaciones medianas y pequeñas con eficacia extraordinaria. [11]

3.2.9.4.4. Baterías estacionarias

Las baterías estacionarias se caracterizan por estar constantemente cargadas al tener consigo un regulador que mantiene la batería en niveles óptimos, consiguiendo con esto una mayor autonomía y mayor vida útil. Es muy recomendada para cualquier configuración en instalaciones fotovoltaicas. [11]

3.2.9.4.5. Baterías de litio

Son las baterías de carga más rápida, no tiene efecto memoria por lo cual podría descargarse al 100% sin que fuese afectada excesivamente. Su peso y autonomía las hacen ser perfectas para ser utilizadas en sistemas fotovoltaicos del sector industrial. [11]

3.2.9.5. Elementos auxiliares

Los elementos auxiliares necesarios para nuestra instalación fotovoltaica consisten desde soportes en aluminio o acero, los cuales son los que mantienen a los módulos solares fijos y en determinado ángulo de inclinación, también encontramos cables especiales para instalaciones fotovoltaicas, protecciones del sistema como para el usuario, conectores especiales para módulos, transferencias, analizadores de energía entre otros. [3]



SC



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



3.2.10. Norma y regulaciones

En Colombia existen leyes que regulan y promueven el uso de las energías alternativas, que reglamentan la producción de energía eléctrica fotovoltaica y su conexión a las redes eléctricas públicas y normas, que son del alcance de este trabajo, que rigen las características técnicas y la calidad de las instalaciones solares fotovoltaicas (construcción, materiales, equipos etc.) [12] En la década pasada, el gobierno Nacional aprobó diferentes normas, como por ejemplo la ley 697 del 3 de octubre de 2001, sobre uso racional de energía, que define como propósito avanzar hacia la utilización de fuente renovables en pequeña escala y, particularmente, apoyar la investigación básica y aplicada para que, con el tiempo, se reduzcan costos y se amplíe la capacidad de energías como la eólica, solar, la geotérmica o la de biomasa.

También expidió la ley 788 del 27 de diciembre de 2002, que exime del impuesto de la renta a las ventas de energías con fuentes renovables, durante quince años, si se obtienen los certificados de reducción de emisiones de carbono previstos en el protocolo de Kioto, los cuales generan ingresos a los empresarios. No obstante, el 50% de estos ingresos tiene que destinarse a programas de beneficio social para gozar de la exención del impuesto. [13]

La ley más reciente promulgada por el congreso de la República fue la “ley No. 1715 de 2014”, por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional. Esta ley tiene como objetivo principal incentivar el uso y desarrollo de energías no convencionales, orientar las políticas públicas hacia este fin y estimular la inversión, e investigación sobre este tipo de energía. [12] Sin embargo, los conocedores sobre el tema de energía no convencionales coinciden en afirmar que la normatividad vigente, existen aún muchos vacíos que limitan el desarrollo y reconocen que estas nuevas tecnologías aún presentan altos costos, lo que los hace poco competitivos respecto a las alternativas convencionales. [13] El ICONTEC (Instituto Colombiano de Normas Técnicas) ha elaborado varias normas que aplican a al diseño y algunas especificaciones que se deben tener en cuenta en las instalaciones fotovoltaicas. Algunas de estas normas son:



SC



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



- Paneles Fotovoltaicos: NTC 2775 y NTC 1736, Indica las definiciones relacionadas con las instalaciones solares.

La norma IEC-61730 DE 2009, sobre seguridad en módulos fotovoltaicos. NTC 2050: Trata sobre las características y las especificaciones para las instalaciones solares fotovoltaicos.

- a. Paneles de silicio cristalino: norma NTC 2883 de 2006.
- b. Paneles fotovoltaicos de película delgada: norma NTC 5464 de 2010.
- c. Paneles en condiciones especiales: norma NTC 5512 de 2013. Baterías: NTC 2959 y NTC 5287, indica las características y especificaciones de las baterías usadas en instalaciones fotovoltaicas.

- Regulador de Carga Solar: Debe cumplir con la norma NTC 6016 de 2013, la cual se refiere a los requisitos de comportamiento y rendimiento de los controladores de carga de batería.

- Inversores: Para artefactos electrodomésticos y similares norma NTC 2183 de 2014 y NTC 5759 de 2010, que establecen pautas de medida y rendimiento de los acondicionadores de potencia usados en sistemas fotovoltaicos aislados y conectado de a la red eléctrica. [12]

El Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE), en la sección 20.22 Solo indica que todo lo relacionado con instalaciones eléctricas fotovoltaicas, deben consultarse en la norma NTC 2050 sección 690, o certificar que dichas instalaciones fueron realizadas con base a norma técnica internacional o de reconocimiento internacional y demostrarlo mediante certificado de conformidad de producto expedido por un organismo de certificación acreditado [14].

Actualmente, o próximamente, el RETIE anexara a sus normas, puntos o ítems que contenga las normas técnicas correspondiente a las instalaciones fotovoltaicas.



SC



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750

3
2



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

1. Descripción de la metodología empleada.

En este trabajo se busca plantear un diseño adecuado que permita suplir de energía a la subestación eléctrica del municipio de Fortul, con el fin de tener una mejor respuesta y eficiencia en la maniobrabilidad de este ante posibles fallos.

El diseño también busca tener al menos dos posibilidades de ubicación de los módulos solares con el fin de hacer una comparativa en potencia administrada, costos y eficiencia energética.

Con el fin de tener una base para realizar nuestro diseño, se es necesario determinar parámetros específicos o potencias a abastecer en equipos y demás cargas necesarias en la subestación eléctrica. Con estos parámetros ya claros se procede a los cálculos necesarios que soporten nuestros diseños adecuados para la instalación.

1.1. Ubicación del lugar a realizar el diseño fotovoltaico

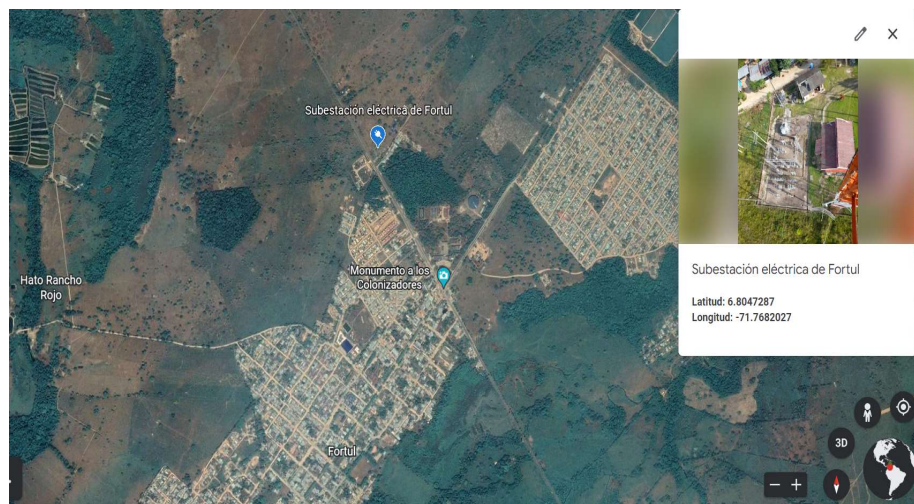


Ilustración 14 Imagen satelital subestación eléctrica de Fortul

Fuente: Google Earth



SC



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750

3
3



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



Sus coordenadas geográficas son las siguientes:

Latitud: 6.8047287 (6°48'18" N)

Longitud: -71.7682027 (71°46'12" W)

El proyecto de diseño fotovoltaico tendrá lugar en el departamento de Arauca, a las afueras del municipio de Fortul sobre la vía que conduce al municipio de Saravena, exactamente en instalaciones de la subestación eléctrica perteneciente a ENELAR ESP.

1.2.Carga o consumo de la subestación eléctrica (servicios generales, luminarias de patio y sistema de respaldo)

Con el fin de dar claridad al consumo que tiene la casa de subestación se realizó un cuadro gráfico de cargas, donde se puede ver evidenciado la totalidad de potencia necesaria para el diseño fotovoltaico.



SC



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



CIRCUITO	TENSIÓN (V)	POTENCIA (W)	CANTIDAD	POTENCIA TOTAL (W)	USO DIARIO (H)	POTENCIA CONSUMIDA EN EL DIA (W/H)
CASA 1						
Tomas común	120	170	8	1.360	6	8.160
Aire acondicionado	220	3.750	1			/
Iluminación	120	64	10	640	10	6.400
TV	120	68	1	68	10	680
CASA 2						
Tomas en común	120	170	7	1.190	3	3.570
Toma 220V	220		1	180	3	540
Iluminación	120	30	2	60	5	300
Taladro 1HP de 5/8"	120	746	1			/
TOTAL				3.498		19.650

Tabla 1 Cuadro de cargas casa de subestación eléctrica.

Fuente: Autor



SC



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en

Universidad de Pamplona
 Pamplona - Norte de Santander - Colombia
 Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750

Las cargas de aire acondicionado y motores no han sido tenidas en cuenta para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico, ya que esto haría que se utilicen más paneles y los espacios que se están manejando son reducidos, por ende, se mencionan más y no se tienen en cuenta su potencia.



*Ilustración 15 Placa característica de Aire acondicionado.
Fuente: Autor*

En la imagen mostrada en la ilustración 15 se puede evidenciar la carga que los aires acondicionados consumen, estos se usan en promedio de 10 horas al día, por motivos del intenso calor que se puede presentar en la zona, la casa 1 cuenta con 2 aires del mismo potencial lo que hace que no sea viable incluirlos para este proyecto.



Ilustración 16 Placa característica taladro industrial.
Fuente: Autor

La subestación eléctrica se encuentra equipada con un taladro industrial la cual facilita la modificación de algunas estructuras para ser instaladas en el sistema de distribución eléctrico, este taladro no se incluye en la potencia dominada en el diseño, porque hace que nuestro sistema no sea viable, puesto que su uso es muy ocasional y de alto consumo.



*Ilustración 17 Banco de baterías y regulador de carga.
 Fuente: Autor*

Este sistema de baterías visible en la ilustración 18 es el sistema de respaldo con el que cuenta la subestación, exclusivamente para tener maniobrabilidad en caso de ausencia de energía.

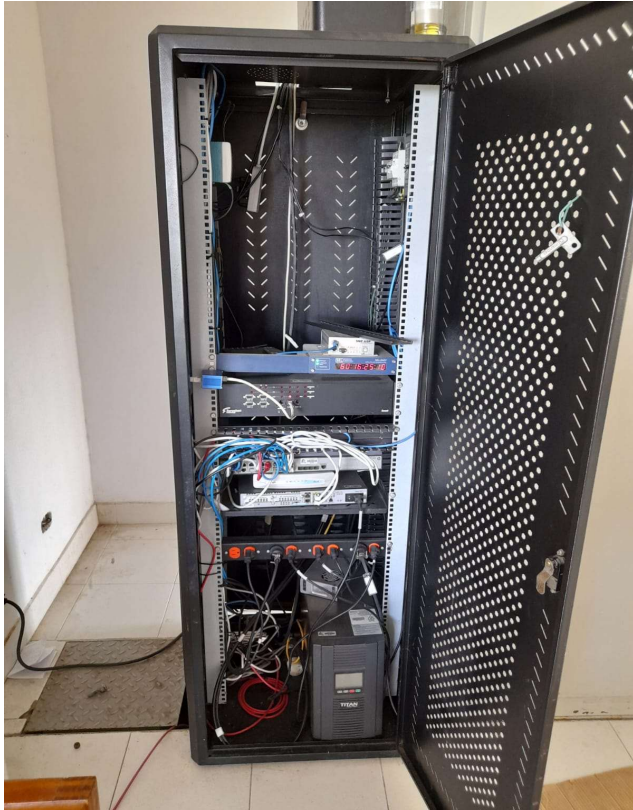


Ilustración 19 Rack de



Ilustración 18 Luminaria de 64W.

Fuente: Autor

En la ilustración 19 se muestra el “Rack” de comunicaciones lo que facilita la maniobrabilidad en la subestación, en la ilustración 18 se muestra el tipo de luminaria interna que cuenta la subestación la cual tiene una potencia de 64W y su uso está en promedio entre 10 y 12 horas.



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



*Ilustración 20 Placa característica TV.
Fuente: Autor*

Entre el equipamiento que tiene la subestación se encuentra un televisor que su uso depende de cada operario que se encuentre haciendo el turno, su uso promedio es de 10 horas.



SC



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



Ilustración 21 Transformador de 45KVA en seco que alimenta el sistema eléctrico de la subestación.

Fuente: Autor

La subestación supe su consumo de energía gracias a un transformador de 45kva en seco, lo cual es suficiente para alimentar todo el sistema, incluyendo 7 luminarias de 400W de basto.

1.3.Tipo de sistema

Para identificar el tipo de sistema a utilizar nos basaremos en la información de la tabla 4.2 que es observable en la página 132 del libro instalaciones solares fotovoltaicas de Castejón, donde se nos indica los rangos de potencia y la tensión nominal recomendada para cada caso, según la información de nuestro cuadro de cargas la cual la potencia total de nuestro sistema es de 3498W tendremos una tensión nominal de 120 o 300 V.



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



POTENCIA	TENSIÓN NOMINAL
$P \leq 800W$	12V
$800W < P \leq 1600W$	24V
$1600W < P \leq 3200W$	48V
$P > 3200W$	120V o 300V

Tabla 2 Rango de potencias para identificar el tipo de sistema a utilizar

Fuente: Instalaciones solares fotovoltaicas; A.C.O.-G.S Herranz [6]

En el libro tomado como guía para nuestros cálculos y diseños se encuentra un cuadro en donde se especifica el tipo de sistema a utilizar en nuestro diseño dependiendo de la potencia dimensionada en el cuadro de cargas o del consumo que se ve reflejado en la factura eléctrica.

1.4. Angulo óptimo de inclinación

Radiación solar en KWh/m ²												
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
4.5-5	4.5-5	4.5-5	4-4.5	4-4.5	4-4.5	4.5-5	4.5-5	4.5-5	4-4.5	4-4.5	4.5-5	4.291-4.791

Tabla 3 Irradiación solar en la Subestación eléctrica de Fortul

Fuente: Atlas interactivo Ideam [12]



SC



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en

Universidad de Pamplona
 Pamplona - Norte de Santander - Colombia
 Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750

	Irradiación horizontal global kWh/m ² /día	Irradiación difusa horizontal kWh/m ² /día	Temperatura °C	Velocidad del viento m/s	Turbidez Linke [-]	Humedad relativa %
Enero	4.85	2.25	27.7	2.10	4.991	67.3
Febrero	5.10	2.72	28.6	2.19	5.837	63.2
Marzo	4.87	2.81	28.9	2.10	6.365	64.2
Abril	5.11	2.82	27.5	1.69	6.633	75.7
Mayo	5.53	2.83	27.5	1.60	5.318	78.0
Junio	5.24	2.72	26.5	1.70	5.133	81.1
Julio	5.50	2.65	26.9	1.80	4.935	78.1
Agosto	5.07	2.90	27.3	1.71	5.272	77.3
Septiembre	5.37	2.89	27.4	1.50	5.212	78.0
Octubre	4.54	2.56	27.8	1.39	4.823	77.6
Noviembre	4.13	2.25	27.1	1.50	4.794	80.3
Diciembre	4.33	2.55	27.6	1.80	4.948	73.3
Año	4.97	2.66	27.6	1.8	5.355	74.5

Tabla 4 Irradiación por mes durante un año

Fuente: PVsyst

En las tablas 3 y 4 encontramos datos de irradiación para el lugar específico en donde se prevé el diseño, aquí se puede dar un análisis de la capacidad de energía obtenida dependiendo el mes en el que se encuentre

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69 * \emptyset$$

$\emptyset$ = Latitud del lugar

β_{opt} = Ángulo de inclinación óptimo

Ecuación 1 Ángulo de inclinación óptimo

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69 * 6,804787 = 8,4^{\circ}$$



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



Según la latitud obtenida del lugar en donde se dispone a realizar el diseño fotovoltaico nos da como resultado un ángulo de inclinación óptimo de 8,4° las cuales se tendrán en cuenta para la estructura donde portara la mayoría de módulos solares.

1.5. Determinación de la irradiación global diaria sobre la superficie del generador.

$$G_{dm}(\beta_{opt}) = \frac{G_{dm}(0)}{(1 - 4,46 * 10^{-4} * \beta_{opt} - 1,19 * 10^{-4} * \beta_{opt}^2)}$$

$G_{dm}(0)$ = Irradiación global para una superficie horizontal

Ecuación 2 Radiación global para una superficie horizontal

$$G_{dm}(\beta_{opt}) = \frac{\frac{4,13Kw}{m^2} * dia}{1 - 4,46 * 10^{-4} * (8,4) - 1,19 * 10^{-4} * (8,4)^2} = 4,18 \frac{Kw}{m^2} * dia$$

El valor de 4,13Kw/m² hace referencia al valor mínimo de irradiaría obtenido durante un año, valor obtenido de la tabla 4

1.6. Factor de irradiación

Para nuestro sistema fotovoltaico se prevé colocar paneles en las cubiertas de las construcciones existentes dentro de la subestación, por otro lado, la empresa de energía “Enelar” tiene pensado realizar una construcción en donde se podría persuadir para que se construya en la orientación e inclinación adecuada en donde podríamos instalar una mayor cantidad de módulos solares.



SC



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



Dicho esto, se presentan tabla con datos tomados en campo.

cubierta	α	β	β_{opt}	FI
1	65	32,7	8,4	0,78
2	--	11,6	8,4	0,99
3	--	8,4	8,4	1

Tabla 5 Datos según los 3 tipos de cubierta

Fuente: Autor

Para este diseño encontramos cubiertas con ángulo de inclinación $\leq 15^\circ$ y $15^\circ \leq \beta \leq 90^\circ$

Por lo tanto, se utilizarán las dos ecuaciones mostradas a continuación.

$$FI = 1 - [1,2 * 10^{-4} (\beta - \beta_{opt})^2 + 3,5 * 10^{-5} * \alpha^2]$$

Ecuación 3 Factor de irradiación Para ángulos de inclinación $15^\circ < \beta \leq 90^\circ$

$$FI = 1 - [1,2 * 10^{-4} (\beta - \beta_{opt})^2]$$

Ecuación 4 Factor de irradiación Para ángulos de inclinación $\beta \leq 15^\circ$

β = Inclinación real de la superficie ($^\circ$)

β_{opt} = Inclinación real de la superficie ($^\circ$)

α = Acimut de la superficie ($^\circ$)

$$FI = 1 - [1,2 * 10^4 (32,7 - 8,4)^2 + 3,5 * 10^{-5} * 65^2] = \mathbf{0.78}$$

$$FI = 1 - [1,2 * 10^4 (11,6 - 8,4)^2] = \mathbf{0.99}$$



SC



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en

Universidad de Pamplona
 Pamplona - Norte de Santander - Colombia
 Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



$$FI = 1 - [1.2 * 10^4(8.4 - 8.4)^2] = 1$$

$$Gdm(\alpha, \beta) = Gdm(\beta_{opt}) * FI * FS$$

Ecuación 5 irradiación obtenida para un plano inclinado y angula optimo

Gdm(β_{opt}) = Irradiación obtenida para un plano inclinado un angulo optimo.

FI = Factor de irradiación para la inclinación y orientación elegidas.

FS = Factor de sombreado.

En este caso de estudio no tenemos factor de sombra por lo que el valor de este será de 1

cubierta	α	β	β _{opt}	FI	Gdm(α,β)
1	65	327	8,4	0,78	3,26
2	-55	11,6	8,4	0,89	4,138
3	0	8,4	8,4	0,98	4,18

Tabla 6 Datos de irradiación adquiridos

Fuente: Autor



SC



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en

Universidad de Pamplona
 Pamplona - Norte de Santander - Colombia
 Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



1.7. Cálculo de potencia mínima del generador fotovoltaico

$$PG_{min} = \frac{W_d * G_{CEM}}{G_{dm}(\alpha, \beta) * PR}$$

Ecuación 6 potencia mínima generada

PG min: Potencia del generador (W).

GCEM: Irradiancia en condiciones CEM (Constante de valor 1.000 W/m²).

Wd: Consumo de energía diario (Wh).

G_{dm}(α, β): Valor medio mensual de irradiación diaria sobre la superficie del generador inclinada un ángulo β y orientada un acimut α (Wh/m²).

PR: Rendimiento energético de la instalación. Expresado en tanto por uno.

FACTOR DE PERDIDAS	VALOR
sistema con inversor	0,7
sistema con inversor, batería y regulador de carga	0,6
sistema con batería y regulador de carga (sin inversor)	0,7

Ilustración 22 factor de pérdidas para PR recomendados.

Fuente: Instalaciones solares fotovoltaicas; A.C.O.-G.S Herranz [6]



SC



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



Para efectos de nuestro diseño se planteará un sistema conjunto de inversores, baterías y regulador de carga, por ende, nuestro rendimiento energético de la instalación será de 0,6. A continuación se mostrará una tabla con los resultados obtenidos de potencia mínima generada para cada caso

cubierta	Wd	Gdm(α, β)	PR	PGmin
1	19650	3,26	0,6	10046,01
2		4,138		7914,45
3		4,18		7834,92

Tabla 7 potencia mínima generada por el modulo en cada caso

Fuente: Autor

1.8. Selección de modulo solar

En este diseño se plantea utilizar el módulo YS700M-66 mono cristalino de 700W de la marca YANGTZE SOLAR ya que queremos reducir la cantidad de módulos por temas de espacio disponible



SC



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



Model Type	YS660M-66	YS670M-66	YS680M-66	YS690M-66	YS700M-66
Rated Maximum Power at STC	660W	670W	680W	690W	700W
Maximum Power Voltage (Vmp)	38.38V	38.68V	38.98V	39.28V	39.58V
Maximum Power Current (Imp)	17.20A	17.33A	17.45A	17.57A	17.69A
Open Circuit Voltage (Voc)	45.55V	45.85V	46.15V	46.45V	46.75V
Short Circuit Current (Isc)	18.45A	18.54A	18.66A	18.79A	18.92A
Module Efficiency	21.1%	21.4%	21.7%	22.0%	22.3%
Working Conditions&Working Conditions					
Operating Temperature	-40℃~-+85℃				
Maximum System Voltage	DC 1000V(IEC) / 1500V(IEC)				
Maximum Series Fuse	25A				
Power Tolerance	0~-+5W				
Temperature Coefficient of Pmax	-0.35%/℃				
Temperature Coefficient of Voc	-0.29%/℃				
Temperature Coefficient of Isc	+0.048%/℃				
STC(Standard Testing Conditions): Irradiance 1000W/m2 , Cell Temperature 25 ℃, Spectra at AM1.5					
NOCT (Nominal Operating Cell Temperature): Irradiance 800W/m2 , Ambient Temperature 20 ℃, Spectra at AM1.5, Wind at 1 m/s					
No. de Modelo.	YS700M-66	Material		Silicio Monocristalino	
Frame	Anodized Aluminium Alloy	Junction Box		IP68 Waterproof	
Solar Cell	Mono 210X83mm Cell	Front Cover		3.2mm High Transmission Low Iron Tempered Glass	
Size	2400*1303*35mm	Connector		Mc4 Compatible Connector	
Backsheet Color	White or Black or Transparent	OEM Order		Acceptable	
Frame Color	Silvery or Black	Weight		36kg	
Paquete de Transporte	2PCS/Cartron, 31PCS/Pallet	Especificación		700W	
Marca Comercial	Yangtze Solar	Origen		China	
Código del HS	8541402000	Capacidad de Producción		12000 Pieces /Week	
Mechanical Characteristics					
Cell Type	210mm Mono PERC				
No. of cells	132 (6×22)				
Dimensions	2400×1303×35 mm (94.49×51.3×1.18 inch)				
Weight	36kg (79.4 lbs)				
Front Glass	3.2mm,Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass				
Frame	Anodized Aluminium Alloy				
Junction Box	IP68 Rated				
Output Cables	TUV 1×4.0mm²				
	(+) : 290mm , (-) : 145mm or Customized Length				

Ilustración 23 Características del módulo seleccionado
Fuente: Made-in-china (Modulo solar YANGTZE SOLAR 700w) [21]

1.8.1. Configuración y cantidad de los módulos solares

Para realizar el cálculo de la cantidad de módulos necesarios para nuestra instalación fotovoltaica nos basamos en la siguiente ecuación:

$$N_{\text{paneles}} = \frac{P_{G\min}}{P_{\text{panel}}}$$

Ecuación 7 Calculo para determinar número de módulos



SC

"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en

Universidad de Pamplona
 Pamplona - Norte de Santander - Colombia
 Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



PG min: Potencia Mínima del generador (W).

Ppanel = Potencia de un panel solar(W).

$$PGmin \leq PGenerada \leq 1,2 * PGmin$$

Ecuación 8 Ecuación de confiabilidad

Para asegurarse de no sobredimensionar los módulos se aplica la ecuación 8, la cual buscamos que los valores de potencia mínima generada no superen un porcentaje del 20%, con lo cual aseguraremos el funcionamiento óptimo del sistema. A continuación, se muestran resultados de la aplicación de estas ecuaciones.

cubierta	potencia modulo (W)	# de módulos aprox.	PGmin ≤	PGenerada	≤1,2*PGmin
1	700	14	10046,0 1	9800	12055,212
2		11	7914,45	7700	9497,34
3		12	7834,92	8400	9401,904

Tabla 8 Resultados obtenidos de las ecuaciones 7 y 8

Fuente: Autor



SC



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en

Universidad de Pamplona
 Pamplona - Norte de Santander - Colombia
 Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



Debido al peso y la cantidad de módulos solares se descarta la cubierta número 1 y 2, ya que no cumple con las medidas y las condiciones para soportar la carga que estos módulos añadirían, por ende, trabajaremos con la cubierta 3 la cual está por construirse en la subestación y sus diseños pueden acoplarse a nuestro proyecto.

1.8.1.1. Configuración

A continuación, se presenta la configuración de conexión de módulos para nuestro sistema fotovoltaico, la cual consiste en **4** en paralelo y **3** en serie.

Ya con la configuración definida procedemos a calcular la potencia máxima generada, tensión de circuito abierto, tensión máxima, intensidad de cortocircuito e intensidad máxima del generador en donde tendremos en cuenta la conexión entre módulos y valores de las características del módulo como lo muestran las siguientes ecuaciones.

$$PG_{max} = P_{max} * N_p * N_s$$

Ecuación 9 Potencia Max. del generador

$$PG_{max} = \text{Potencia máxima del generador (W)}$$

$$N_s = \text{Número de ramales conectados en serie.}$$

$$N_p = \text{Número de ramales conectados en paralelo.}$$

$$P_{max} = \text{Potencia máxima del módulo (W)}$$

$$PG_{max} = 8400 * 3 * 4 = 100800 \text{ W}$$

$$VG_{oc} = N_s * V_{oc}$$



SC



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



Ecuación 10 Tensión de circuito abierto del generador

V_{Goc} = Tensión de circuito abierto del generador

V_{oc} = Tensión de circuito abierto del módulo.

$$V_{Goc} = 3 * 46,75V = 140,25 V$$

$$V_{Gmp} = N_s * V_{mp}$$

Ecuación 11 Tensión máxima del generador

V_{Gmp} = Tensión máxima del generador

V_{mp} = Tensión máxima del módulo.

$$V_{Gmp} = 3 * 39,58 = 118,74 V$$

$$I_{Gsc} = N_p * I_{sc}$$

Ecuación 12 Intensidad de corto circuito del generador

I_{Gsc} = Intensidad de cortocircuito del generador(A)

I_{sc} = Intensidad de cortocircuito del módulo(A)

$$I_{Gsc} = 4 * 18,92 = 75,68A$$

$$I_{Gmp} = N_p * I_{mp}$$

Ecuación 13 Intensidad máxima del generador



SC



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



I_{Gmp} = Intensidad máxima del generador (A)

I_{mp} = Intensidad máxima del módulo (A)

$$I_{Gmp} = 4 * 17,69 = 70,76A$$

Los valores anteriormente hallados son necesarios para continuar con el proceso en el cual procederemos a identificar el tipo de sistema de acumulación, inversor y regulador de carga.

2. Sistema de acumulación

$$Q_d = \frac{W_d}{V_n}$$

Ecuación 14 consumo medio diario

Q_d = Consumo medio diario (Ah/día).

W_d = Energía media diaria (Wh/día).

V_n = Tensión nominal del sistema de acumulación (V)

$$Q_d = \frac{19650}{120} = 163,75Ah/día$$

$$C_n = \frac{Q_d * A}{PD_{max} * n_{inv} * n_{rb}}$$



SC



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



C_n = Capacidad de la batería de acumuladores para descargar en 20 horas (Ah).

Q_d = Consumo medio diario (Ah/día).

A = Días de autonomía del sistema (días).

$PD_{m\acute{a}x}$ = Profundidad de descarga máxima. En tanto por uno

η_{inv} = Rendimiento del inversor. En tanto por uno.

η_{rb} = Rendimiento del conjunto batería y regulador de carga. En tanto por uno.

$$C_n = \frac{\frac{163,75Ah}{d\acute{a}a} * 1d\acute{a}a}{0,8 * 0,85} = 240,8 \approx \mathbf{250Ah}$$

$$C_n < 25 * IG_{sc}$$

$$25 * IG_{sc} = 25 * 75,68 = \mathbf{1892}$$

$$\mathbf{250 < 1892}$$

$$N_{bs} = \frac{V_n}{V_b}$$

Ecuación 15 cálculo para número de baterías a utilizar

V_{bs} = Numero de baterías en serie.

V_b = Tensión de la batería seleccionada(v).

$$N_{bs} = \frac{120V}{12V} = \mathbf{10}$$



SC



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



TECHNICAL SPECIFICATIONS

Nominal Voltage (V)	12 (6 cells per unit)
Designed Floating Life (25°C)	12 Years
Nominal Capacity (25°C)	250 Ah @ 10HR-rate (to 1.80Vpc)
Dimension (mm)	L525mm x W267mm x H228mm
Approx. Weight	68 kg (149.9 lbs)
Terminal Type	F-M8 or cable (torque: 10~12N.m for F-M8)
Internal Resistance	< 0.0026 Ohm (fully charged @ 20°C)
Max. Charge Current	62.5A
Max. Discharge Current (5S)	1800 A
Short Circuit Current	4600 A
Self Discharge	Approx. 2.5% per month @ 20°C
Ambient Temperature	Discharge: -40~60°C Charge: -20~55°C Storage: -25~45°C
Float Charge Voltage	13.5-13.62V/block @25°C (-3mV/ cell/°C)
Equalize and cycle Use Charge Voltage	14.1-14.4V/block @25°C
Container Material	ABS (UL94-V0 optional)

Ilustración 24 Características del sistema acumulador escogido
Fuente: MERCADO LIBRE" [25]

Según los cálculos realizados que se usan como referencia para elegir en este caso las baterías tenemos en la ilustración 24 las características del sistema acumulador escogido para este caso.



SC



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



3. Dimensionamiento del regulador de carga

3.1. Parámetros eléctricos del regulador de carga

Los parámetros que se han tenido en cuenta son:

- **Tensión nominal**

$$V_{nr} = V_n = 120V$$

- **Intensidad nominal**

$$I_r = 1,25 * I_{Gsc} = (1,25 * 56,76A) = 70,95A$$

- **Tensión máxima de entrada**

$$V_{Maxr} = V_{Goc} = 140,25V$$

Ya que tenemos claro estos valores buscamos un regulador adecuado, recordemos que para nuestro sistema es indispensable que el regulador debe incluir el seguidor MPP para adaptar el nivel de tensión del generador al nivel necesario en la regulación de carga de la batería.

4. Dimensionamiento del inversor

Los parámetros a tener en cuenta a la hora de elegir un inversor son:

- **Tensión nominal**

$$V_i = V_n = 120V$$

- **Potencia nominal**

$$P_{nI} = P_{pico} = 3498W$$

- **Potencia máxima**

$$P_{maxI} = 1,5 * P_{nI} = 5247W$$



SC



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750

MUST®

Low Frequency Split Phase Solar Inverter



PV3300 TLV Series (1KW-6KW)

Features

- Pure sine wave output, split phase HOT1+ N + HOT2 available, 120VAC/220VAC
- Built-in MPPT solar charge controller 80A
- MFD (multi-function display) & Friendly user interface
- 3 Steps optimizing charge for battery pack
- Overload and short-circuit protection
- Settable: charging/charging current, utility/Battery priority, utility input wide/narrow range
- Inverter voltage can be set to 100V/110V/120V
- Inverter frequency can be set to 50/60Hz

MODEL		PV33-1012 TLV	PV33-1024 TLV	PV33-1512 TLV	PV33-1524 TLV	PV33-2012 TLV	PV33-2024 TLV	PV33-3024 TLV	PV33-3048 TLV	PV33-4024 TLV	PV33-4048 TLV	PV33-5048 TLV	PV33-6048 TLV	
Inverter Output	Rated power	1KW		1.5KW		2KW		3KW		4KW		5KW	6KW	
	Power factor	1												
	Wave form	Pure sine wave / Same as input wave form (bypass mode)												
	Output voltage RMS	110V / 120VAC (220V / 230V / 240VAC)												
	Output frequency	50Hz or 60Hz (±0.3Hz) (can be set)												
	Overload protection Output short circuit	Breraker + software protection												
	Inverter efficiency (peak)	>80%												
	Overload	100%<Load<110% (alarm 5min then stop output) / 110%<Load<125% (alarm 60s then stop output) / Load > 125% (alarm 10s then stop output)												
	Surge rating	3000VA		4500VA		6000VA		9000VA		12000VA		15000VA	18000VA	
Capable of starting electric motor	1P		1P		1.5P		1.5P		2P		3P			
Battery	Battery voltage	12VDC/24VDC						24VDC/48VDC						48VDC
	Minimum start voltage	11VDC/22VDC/44VDC												
	Low battery voltage cut off	(Low voltage fault code04)10/10.5/11V for 12V mode (*2 for 24VDC / *4 for 48VDC)												
	Low battery voltage alarm	Add 0.5V / battery:(Low battery alarm one second one time) (10/10.5/11V)+0.5VDC for 12V mode (*2 for 24VDC / *4 for 48VDC)												
	High battery voltage alarm	Add 1V/battery:(High battery one second one time /after 30s fault 03) (13.8-14.5V)+1V for 12V mode (*2 for 24VDC/*4 for 48VDC)												
AC Input Mode	Save mode	Loads ≤ 40W (110V) / 80W (220V)												
	Input waveform	Pure sine wave												
	Nominal input voltage	220Vac / 230Vac / 240Vac												
	Max input voltage	270Vac MAX												
	Input frequency	50Hz / 60Hz (auto sensing)												
Solar Charger	Efficiency (AC mode)	>95% (load, full battery)												
	Transfer time AC to DC	15ms(max)												
	Maximum PV Array Power	1250W	2500W	1250W	2500W	1250W	2500W	2500W	5000W	2500W	5000W	5000W	5000W	
	Maximum PV Charge Current	80A												
	DC Voltage	12V/24V						24V/48V				24V/48V		
	MPPT Range @ Operating Voltage	16~95VDC @ 12V / 30~130VDC @ 24V						30~130VDC @ 24V / 60~130VDC @48V				60~130VDC @48V		
	Maximum PV Array Open Circuit Voltage	100±2Vdc/145±2Vdc						145±2Vdc				145±2Vdc		
	Maximum Efficiency	>98%												
	Standby Power Consumption	<2W												
Charge Mode	Boost voltage	14.1V(Default) Range of adjustment 13.8-14.5V / *2 for 24VDC / *4 for 48VDC (Regulation step 0.1V)												
	Float voltage	13.5V(Default) Range of adjustment 13.5-13.7V / *2 for 24VDC / *4 for 48VDC (Regulation step 0.1V)												
	12V	30A		45A		60A		\		\		\	\	
	24V	20A		25A		30A		40A		60A		\	\	
	48V	\		\		\		20A		30A		35A 40A		
Dimensions		Min charge current 10A. Change by every 5A												
	Dimensions (W*H*D)	277*196*466mm						277*186*621mm						
	Ship Dimensions (W*H*D)	376*306*592mm						376*296*747mm						
	Warranty	One year (standard), 2 years optional (IP20)												

Ilustración 25 regulador de carga e inversor elegidos

Fuente: Integra solutions [22]

En esta ocasión contamos con sistema denominado todo en uno en donde el inversor lleva consigo un regulador de carga, por lo tanto, hace que se optimice la instalación y el precio puede ser más asequible que adquirirlos por separados, la referencia del dispositivo elegido es pv300 TLV series (1kw-6kw) marca must.

5. Dimensionado de conductores del sistema FV

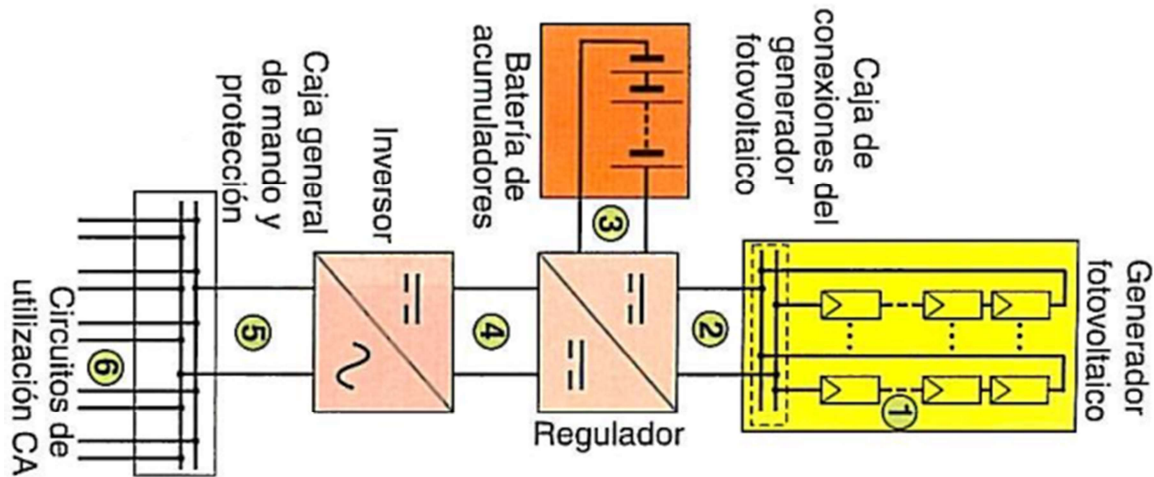


Ilustración 26 Tramos de línea en un sistema fotovoltaico aislado
 Fuente: Instalaciones solares fotovoltaicas, A. C. O.-G. S. Herranz [6]

En el dimensionado de conductores es de gran importancia tener las distancias que hay entre sí de cada uno de los dispositivos que conforman el sistema fotovoltaico, dicho lo anterior se muestra la siguiente tabla con la información necesaria para estos cálculos:

Tramo	Longitud [m]
1	1
2	7
3	3
4	1
5	7

Tabla 9 Longitudes en tramos de la instalación FV

Fuente: Autor

5.1. Cálculo por caída de tensión

$$S = \frac{200 * L * I}{\Delta U\% * Vn * Y}$$

Ecuación 16 Cálculo para caída de tensión

S = Sección transversal del conductor (mm²).

L = Longitud del conductor (m).

ΔU% = Caída de tensión permitida (%).

Vn = Tensión del sistema (v).

I = Corriente máxima que atraviesa el conductor o corriente de cortocircuito de los paneles solares (A).

*Y = Conductividad del conductor. En este caso se utilizara cobre y su conductividad es de 45 s * m mm² (Conductividad a 90°C).*



Para que se cumpla la condición de máxima caída de tensión en horarios nocturnos o de baja insolación los tramos 1,2,4 y 5 tendrán el factor de 1,5% y para el tramo 3 será la suma de las caídas de tensión en los tramos 1 y 2.

Dicho esto, la distancia total en los tramos 1,2,4 y 5 son:

$$LT=(L1+L2+L4+L5) = \mathbf{16m}$$

La caída de tensión por unidad viene siendo expresada así:

$$\Delta Vu = \frac{\Delta U\%}{LT}$$

Ecuación 17 caída de tensión por unidad

$$\Delta Vu = \frac{1.5}{16} = \mathbf{0,0937 \frac{\%}{m}}$$

El reparto de las caídas de tensión es determinado con la ecuación N° 18 y sus resultados serán mostrados en la siguiente tabla.

$$\Delta V\%n = \Delta Vu * L$$

Ecuación 18 Reparto de las caídas de tensión

Tramo	Longitud [m]	ΔVu (%/m)	$\Delta V\%n$
1	1	0,0937	0,0937
2	7		0,6559
3	3		0,7496
4	1		0,0937
5	7		0,6559

Tabla 10 Tramos y longitudes de los componentes fotovoltaicos

Fuente: Autor



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



5.1.1. Cálculo por calentamiento

Temperatura ambiente °C	Temperatura nominal de los conductores			
	60 °C	75 °C	90 °C	105 °C
30	1,00	1,00	1,00	1,00
31-35	0,91	0,94	0,96	0,97
36-40	0,82	0,88	0,91	0,93
41-45	0,71	0,82	0,87	0,89
46-50	0,58	0,75	0,82	0,86
51-55	0,41	0,67	0,76	0,82
56-60	—	0,58	0,71	0,77
61-70	—	0,33	0,58	0,68
71-80	—	-	0,41	0,58

Ilustración 27 Factor de Corrección por temperatura

Fuente: NTC 2050

esta tabla disponible en la NTC 2050 la cual nos indica el factor de corrección por temperatura en diferentes panoramas será el parámetro guía para la determinación del conductor adecuado.



SC

"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en

Universidad de Pamplona
 Pamplona - Norte de Santander - Colombia
 Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750

5.1.2. Cálculo del cableado en corriente continua

EXZHELLENT SOLAR ZZ-F 1,8Kv DC Libre de halógenos es el conductor elegido para nuestros tramos 1,2,3 y 4 en donde se muestra en la tabla a continuación especificaciones técnicas.

Código de General Cable	Sección (mm ²)	Diámetro nominal exterior (mm)	Peso nominal (kg/km)	Radio mínimo de curvatura (mm)	Intensidad máx. admisible al aire 60 °C * (A)	Caída de tensión DC system (V/A.km)
1614107	1x2,5	4,8	45	20	41	22,9
1619108	1x4	6,0	65	25	55	14,2
1619109	1x6	6,6	85	25	70	9,45
1619110	1x10	8,0	135	35	96	5,43
1614111	1x16	8,5	195	35	132	3,46
1614112	1x25	10,2	290	45	176	2,22
1614113	1x35	11,5	390	50	218	1,57
1614114	1x50	13,7	550	55	267	1,10
1614115	1x70	15,2	750	65	332	0,772
1614116	1x95	17,1	970	70	397	0,585
1614117	1x120	19,1	1.215	80	471	0,457
1614118	1x150	21,2	1.525	85	541	0,368
1614119	1x185	23,1	1.830	95	615	0,301
1614120	1x240	26,7	2.415	135	745	0,228
1614121	1x300	29,8	3.045	150	857	0,182

Ilustración 28 Especificaciones físicas y eléctricas

Fuente: EXZHELLENT Solar. [13]

5.1.3. Conexión de los módulos en serie de cada cadena a la caja de conexiones del generador

Para el tramo 1 la corriente a considerar será la intensidad de corto circuito del módulo fotovoltaico en condiciones CEM multiplicado por un factor del 1,25

$$I_{sc} = 1,25 * 18,92 = 23,65A$$



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



$$S = \frac{200 * L * I_{sc}}{\Delta U \% * V_n * Y} = \frac{200 * 1m * (1,25 * 18,92)}{0,0937 * 120V * 45 \frac{m}{mm^2}} = \mathbf{9,34mm^2}$$

Se calcula la intensidad con el factor de corrección de 0,89

$$I = \frac{23,65}{0,89} = \mathbf{26,67A}$$

La sección normalizada por la tabla de conductores para este caso es de 10mm² donde la corriente máxima permisible es de 96A lo cual cumple por calentamiento.

5.1.4. *Conexión de la caja de conexiones del generador al regulador de carga*

Para el tramo 2 se utilizará la intensidad de corto circuito del generador en condiciones CEM multiplicado por el factor de 1,25.

$$IG_{sc}(1,25) = 94,6A \quad L=7m$$

$$S = \frac{200 * L * IG_{sc}}{\Delta U \% * V_n * Y} = \mathbf{37,39mm^2}$$

$$I = \frac{94,6A}{0,89} = \mathbf{106,29A}$$

La sección normalizada por la tabla de conductores para este caso es de 50mm² donde la corriente máxima permisible es de 267A lo cual cumple por calentamiento.

5.1.5. *Conexión del regulador de carga con la batería de acumuladores*

Para 3 se utilizará la intensidad de corto circuito del generador en condiciones CEM multiplicado por el factor de 1,25.

$$IG_{sc}(1,25) = 94,6A \quad L=3m$$

$$S = \frac{200 * L * IG_{sc}}{\Delta U \% * V_n * Y} = \mathbf{14,02mm^2}$$

$$I = \frac{94,6A}{0,89} = \mathbf{106,29A}$$



SC



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



La sección normalizada por la tabla de conductores para este caso es de 16mm^2 donde la corriente máxima permisible es de 132A lo cual cumple por calentamiento.

5.1.6. Cálculo del cableado en corriente alterna.

Para este caso en específico utilizaremos el conductor CENTELSA FOTOVOLTAICO TIPO PV, XLPE 600V donde tenemos sus características o ficha técnica a continuación.

CABLE CENTELSA FOTOVOLTAICO TIPO PV XLPE 600V 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	1,52	5,2	28
12	3,31	7	1,52	5,6	41
10	5,26	7	1,52	6,2	61
8	8,37	7	1,91	7,8	99
6	13,30	7	1,91	8,7	148
4	21,15	7	1,91	9,9	225
2	33,62	7	1,91	11,4	347
1	42,41	19	2,41	13,7	490
1/0	53,48	19	2,41	14,7	542
2/0	67,43	19	2,41	15,8	675
3/0	85,01	19	2,41	17,1	920
4/0	107,2	19	2,41	18,5	1052
250	126,7	37	2,79	20,5	1252
300	152,0	37	2,79	21,9	1491
350	177,3	37	2,79	23,1	1730
400	202,7	37	2,79	24,3	2090
500	253,4	37	2,79	26,4	2443
600	304,0	61	3,18	29,2	2939
750	380,0	61	3,18	31,8	3649
1000	506,7	61	3,18	35,6	4830

Ilustración 29 Ficha técnica del conductor elegido

Fuente: CABLES CENTELSA FOTOVOLTAICO TIPO PV, XLPE 600V Y 2000V 90°C
SR [14]

Para este tramo de 7m se utiliza la corriente de salida del inversor en su potencia nominal y la tensión nominal de la utilización, la corriente del inversor se calcula de la siguiente manera:



SC

"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



$$I_{inv AC} = \frac{P_{nl}}{V_{AC}}$$

P_{nl} = Potencia nominal del inversor(w).

V_{Ac} = Tensión nominal de la instalación de utilización(v).

$$I_{invAC} = \frac{6000w}{220V} = 27,27A$$

Este valor tendrá que multiplicarse por el factor de 1,25 para asegurar su funcionamiento.

$$I_{invAc}(1,25) = 34,09A$$

$$S = \frac{200 * L * I_{invAC}}{\Delta U \% * V_n * Y} = 37,39mm^2$$

la sección normalizada por la tabla de conductores para este caso es de 42,41mm² donde la corriente máxima permisible es de 120A lo cual cumple por calentamiento

6. Dimensionadas protecciones del sistema FV

Las protecciones son sumamente importantes, pues de esto depende el funcionamiento correcto y protección no solo a nuestros equipos, sino al personal técnico que hace contacto directo o indirecto.

6.1. Protecciones del generador

6.1.1. Diodo de bloqueo

Este tipo de protección cumple la función de proteger nuestro sistema de acumulación, pues no permite que se descarguen en el momento en el que el generador fotovoltaico no reciba la radiación suficiente para generar energía.



SC



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750

Estos diodos se dimensionan para soportar el doble de la corriente de corto circuito de un módulo en condiciones CEM, en cuanto al voltaje también se dimensiona al doble de la capacidad de la tensión del circuito abierto del generador.

$$I_{sc} = 18,92A$$

$$I_{diode} = I_{sc} * 2 = \mathbf{37,84A}$$

$$V_{Goc} = 140,25V$$

$$\mathbf{280,5V}$$

$$V_{diode} = V_{Goc} * 2 =$$

Para nuestro sistema es necesario los Diodo, VS-40HFR40, Conmutación, 40A, 400V, DO-5, 2-Pines, Conexión de silicio.

6.2.Diodo de bypass

Los diodos de bloqueo son la protección que se instalan para prevenir que el sistema generador consuma energía en momentos de no generación, su dimensionamiento tiene los mismos parámetros que los diodos de bloqueo.

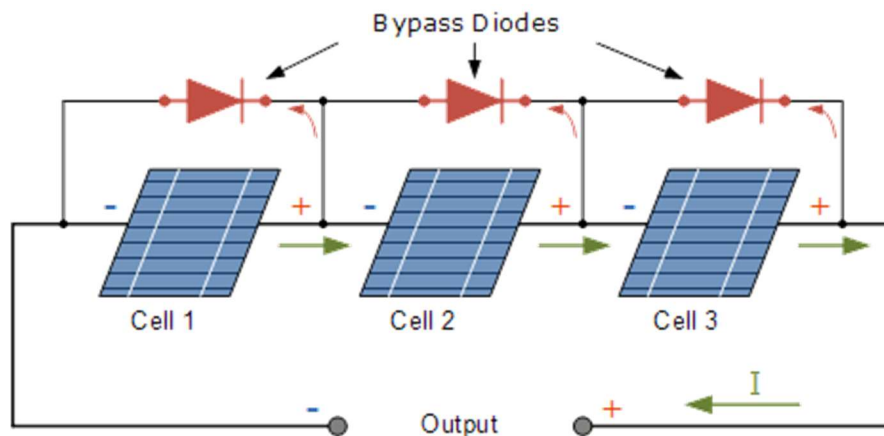


Ilustración 30 Diodo Bypass
Fuente: New Energy [23]



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



6.3. Interruptor-Seccionador general del generador FV

Como su nombre lo indica es un interruptor que se encarga de abrir o cerrar el circuito en condiciones de servicio, su dimensionamiento debe soportar la corriente de corto circuito y el voltaje de circuito abierto del generador, ambas condiciones en CEM

Los valores obtenidos de corriente de corto circuito y de voltaje en circuito abierto del generador para este caso son de $I_{Gsc}=80A$ y $V_{Goc}=140,25V$, por tal motivo se utilizará el **INTERRUPTOR 4P 80A INS A INTERPACT EMP.NEGRA ref. 28905 de la marca Schneider Electric.**

6.4. DPS

Es un dispositivo que protege a nuestro sistema de sobretensiones producidas por descargas atmosféricas, su instalación lleva lugar en la caja de conexiones del generador, si la distancia entre el generador y el regulador supera los 10 m de distancia se debe instalar también en la entrada del regulador de carga.

El parámetro para escoger nuestra protección con sobretensiones es que debe soportar el voltaje de circuito abierto del generador la cual su valor es de 140,25V por esta razón se ha escogido el **DPS Clamper solar 150V 40KA 3P.**

7. Protecciones del sistema de acumulación

7.1. Fusible

Este sistema sencillo, pero confiable nos permite garantizar una vida útil larga a nuestro sistema de acumulación, este dispositivo se instala en el terminal positivo de la batería, estos se dimensionan para resistir la corriente de corto circuito del generador multiplicada por 1,5 y 2 en condiciones CEM.

La corriente para este caso sería de 120A y 160A por ende se selecciona el siguiente dispositivo **marca: baomain, modelo: hd-anl-150A.**



SC



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750

8. Protección del inversor y circuitos de instalación

Las protecciones para este sistema se calculan por medio de la tensión y potencias nominales del inversor y actúan en sobre tensiones y corto circuito, las protecciones suelen ser dispositivos termo magnéticos, se recomiendan interruptores diferenciales de alta sensibilidad.

$$I_{invCa} = \frac{6000W}{220} = 27,27A$$

$$I_{inv} * 1,25 = 34,09A$$

La protección seleccionada para el inversor es el **Breaker Schneider Bipolar 40 A 10 Ka 380-415 V Curva C Riel**.

9. Estructura metálica de soporte para los módulos solares

La estructura metálica se encarga básicamente en mantener a los módulos solares sujetos en la posición correcta y con la separación adecuada entre sí, por otra parte, facilita el mantenimiento y limpieza de estos mismos.



*Ilustración 31 Estructura soporte de módulos solares.
Fuente: Auto solar [24]*



CAPÍTULO III. Resultados.

1. Inventario de materiales

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD
KIT SOLAR		
1	Módulo mono cristalino 700W YANGTZE SOLAR	12
2	Batería Solar 250ah De Gel 12v Ciclo Profundo	10
3	pv300 TLV series (1kw-6kw) marca must.	1
4	Estructura de cubierta para soporte de los módulos	12
PROTECCIONES Y CONECTORES		
5	Diodo, VS-40HFR40, Conmutación, 40A, 400V, DO-5, 2-Pines, Conexión de silicio.	3
6	Diodo Bypass de 40A	12
7	INTERRUPTOR 4P 80A INS A INTERPACT EMP.NEGRA	1
8	DPS Clamper solar 150V 40KA 3P	1
9	Fusible baomain hd-anl-150A	1
10	Porta fusible	1
11	Varilla COOPERWELD 5/8 X 2,8	1
12	soldadura exotérmica	1
13	Breaker Schneider Bipolar 40 A 10 Ka 380-415 V Curva C Riel	1
CONDUCTORES Y ACCESORIOS		
14	Cable 10mm ² EXZHELLENT SOLAR ZZ-F 1,8Kv DC en metros	2
15	Cable 16mm ² EXZHELLENT SOLAR ZZ-F 1,8Kv DC en metros	10
16	Cable 50mm ² EXZHELLENT SOLAR ZZ-F 1,8Kv DC en metros	5
17	cable 42,41mm ² CABLES CENTELSA FOTOVOLTAICO TIPO PV, XLPE 600V Y 2000V 90°C en metros	10



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



18	Terminal redondo para cable de 10mm ²	2
19	Terminal redondo para cable de 16mm ²	2
20	Terminal redondo para cable de 50mm ²	2
21	Terminal redondo para cable de 42,41mm ²	2
22	Conectores mc4 macho multicontac	6
23	Conectores mc4 hembra multicontac	6
24	Caja Combinadora Barraje Bornera Conexiones	1
25	Tablero Sobreponer	1

En el inventario se muestra los materiales necesarios para la implementación del proyecto, este consta de 25 ítems en total las cuales en cada uno se pide en ciertas cantidades, es posible que salgan algunos otros materiales por las cuales está dispuesta a cambios.



SC



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en

Universidad de Pamplona
 Pamplona - Norte de Santander - Colombia
 Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



2. Presupuesto del proyecto

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	VALOR TOTAL
KIT SOLAR				
1	Módulo mono cristalino 700W YANGTZE SOLAR	12	\$ 1.435.000,00	\$ 17.220.000,00
2	Batería Solar 250ah De Gel 12v Ciclo Profundo	10	\$ 1.935.000,00	\$ 19.350.000,00
3	pv300 TLV series (1kw-6kw) marca must.	1	\$ 4.099.000,00	\$ 4.099.000,00
4	Estructura de cubierta para soporte de los módulos	12	\$ 190.000,00	\$ 2.280.000,00
PROTECCIONES Y CONECTORES				
5	Diodo, VS-40HFR40, Conmutación, 40A, 400V, DO-5, 2-Pines, Conexión de silicio.	3	\$ 36.500,00	\$ 109.500,00
6	Diodo Bypass de 40A	12	\$ 34.700,00	\$ 416.400,00
7	INTERRUPTOR 4P 80A INS A INTERPACT EMP.NEGRA	1	\$ 220.000,00	\$ 220.000,00
8	DPS Clamper solar 150V 40KA 3P	1	\$ 132.000,00	\$ 132.000,00
9	Fusible baomain hd-anl-150A	1	\$ 77.800,00	\$ 77.800,00
10	Porta fusible	1	\$ 12.000,00	\$ 12.000,00
11	Varilla COOPERWELD 5/8 X 2,8	1	\$ 170.000,00	\$ 170.000,00
12	soldadura exotérmica	1	\$ 20.800,00	\$ 20.800,00
13	Breaker Schneider Bipolar 40 A 10 Ka 380-415 V Curva C Riel	1	\$ 129.400,00	\$ 129.400,00



SC



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



CONDUCTORES Y ACCESORIOS				
14	Cable 10mm ² EXZHELLENT SOLAR ZZ-F 1,8Kv DC en metros	2	\$ 14.000,00	\$ 28.000,00
15	Cable 16mm ² EXZHELLENT SOLAR ZZ-F 1,8Kv DC en metros	10	\$ 22.000,00	\$ 220.000,00
16	Cable 50mm ² EXZHELLENT SOLAR ZZ-F 1,8Kv DC en metros	5	\$ 53.000,00	\$ 265.000,00
17	cable 42,41mm ² CABLES CENTELSA FOTOVOLTAICO TIPO PV, XLPE 600V Y 2000V 90°C en metros	10	\$ 47.000,00	\$ 470.000,00
18	Terminal redondo para cable de 10mm ²	2	\$ 1.500,00	\$ 3.000,00
19	Terminal redondo para cable de 16mm ²	2	\$ 1.700,00	\$ 3.400,00
20	Terminal redondo para cable de 50mm ²	2	\$ 3.000,00	\$ 6.000,00
21	Terminal redondo para cable de 42,41mm ²	2	\$ 2.500,00	\$ 5.000,00
22	Conectores mc4 macho multicontac	6	\$ 43.000,00	\$ 258.000,00
23	Conectores mc4 hembra multicontac	6		
24	Caja Combinadora Barraje Bornera Conexiones	1	\$ 58.000,00	\$ 58.000,00
25	Tablero Sobreponer	1	\$ 67.000,00	\$ 67.000,00
TOTAL COSTOS MATERIALES				\$ 45.620.300,00
Mano de obra				\$ 15.000.000,00
SUBTOTAL COSTOS DIRECTOS				\$ 60.620.300,00
costos indirectos				
			25%	\$ 15.155.075,00
			6%	\$ 3.637.218,00
			2%	\$ 1.212.406,00
subtotal costos indirectos			33%	\$ 20.004.699,00
COSTO TOTAL				\$ 80.624.999,00

El presupuesto del proyecto nos muestra un valor de \$ 80.624.999 valores dispuestos en el mes de junio del año 2022, las cuales nos indica que el retorno de la inversión dispuesta estaría alrededor de los 6 años aproximadamente, por lo que hace que nuestro proyecto sea viable en su implementación.

Por otra parte, se cotizaron luminarias led de 400 W con disposición de panel solar propio por un valor de \$ 898.450 C/U, las cuales podrían agregar un valor total a la cotización inicial de \$ 6.289.150 para las 7 luminarias necesarias en el patio de la subestación.



SC



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en

Universidad de Pamplona
 Pamplona - Norte de Santander - Colombia
 Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



3. Impacto

El diseño busca mostrar la viabilidad del proyecto, mejoras en el sistema y aporte al medio ambiente. En la empresa de energía de Arauca no cuenta en ninguna de sus instalaciones un sistema fotovoltaico, lo que quiere decir que la subestación del municipio de Fortul sería pionera y serviría como plan piloto para ser tenido en cuenta en otros municipios en caso tal que esta implemente y ejecute este proyecto.



SC



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



CAPÍTULO IV. Conclusiones.

- En el proceso del diseño fotovoltaico se pudo evidenciar parámetros importantes a tener en cuenta como los son el tipo de carga, ya que algunos electrodomésticos o máquinas presentes en la subestación tienen potencias elevadas, lo que hacen que nuestro proyecto sea más costoso y quizá su funcionamiento no sería óptimo, debido al alto consumo que estas presentan.
- En Colombia existen limitaciones en la implementación de las energías renovables, para este caso específico la energía fotovoltaica, puesto que sus normas y leyes no definen parámetros totalmente claros para el uso de esta tecnología. Por otra parte, el acceso a la tecnología nueva, con mejores capacidades y rendimientos, es complicada de obtener, pues no hay proveedores y esta mercancía hay que exportarla, afectando directamente factores como el tiempo y dinero.
- Durante el diseño se tuvieron parámetros específicos para definir el espacio y ubicación de los módulos, en caso tal de implementarse dicho proyecto, estos parámetros fueron el tipo de cubierta, dimensiones y peso de los módulos. Su cubierta al ser de eternit presentaba desafíos pues, al instalar la estructura metálica que precisa una serie de perforaciones que podría dañar la cubierta en gran proporción.
- La subestación cuenta con un banco de baterías que son solo para la maniobrabilidad de la misma. Al iniciar el proyecto se pensó en el estudio para utilizar dicho banco de batería existente, pero en el momento del dimensionamiento del sistema de acumulación se evidenció que no sería viable esta idea ya que el generador no es lo suficientemente grande para poder cargar las baterías en su totalidad.
- El proyecto es lo suficientemente sustentable como para ser construido e instalado, pues generaría mejoras en el sistema de comunicaciones y maniobrabilidad de la subestación, optimizando así tiempo de respuesta ante posibles eventos que afecten el sistema eléctrico del municipio.



SC



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



CAPÍTULO V. Referencias

- 1] P. A. C. Alvarez, «Subestación Electrica de Distribución Telecontrola,» Blogger, 21 09 2012. [En línea]. Available: <http://subestacionesdedistribucin.blogspot.com/2012/10/bancos-de-baterias.html> . [Último acceso: 16 03 2022].
- 2] c. p. D. A. Delgado, «Scribd-capitulo 4 maniobrabilidad,» [En línea]. Available: <https://es.scribd.com/document/419463423/Capitulo-4-Maniobrabilidad-1>. [Último acceso: 16 03 2022].
- 3] e. c. c. @. A. Borja Pérez, ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA, ESPAÑA, 2020.
- 4] G. Fanés, «Energía Estratégica,» 06 04 2021. [En línea]. Available: (<https://www.energiaestrategica.com/el-listado-estos-son-los-proyectos-que-participarian-de-la-subasta-de-renovables-de-colombia/>). [Último acceso: 27 04 2022].
- 5] S. d. Querétaro, «Ensys Solutions,» [En línea]. Available: <https://www.ensys.mx/energia-solar/sistemas-fotovoltaicos.php#SistemasFotovoltaicosInterconectadosRedElectricaCFE>. [Último acceso: 01 05 2022].
- 6] A. C. O.-G. S. Herranz, INSTALACIONES SOLARES FOTOVOLTAICAS, ESPAÑA: EDITEX, 2010.
- 7] E. C. Fernández, «ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA,» de *Presentación General, estado del arte. La fotovoltaica en España, en Europa y en el Mundo*, Madrid, Planeta Formación y Universidades, 2021, pp. 18-19.
- 8] G. Portillo, «meteorologiaenred,» [En línea]. Available: <https://www.meteorologiaenred.com/albedo-de-la-tierra.html>. [Último acceso: 29 04 2022].
- 9] O. Planas, «Energía solar,» 13 05 2015. [En línea]. Available: <https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/efecto-fotovoltaico>. [Último acceso: 01 05 2022].
- 10] enel, «enel Green Power,» [En línea]. Available: <https://www.enelgreenpower.com/es/learning-hub/energias-renovables/energia-solar/modulo-fotovoltaico>. [Último acceso: 12 05 2022].



SC



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



- 11] A. E. y. S. S.L.U., «Autosolar,» 10 07 2020. [En línea]. Available: <https://autosolar.es/baterias-placas-solares/tipos-baterias-solares>. [Último acceso: 31 05 2022].
- Ideam, «Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia,» [En línea].
- 12] Available: <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>. [Último acceso: 20 05 2022].
- G. cable, «EXZHELLENT SOLAR,» [En línea]. Available:
- 13] <http://www.cabletelandalucia.com/assets/zzf.pdf>. [Último acceso: 20 05 2022].
- Centelsa, «Centelsa,» [En línea]. Available:
- 14] <https://www.centelsa.com/archivos/Plegable-Cables-Fotovoltaicos.pdf>. [Último acceso: 20 05 2022].
- «SOLARTIK,» 30 04 2020. [En línea]. Available: <https://solartik.ar/que-es-un-sistema-solar-on-grid/>. [Último acceso: 05 05 2022].
- S. S. s. aislado, «SAASENERGY PUEBLA,» [En línea]. Available:
- 16] <https://saasenergypuebla.com/sistema-solar-aislado/>. [Último acceso: 05 05 2022].
- M. Periodico el cambio, «Periodico el cambio,» 06 01 2022. [En línea]. Available:
- 17] <https://elcambiodesanluis.com/2022/01/06/mexicano-crea-paneles-solares-biologicos-que-producen-o2-y-electricidad/>. [Último acceso: 13 05 2022].
- F. d. J. A. Garces, *DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA CON CAPACIDAD*, Bogota: Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, 2016.
- H. A. C. ORDOÑEZ, *EL MARCO NORMATIVO DE LAS ENERGÍAS ALTERNATIVAS EN COLOMBIA NO GARANTIZA SU PLENO DESARROLLO*, Bogota: UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA, 2017.
- 20] M. d. M. y. Energía, Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE, Bogota, 2008.
- Made-in-china. [En línea]. Available: https://es.made-in-china.com/co_yangtze-solar/product_700W-690W-680W-Half-Cell-Cheap-Price-Monocrystalline-Solar-PV-Module-Whole-Solar-Panel-for-Solar-Energy-System_uoyyneeeng.html. [Último acceso: 09 05 2022].
- I. Solutions, «Integra Solutions,» [En línea]. Available:
- 22] <https://integrabpo.com/producto/inversor-off-grid-6kw-48v-80a-110-220v-must-tlv/>. [Último acceso: 20 05 2022].



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL

Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



- N. Energy, «New energy,» 19 02 2021. [En línea]. Available:
- 23] <https://www.dsisolar.com/info/pv-junction-box-s-bypass-diode-for-solar-panel-54221810.html>. [Último acceso: 20 20 2022].
- A. Solar, «Auto Solar,» [En línea]. Available: <https://autosolar.es/estructuras-cubierta-metalica/estructura-1-panel-coplanar-falcat>. [Último acceso: 20 05 2022].
- 24]
- M. Libre, «Mercado libre,» [En línea]. Available:
- 25] https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-617332053-bateria-solar-250ah-de-gel-12v-ciclo-profundo-_JM?matt_tool=42035816&matt_word=&matt_source=google&matt_campaign_id=14634237770&matt_ad_group_id=122266243170&matt_match_type=&matt_network=g&matt_device=c&. [Último acceso: 20 05 2022].



SC



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750

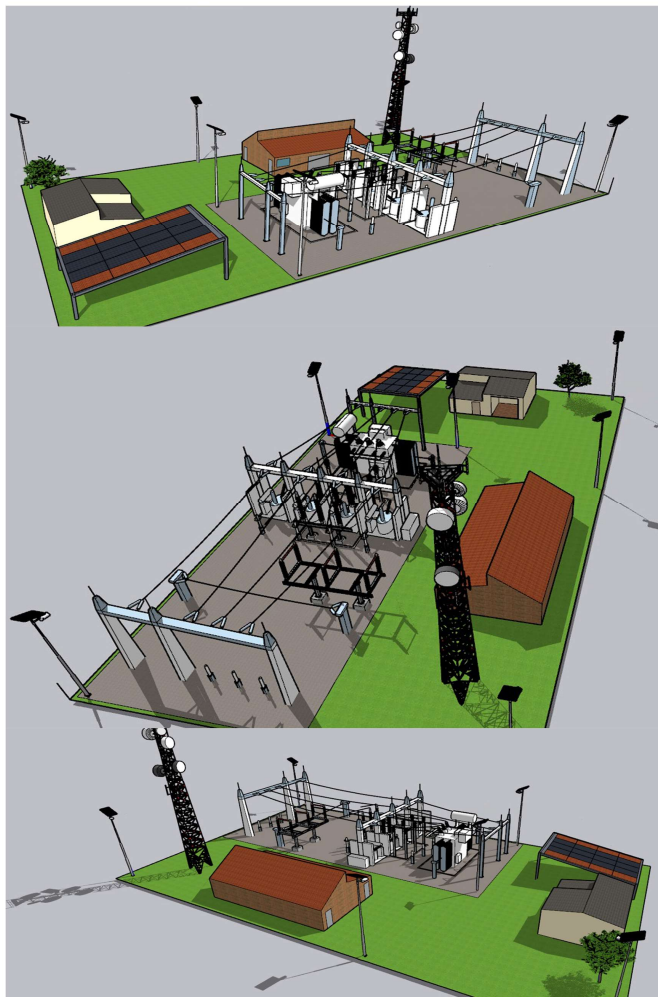


ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



CAPÍTULO VI. ANEXOS

Anexo 1: Modelo subestación y tomas aéreas.



SC



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



Anexo 2: Hoja característica panel solar Yangtze de 700W



www.yangtze-solar.com

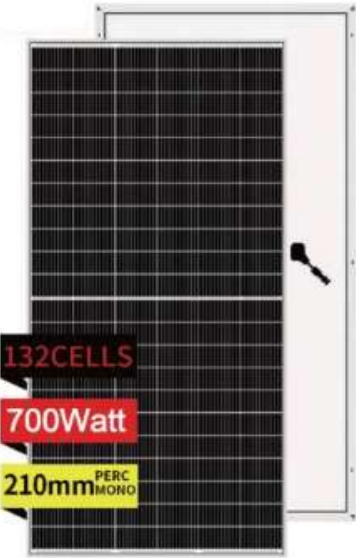
Yangtze 210mm 660-700 Watt

MONO-FACIAL MODULE

P-Type

Positive power tolerance of 0~+3%

EN 55032:2015, EN55035:2017
ISO9001:2015: Quality Management System
ISO14001:2015: Environment Management System
ISO45001:2018
Occupational health and safety management systems



Key Features

 Multi Busbar Technology Better light trapping and current collection to improve module power output and reliability.	 Reduced Hot Spot Loss Optimized electrical design and lower operating current for reduced hot spot loss and better temperature coefficient.
 PID Resistance Excellent Anti-PID performance guarantee via optimized mass-production process and materials control.	 Enhanced Mechanical Load Certified to withstand: wind load (2400 Pascal) and snow load (5400 Pascal).
 Durability Against Extreme Environmental Conditions High salt mist and ammonia resistance.	



SC

"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en

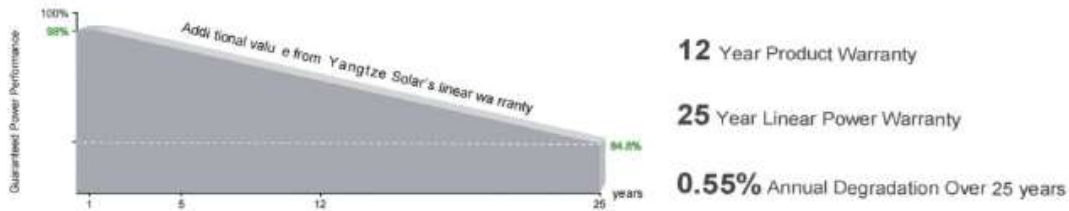
Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



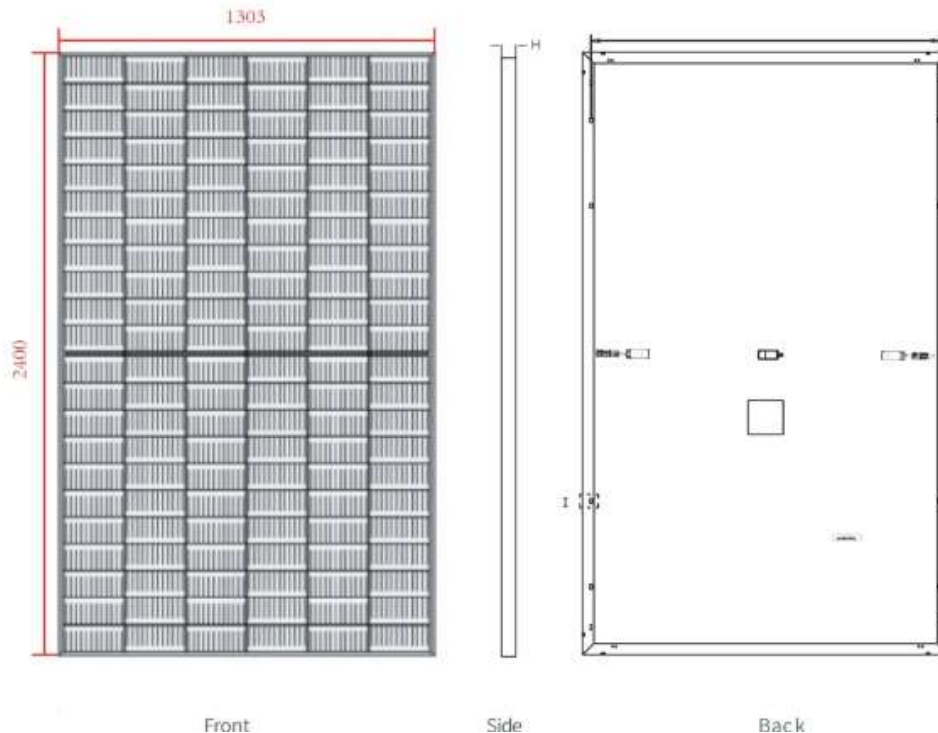
ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



LINEAR PERFORMANCE WARRANTY



Engineering Drawings



SC

"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en

Universidad de Pamplona
 Pamplona - Norte de Santander - Colombia
 Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL

Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



Anexo 3: Hoja característica cargador-inversor.

MUST



Low Frequency Split Phase Solar Inverter

PV3300 TLV Series (1KW-6KW)

Features

- Pure sine wave output, split phase HOT1+ N + HOT2 available, 120VAC/220VAC
- Built-in MPPT solar charge controller 80A
- MFD (multi-function display) & Friendly user interface
- 3 Steps optimizing charge for battery pack
- Overload and short-circuit protection
- Settable: charging/charging current, utility/Battery priority, utility input wide/narrow range
- Inverter voltage can be set to 100V/110V/120V
- Inverter frequency can be set to 50/60Hz

MODEL		PV33-1012 TLV	PV33-1024 TLV	PV33-1512 TLV	PV33-1524 TLV	PV33-2012 TLV	PV33-2024 TLV	PV33-3024 TLV	PV33-3048 TLV	PV33-4024 TLV	PV33-4048 TLV	PV33-5048 TLV	PV33-6048 TLV
Inverter Output	Rated power	1KW		1.5KW		2KW		3KW		4KW		5KW	6KW
	Power factor	1											
	Wave form	Pure sine wave / Same as input wave form (bypass mode)											
	Output voltage RMS	110V /120VAC (220V / 230V / 240VAC)											
	Output frequency	50Hz or 60Hz (±0.3Hz) (can be set)											
	Overload protection Output short circuit	Breraker + software protection											
	Inverter efficiency (peak)	>80%											
	Overload	100%<Load<110% (alarm 5min then stop output) / 110%<Load<125% (alarm 60s then stop output) / Load > 125% (alarm 10s then stop output)											
	Surge rating	3000VA		4500VA		6000VA		9000VA		12000VA		15000VA	18000VA
Capable of starting electric motor	1P		1P		1.5P		1.5P		2P		3P		
Battery	Battery voltage	12VDC/24VDC						24VDC/48VDC				48VDC	
	Minimum start voltage	11VDC/22VDC/44VDC											
	Low battery voltage cut off	(Low voltage fault code04)10/10.5/11V for 12V mode (*2 for 24VDC / *4 for 48VDC)											
	Low battery voltage alarm	Add 0.5V / battery:(Low battery alarm one second one time) (10/10.5/11V)+0.5VDC for 12V mode (*2 for 24VDC / *4 for 48VDC)											
	High battery voltage alarm	Add 1V/battery:(High battery one second one time /after 30s fault 03) (13.8-14.5V)+1V for 12V mode (*2 for 24VDC/*4 for 48VDC)											
	Save mode	Loads ≤ 40W (110V) / 80W (220V)											
AC Input Mode	Input waveform	Pure sine wave											
	Nominal input voltage	220Vac / 230Vac / 240Vac											
	Max input voltage	270Vac MAX											
	Input frequency	50Hz / 60Hz (auto sensing)											
	Efficiency (AC mode)	>95% (load, full battery)											
	Transfer time AC to DC	15ms(max)											
Solar Charger	Maximum PV Array Power	1250W	2500W	1250W	2500W	1250W	2500W	2500W	5000W	2500W	5000W	5000W	5000W
	Maximum PV Charge Current	80A											
	DC Voltage	12V/24V						24V/48V				24V/48V	
	MPPT Range @ Operating Voltage	16~95VDC @ 12V / 30~130VDC @ 24V						30~130VDC @ 24V / 60~130VDC @ 48V				60~130VDC @ 48V	
	Maximum PV Array Open Circuit Voltage	100±2Vdc/145±2Vdc						145±2Vdc				145±2Vdc	
	Maximum Efficiency	>98%											
	Standby Power Consumption	<2W											
Charge Mode	Boost voltage	14.1V(Default) Range of adjustment 13.8-14.5V / *2 for 24VDC / *4 for 48VDC (Regulation step 0.1V)											
	Float voltage	13.5V(Default) Range of adjustment 13.5-13.7V / *2 for 24VDC / *4 for 48VDC (Regulation step 0.1V)											
	12V	30A		45A		60A		\\		\\		\\	
	24V	20A		25A		30A		40A		60A		\\	
	48V	\\		\\		\\		20A		30A		35A	
Min charge current 10A. Change by every 5A													
Dimensions	Dimensions (W*H*D)	277*196*466mm								277*186*621mm			
	Ship Dimensions (W*H*D)	376*306*592mm								376*296*747mm			
	Warranty	One year (standard), 2 years optional (IP20)											



SC

"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



Anexo 4: Hoja característica batería 12V.

VHR 12V250AH

(12V250Ah)

Superior Cycle Gel Battery

SCG series is Superior Cycle VRLA Gel battery. By combining the newly developed nano gel electrolyte and high cyclic paste, SCG series delivers high cycle life, excellent high&low temperature performance, it is highly suited for renewable energy systems, outdoor telecom and other harsh environment require high cycle applications.

12 V
voltage

250Ah
capacity

GEL
tech

12 years
design life

TECHNICAL SPECIFICATIONS

Nominal Voltage (V)	12 (6 cells per unit)
Designed Floating Life (25°C)	12 Years
Nominal Capacity (25°C)	250 Ah @ 10HR-rate (to 1.80Vpc)
Dimension (mm)	L525mm x W267mm x H228mm
Approx. Weight	68 kg (149.9 lbs)
Terminal Type	F-M8 or cable (torque: 10~12N.m for F-M8)
Internal Resistance	< 0.0026 Ohm (fully charged @ 20°C)
Max. Charge Current	62.5A
Max. Discharge Current (5S)	1800 A
Short Circuit Current	4600 A
Self Discharge	Approx. 2.5% per month @ 20°C
Ambient Temperature	Discharge: -40~60°C Charge: -20~55°C Storage: -25~45°C
Float Charge Voltage	13.5-13.62V/block @25°C (-3mV/ cell/°C)
Equalize and cycle Use Charge Voltage	14.1-14.4V/block @25°C
Container Material	ABS (UL94-V0 optional)

Complied standards

- IEC 60896-21/22
- GB/T19638
- IEC61427
- JIS C8704
- BS6290 part 4



SC

"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en

Universidad de Pamplona
 Pamplona - Norte de Santander - Colombia
 Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750

Anexo 5: Hoja característica DPS.



CLAMPER Solar

Especialista na proteção contra raios e surtos elétricos



Descrição

Dispositivo de Proteção contra Surtos (DPS), Classe II (EN 50539-11), com tecnologia de Varistor de Óxido Metálico (MOV) para proteção de sistemas fotovoltaicos.

Características

- Permite a substituição dos plugues com o sistema energizado;
- Sinalização local do status de operação;
- Sinalização remota (opcional);
- Possui desligador interno que desconecta o DPS ao final da vida útil;
- Fixação em trilho DIN 35.

Aplicação

Proteção de instalações fotovoltaicas contra sobretensões provenientes de descargas atmosféricas, manobras de cargas instalados na rede e outros.

Características técnicas	Unid.	CLAMPER Solar							
Modelos	-	150V 40KA		300V 40KA		600V 40KA		1040V 40KA	
Código CLAMPER	-	01529B	015299	014468	015304	014470	014471	014472	014473
Normas aplicáveis	-	EN 50539-11							
Classe de proteção	-	II							
Tecnologia de proteção	-	Varistor de Óxido Metálico (MOV)							
Modos de proteção	-	L+ / PE, L - / PE (modo comum), L+ / L - (modo diferencial)							
Proteção térmica dos varistores	-	Sim							
Nível de proteção - $U_{p}(L+/-L-)$	kV	≤ 0,8		≤ 1,6		≤ 2,4		≤ 5,0	
Nível de proteção - $U_{p}(L+ / PE), (L- / PE)$	kV	≤ 1,0		≤ 2,0		≤ 2,7		≤ 5,0	
Tempo de resposta típico	ns	< 25							
Tensão máxima de operação contínua - U_{dc}	V _{dc}	150		300		600		1040	
Corrente de descarga nominal @ 8/20µs - I_{n}	kA	10							
Corrente de descarga máxima @ 8/20µs - I_{max}	kA	20							
Corrente de descarga total @ 8/20µs - I_{tt}	kA	40							
Seção dos condutores de conexão elétrica	mm ²	4 a 25							
Torque de aperto (conexão elétrica)	Nm	3							
Sinalização de status	-	Local	Local e Remota	Local	Local e Remota	Local	Local e Remota	Local	Local e Remota
Parâmetros elétricos dos contatos de sinalização remota	-	120 V _{ac} / 1 A 24V _{dc} / 1A							
Seção transversal do cabo dos contatos de sinalização remota	mm ²	N/A	0,5 a 1,5	N/A	0,5 a 1,5	N/A	0,5 a 1,5	N/A	0,5 a 1,5
Temperatura de operação	°C	-40... +70							
Involucro	-	Material com características de não propagação e auto-extinção do fogo							
Grau de proteção	-	IP20**							
Peso aproximado	g	228	234	242	248	257	263	271	279
Dimensões	mm	94,6 x 74 x 53 (C x L x A) / 99 x 74 x 53 (C x L x A)**							



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL

Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



Anexo 6: Hoja característica conductor DC EXZHELLENT libre de halógenos.

exzhellent SOLAR

EXZHELLENT® SOLAR

ZZ-F - Libre de halógenos

1.8 kV DC - 0,6/1 kV AC

NORMAS:

CONSTRUCCIÓN

TÜV 2Pfg 1169
EN 50618

REACCIÓN AL FUEGO

IEC 60332-1-2	IEC 61034-2
EN 60332-1-2	EN 61034-2
IEC 60754-1	
EN 60754-1	



CONSTRUCCIÓN:

1. CONDUCTOR

Cobre, clase 5 según IEC 60228.

2. AISLAMIENTO

Compuesto de EVA reticulado.
Color natural.

3. CUBIERTA EXTERIOR

Compuesto de EVA reticulado.
Colores rojo o negro.

APLICACIONES:

Pensados para la interconexión de paneles en instalaciones fotovoltaicas y para la conexión de estos con las cajas de conexión y los inversores, tanto en interiores, exteriores e instalaciones fijas o móviles (seguidores solares), como en tierra, tejados o integrados en edificios. No recomendado para instalación subterránea, ya sea bajo tubo o directamente enterrado.

Estos cables no están diseñados para ser sumergidos.

Temperatura máxima del conductor: +90 °C (120 °C durante 20.000 horas)

Temperatura mínima de trabajo: -40 °C.



SC

"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750

Anexo 7: Hoja característica conductor AC Centelsa libre de halógenos.

CABLES CENTELSA FOTOVOLTAICO TIPO PV, XLPE 600V Y 2000V 90°C SR



Descripción General:

Cable formado por un conductor de cobre suave, aislado en un material termoestable de polietileno reticulado (XLPE), resistente a la intemperie (SR – Sunlight Resistant), apto para enterrado directo (Dir Bur – Direct Burial), con una temperatura máxima de operación de 90°C en ambientes secos húmedos o mojados (-2) y un nivel de tensión máximo de 600V o 2000V (2kV).

Principales Aplicaciones:

- Están diseñados para alimentar circuitos de baja tensión en instalaciones de energía solar fotovoltaica, en donde se requieran características de resistencia a la intemperie.
- Pueden instalarse en bandejas portacables (CT – Cable Tray), tubería conduit, directamente enterrado o expuestos a la luz solar; en lugares secos húmedos o mojados.

Ventajas:

- Cumple la prueba de no propagación del incendio (CT), especificada por UL 1685 como tipo Bandeja Vertical, en calibres 12AWG (3,31mm²) y mayores.
- Satisface la prueba de resistencia a la propagación

del incendio FT4/IEEE1202 en calibres 12AWG (3,31mm²) y mayores.

- Cumple con pruebas de impacto y doblez en frío a -40°C.
- Resistente a la gasolina y aceites (GRI)
- Resistente a la luz solar (SR)
- Pueden instalarse directamente enterrado (Dir Bur)

Características Detalladas:

- Se fabrican con conductores eléctricos de cobre de conductividad mínima de 100% IACS, en calibres desde el 14AWG (2,082 mm²) al 1000kcmil (506,7mm²).
- Su aislamiento es un material termoestable de polietileno de cadena cruzada (XLPE), con características de no propagación al incendio (CT – Cable Tray), resistente a la intemperie y la luz ultravioleta (SR – Sunlight Resistant).
- Su temperatura máxima de operación en el conductor es de 90°C en ambientes secos, húmedos o mojados.
- Su voltaje máximo de operación es: 600V o 2000V (2kV)
- Se encuentra disponible en varios colores.

Normas:

UL Subject 4703 Esquema De Investigación Para Alambre Fotovoltaico - Outline of Investigation for Photovoltaic Wire

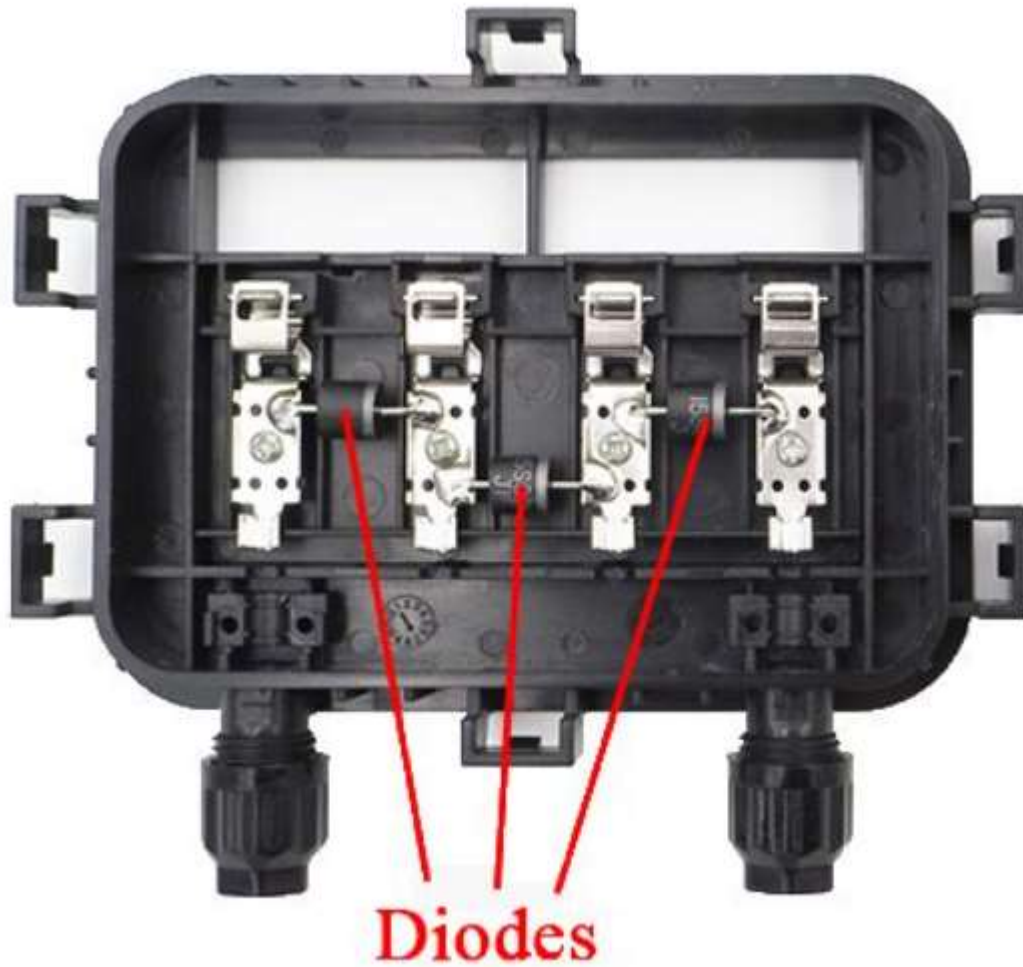
NTC 3277/UL 44 Cables y Alambres con Aislamiento Termofijo / Rubber-Insulated wires and cables, for cables rated RHW-2 or RHH

RETIE Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas

CABLE CENTELSA FOTOVOLTAICO TIPO PV XLPE 600V 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	1,52	5,2	28
12	3,31	7	1,52	5,6	41
10	5,26	7	1,52	6,2	61
8	8,37	7	1,91	7,8	99
6	13,30	7	1,91	8,7	148
4	21,15	7	1,91	9,9	225
2	33,62	7	1,91	11,4	347
1	42,41	19	2,41	13,7	490
1/0	53,48	19	2,41	14,7	542
2/0	67,43	19	2,41	15,8	675
3/0	85,01	19	2,41	17,1	920
4/0	107,2	19	2,41	18,5	1052
250	126,7	37	2,79	20,5	1252
300	152,0	37	2,79	21,9	1491
350	177,3	37	2,79	23,1	1730
400	202,7	37	2,79	24,3	2090
500	253,4	37	2,79	26,4	2443
600	304,0	61	3,18	29,2	2939
750	380,0	61	3,18	31,8	3649
1000	506,7	61	3,18	35,6	4830

Anexo 8: Diodo Bypass



Anexo 9: Estructura metálica de soporte.

Instalación de estructura:
L feet

Materiales: aluminio anodizado 6005 T5 acero inoxidable 304
Velocidad del viento: hasta 45 m/s
Carga de nieve: hasta 50 cm

VALCAT
STRUCTURES

Paso 1

Fije el soporte en L en el techo de hojalata

Paso 2

Fije el rail en el soporte en L a través de la abrazadera

Paso 3

Fije el panel en el rail con abrazadera de rail y abrazadera intermedia

Muestra

Accesorios

- L foot
- Rail
- Empalme de rail
- Abrazadera intermedia
- Abrazadera final

Herramientas y equipos de protección

Anexo 10: Interruptor 80A tipo transferencia.

INTERRUPTOR 4P 80A INS A INTERPACT EMP.NEGRA REF. 28905



- Gama
- Compact
- Nombre del producto
- Compact INS
- Tipo de producto o componente
- Interruptor seccionador
- Número de polos
- 4P
- Tipo de red
- CACC
- Frecuencia de red
- 50/60 Hz
- [Ie] Corriente nominal de empleo
- AC-23A. estado 1 40 A CA 50/60 Hz 500 VAC-23A. estado 1 63 A CA 50/60 Hz 440/480 VAC-22A. estado 1 80 A CA 50/60 Hz 220/240 VAC-22A. estado 1 80 A CA 50/60 Hz 380/415 VAC-22A. estado 1 80 A CA 50/60 Hz 440/480 VAC-22A. estado 1 80 A CA 50/60 Hz 500 VAC-23A. estado 1 72 A CA 50/60 Hz 380/415 VAC-23A. estado 1 80 A CA 50/60 Hz 220/240 VDC-22A. estado 1 80 A CC 125 V 2 polos en serieDC-23A. estado 1 80 A CC 125 V 2 polos en serieDC-22A. estado 1 80 A

CC 250 V 4 polos en serieDC-23A. estado 1 80 A CC 250 V 4 polos en serie

- [Ui] Tensión nominal de aislamiento
- 690 V CA 50/60 Hz
- [Uimp] Resistencia a picos de tensión
- 8 kV
- [Ith] Corriente térmica convencional
- 80 A en 60 °C
- [icm] capacidad nominal de cortocircuito
- 15 kA solo interruptor-seccionador 500 V CA en 50/60 Hz75 kA con interruptor automático aguas arriba 500 V CA en 50/60 Hz
- [Ue] Tensión nominal de empleo
- 500 V CA 50/60 Hz250 V CC
- poder de seccionamiento
- Si
- indicador de posición del contacto
- Si
- corte visible
- No
- Grado de contaminación
- 3
- Tipo de control
- Mando rotativo
- color de la maneta
- Negro
- Tipo de montaje
- Fijo
- Soporte de montaje
- PlacaCarril DIN
- conexión superior
- Frontal
- conexión hacia abajo
- Parte frontal
- Sección de cable
- 1.5...50 mm²
- potencia máxima
- AC-23. estado 1 22 kW en 500/525 V CA 50/60 HzAC-23. estado 1 22 kW en 220/240 V CA 50/60 HzAC-23. estado 1 37 kW en 380/415 V CA 50/60 HzAC-23. estado 1 37 kW en 440 V CA 50/60 Hz
- servicio nominal
- Ininterrumpido
- clase de servicio intermitente
- Clase 120 - 60 %
- dimensiones del armario para
- 190 mm x 115 mm x 55 mm
- [Icw] Corriente temporal admisible
- 0.067 kA durabilidad eléctrica 20 s acorde a IEC 60947-31.73 kA durabilidad eléctrica 3 s acorde a IEC 60947-33 kA durabilidad eléctrica 1 s acorde a IEC 60947-35.5 kA durabilidad eléctrica 30 s acorde a IEC 60947-3
- Durabilidad mecánica
- 20000 ciclos
- Durabilidad eléctrica
- AC-22A. estado 1 1500 ciclos 220/240 V CA 50/60 HzAC-22A. estado 1 1500 ciclos 380/415 V CA 50/60 HzAC-22A. estado 1 1500 ciclos 440 V CA 50/60 HzAC-22A. estado 1 1500 ciclos 500 V CA 50/60 HzAC-23A. estado 1 1500 ciclos 220/240 V CA 50/60 HzAC-23A. estado 1 1500 ciclos 380/415 V CA 50/60 HzAC-23A. estado 1 1500 ciclos 440 V CA 50/60



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



Anexo 11: Diodo de bloqueo.



SC



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



Anexo 12: Fusible de protección sistema de acumulación.



SC



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



Anexo 13: Interruptor termo magnético.



SC



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



Anexo 14: Lámpara solar de 400W iluminación LED.



ESPECIFICACIONES

Potencia: 400W

Lumen: 37.5LM/W 15.000 Lumens

Ángulo de apertura: 120°

Chip: 5730

Temperatura Iluminación: 6500K

Protección: IP65

Altura de instalación: 5-8M

Tiempo de trabajo: 18H

Tiempo de carga: 5-6H

Batería: 3.2V/50Ah

Panel Solar: 6V/50W Policristalino

Modo de trabajo: Control remoto



SC

"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750