	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	F-AC-DBL-007	10-04-2012	A
Dependencia	Aprobado	Pág.		
DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	SUBDIRECTOR ACADEMICO	i(155)		

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	ROCIO TORCOROMA MARQUEZ PABA
FACULTAD	INGENIERIAS
PLAN DE ESTUDIOS	INGENIERIA MECANICA
DIRECTOR	JHON AREVALO TOSCANO
TÍTULO DE LA TESIS	ESTUDIO DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO COMO ALTERNATIVA AL USO DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LA ZONA SOCIAL Y ADMINISTRATIVA DEL EDIFICIO SAN AGUSTÍN TORRE CLUB DE LA CIUDAD DE OCAÑA NORTE DE SANTANDER

RESUMEN (70 palabras aproximadamente)

LA IMPLEMENTACIÓN DE PANELES SOLARES IMPLICA UN GRAN AVANCE PARA LA SOCIEDAD DEBIDO A QUE SE OBTIENE DE UNA FUENTE GRATUITA, LIMPIA E INAGOTABLE, QUE NOS LIBERA DEFINITIVAMENTE DE LA DEPENDENCIA DEL PETRÓLEO O DE OTRAS ALTERNATIVAS CONTAMINANTES. MEDIANTE LA REALIZACIÓN DE ESTE PROYECTO SE PRETENDE QUE LA ZONA SOCIAL Y ADMINISTRATIVA DEL EDIFICIO SAN AGUSTÍN TORRE CLUB SEA AUTÓNOMA ENERGÉTICAMENTE, REALIZANDO UNA INVERSIÓN QUE SE PUEDA RECUPERAR A MEDIANO O LARGO PLAZO.

CARACTERÍSTICAS

PÁGINAS:	PLANOS:	ILUSTRACIONES:	CD-ROM:
----------	---------	----------------	---------



Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552
 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104
 info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co

ESTUDIO DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO COMO
ALTERNATIVA AL USO DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LA ZONA SOCIAL Y
ADMINISTRATIVA DEL EDIFICIO SAN AGUSTÍN TORRE CLUB DE LA CIUDAD
DE OCAÑA NORTE DE SANTANDER

AUTOR:

ROCIO TORCOROMA MARQUEZ PABA

Proyecto presentado como requisito para optar por el título de

Ingeniero Mecánico

DIRECTOR

JHON AREVALO TOSCANO

INGENIERO MECÁNICO

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

FACULTAD DE INGENIERIAS

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERIA MECANICA

OCAÑA, COLOMBIA

FEBRERO, 2018

Dedicatorias

A mis padres Uriel de Jesús Márquez Quintero y Yanet Paba Torres por su amor y su apoyo incondicional.

A mi sobrino Uriel Camilo Márquez Guerrero por ser mi motivación diaria para cumplir mis propósitos.

A mis abuelos Fariel Paba y Carmelita Torres por sus palabras de fortaleza y sus consejos.

Agradecimientos

A Dios por cada una de las bendiciones regaladas y por haberme permitido culminar esta etapa de mi vida brindándome fortaleza y sabiduría para realizar este proyecto.

A mis padres Uriel de Jesús Márquez Quintero y Yanet Paba Torres por su apoyo incondicional.

A Jhon Arévalo Toscano mi director de Tesis por su constante colaboración y por su asesoría durante la realización del proyecto.

A mis docentes que durante toda la carrera me brindaron los conocimientos con paciencia y dedicación para darme una formación idónea.

A mis amigos por su compañía y apoyo en los buenos y malos momentos y por las experiencias vividas en el transcurso de esta etapa culminada.

Índice

Capítulo 1. Estudio De Un Sistema Solar Fotovoltaico Autónomo Como Alternativa Al Uso De Energía Eléctrica Para La Zona Social Y Administrativa Del Edificio San Agustín Torre Club De La Ciudad De Ocaña Norte De Santander.....	1
1.1. Planteamiento del Problema	1
1.2. Formulación del Problema.....	2
1.3. Objetivos	2
1.3.1. Objetivo General.	2
1.3.2. Objetivos Específicos.....	2
1.4. Justificación	2
1.5. Delimitaciones	3
1.5.1. Geografía.	3
1.5.2. Conceptual.....	3
1.5.3. Operativa..	4
1.5.4. Temporal.....	4
 Capítulo 2. Marco Referencial.....	 5
2.1. Marco Histórico	5
2.1.1. A nivel Mundial.....	5
2.1.2. A Nivel Nacional.....	6
2.1.3. A Nivel Local..	8
2.2. Marco Conceptual.....	9
2.3. Marco Teórico.....	12
2.4. Marco Legal	21

Capítulo 3. Diseño Metodológico	24
3.1. Tipo de Investigación.....	24
3.2. Población y Muestra	24
3.3. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información.....	25
3.4. Metodología	25
3.4.1. Fase I: Analizar la importancia de un sistema solar fotovoltaico y las energías renovables a la hora de producir energía eléctrica.....	25
3.4.2. Fase II: Establecer las dimensiones estructurales y energéticas que comprenden el sistema solar autónomo.....	26
3.4.3. Fase III: Validar la implementación del sistema solar fotovoltaico teniendo en cuenta los costos de la energía eléctrica	26
Capítulo 4. Presentación de Resultados	28
4.1. Recopilar información acerca del Uso de las Energías Renovables y la Instalación de Paneles Solares Fotovoltaicos en Colombia y el Mundo.....	28
4.1.2. Conocer las Normas y Decretos que rigen en Colombia el uso de las energías renovables y los sistemas solares Fotovoltaicos.	40
4.1.3. Identificar los elementos necesarios a la hora de elegir la Instalación de un Sistema Solar Fotovoltaico.	47
4.1.4. Reconocer los lugares de la Ciudad que cuentan con un Sistema Solar Fotovoltaico.	57
4.2. Establecer las dimensiones estructurales y energéticas que comprenden el sistema solar autónomo.....	65
4.2.1. Conocer el consumo eléctrico de la zona social del edificio.....	65

4.2.2. Realizar los respectivos cálculos de cada uno de los elementos del sistema solar fotovoltaico: paneles solares, regulador, baterías e inversor.	69
4.2.3. Obtener los Cálculos Estáticos para la Estructura de los Paneles Solares.	117
4.2.4. Realizar el diseño mediante Solidworks de la estructura que soportara los paneles solares fotovoltaicos.....	120
4.3. Validar la implementación del sistema solar fotovoltaico teniendo en cuenta los costos de la energía eléctrica.....	122
4.3.1. Analizar el Consumo por Facturación del Edificio.	122
4.3.2. Calcular el Presupuesto de inversión a través de Cotizaciones.	123
4.3.3. Evaluar la tasa interna de retorno (TIR), la tasa de recuperación contable (TRC), el periodo de la inversión (PRI).	126
Conclusiones	130
Recomendaciones	131
Referencias	132
Apéndices	136

Lista De Figuras

Figura 1. Enfoque multisectorial de la eficiencia energética.....	12
Figura 2. Importancia de la Eficiencia Energética.....	13
Figura 3. Costos de Operación.....	13
Figura 4. Productividad de los Procesos.....	14
Figura 5. Impacto al Medio Ambiente.....	14
Figura 6. Diagrama de elementos de un sistema solar fotovoltaico.....	16
Figura 7. Tipos de Radiación.....	18
Figura 8. Sistema Fotovoltaico directamente conectado a una carga.....	19
Figura 9. Sistema Fotovoltaico de corriente directa con cargador fotovoltaico y baterías de Almacenamiento.....	20
Figura 10. Sistema Fotovoltaico de corriente directa que alimentan cargas de corriente alterna.....	20
Figura 11. Energías Renovables.....	29
Figura 12. Potencia Producida para Electricidad.....	31
Figura 13. Potencia Producida para Transporte y Calor.....	31
Figura 14. Uso de Bioenergía.....	32
Figura 15. Generación de Potencial en los departamentos de Cesar, Atlántico y Sucre.....	38
Figura 16. Partes de un Panel Solar.....	50
Figura 17. Panel y Células Fotovoltaicas.....	50
Figura 18. Batería.....	53
Figura 19. Regulador.....	54
Figura 20. Características de un Inversor.....	55
Figura 21. Sistema Solar Autónomo.....	56
Figura 22. Sistema Solar Conectado a la Red.....	57
Figura 23. Sistema Solar implementado en el Hospital Emiro Quintero Cañizares.....	58
Figura 24. Sistema Solar implementado en el Barrio Gustavo Alayon.....	59
Figura 25. Sistema Solar Implementado en el Barrio Landia.....	59
Figura 26. Sistema Solar Instalado en el Barrio El Palomar.....	60
Figura 27. Luminaria de la Zona Social del Edificio San Agustín Torre Club.....	66
Figura 28. Localización de Ocaña Norte de Santander.....	70
Figura 29. Mapa de Radiación Solar en Colombia.....	72

Figura 30. Empotramiento de Vigas	117
Figura 31. Diagrama de Fuerzas	118
Figura 32. Diagrama de Esfuerzos y Momentos.....	119
Figura 33. Análisis Estático de Desplazamiento	120
Figura 34. Estructura para los Paneles Solares	121
Figura 35. Panel Solar.....	121
Figura 36. Ensamble de la Estructura	121
Figura 37. Consumo Energético mes a mes de San Agustín Torre Club.....	122

Lista De Tablas

Tabla 1. Consumo Primer Piso: Zona Comercial	66
Tabla 2. Consumo Primer Piso: Zona Residencial	67
Tabla 3. Consumo Segundo Piso	67
Tabla 4. Consumo Tercer Piso.....	68
Tabla 5. Consumo Octavo Piso.....	68
Tabla 6. Consumo Sótanos Piso 1 y 2.....	68
Tabla 7. Consumo Gradadas y Escaleras.....	69
Tabla 8. Valor de Radiación	71
Tabla 9. Masa de los Paneles	118
Tabla 10. Características del Consumo de los últimos tres meses del año 2017	123
Tabla 11. Presupuesto	124

Lista De Graficas

Grafica 1. Tiempo del Funcionamiento de los Sistemas Instalados en Ocaña	61
Grafica 2. Consumo por Equipos.....	62
Grafica 3. Tipos de Mantenimiento Realizados.....	63
Grafica 4. Consumo del Edificio por Sector	69

Lista De Apéndices

Apéndice 1. Catalogo Paneles Solares de 275W.....	136
Apéndice 2. Catalogo Paneles Solares de 325W.....	138
Apéndice 3. Mt 12V 200Ah	140
Apéndice 4. MT 12v155Ah.....	141

Capítulo 1. Estudio De Un Sistema Solar Fotovoltaico Autónomo Como Alternativa Al Uso De Energía Eléctrica Para La Zona Social Y Administrativa Del Edificio San Agustín Torre Club De La Ciudad De Ocaña Norte De Santander

1.1. Planteamiento del Problema

En la actualidad ha surgido un gran interés por buscar alternativas que permitan reducir los costos de la energía eléctrica que ha sido la principal causa de la crisis energética que se presenta, especialmente por parte de las industrias que cada vez consumen mayor cantidad en sus procesos productivos. Para esto se ha llevado a cabo el uso de sistemas renovables disponibles de forma natural como solar, eólica, mareomotriz y geotérmica.

En el edificio San Agustín Torre Club de la ciudad de Ocaña Norte de Santander el gasto de electricidad es elevado, debido a que los últimos meses ha incrementado considerablemente. Por esta razón se busca implementar un sistema fotovoltaico para la zona social y administrativa del lugar disminuyendo el costo económico y a su vez evitando los daños ambientales que se viven como el calentamiento global y el efecto invernadero donde se producen gases que hacen que se eleve la temperatura y la radiación del planeta, trayendo como consecuencias la contaminación del aire, el derretimiento de glaciales y los incendios forestales.

1.2. Formulación del Problema

¿Es viable la instalación y el uso de un sistema fotovoltaico autónomo en el edificio San Agustín Torre Club a la hora de reducir el consumo eléctrico en la zona social y administrativa del lugar?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General. Estudiar un sistema solar Fotovoltaico Autónomo como alternativa al uso de energía eléctrica para la zona social y Administrativa del edificio San Agustín torre club de la ciudad de Ocaña, Norte de Santander.

1.3.2. Objetivos Específicos.

- Analizar la importancia de un sistema solar fotovoltaico y las energías renovables a la hora de producir energía eléctrica.
- Establecer las dimensiones estructurales y energéticas que comprenden el sistema solar autónomo.
- Validar la implementación del sistema solar fotovoltaico teniendo en cuenta los costos de la energía eléctrica.

1.4. Justificación

La implementación de paneles solares implica un gran avance para la sociedad debido a que se obtiene de una fuente gratuita, limpia e inagotable, que nos libera definitivamente de la dependencia del petróleo o de otras alternativas contaminantes.

Mediante la realización de este proyecto se pretende que la zona social y administrativa del edificio San Agustín Torre Club sea autónoma energéticamente, realizando una inversión que se pueda recuperar a mediano o largo plazo puesto que a través de esta se reducirá el consumo eléctrico que a su vez bajara el costo económico de este recurso y beneficiara al medio ambiente que día a día se ve afectado por el mal uso que los seres humanos le dan a la naturaleza.

Por esta razón esta propuesta se enfocará en el diseño dimensionado y estudio de viabilidad económica de una instalación fotovoltaica en este lugar, puesto que la energía solar es el recurso más abundante y disponible en Colombia, la cual se puede aprovechar para variedad de usos.

1.5. Delimitaciones

1.5.1. Geografía. Este proyecto se llevará a cabo en las instalaciones del edificio San Agustín Torre Club, ubicado en la calle 11 Barrio San Agustín de la Ciudad de Ocaña Norte de Santander.

1.5.2. Conceptual. Este estudio se basará en las normas existentes en el país para la instalación de sistemas fotovoltaicos y energías limpias, como lo son la ley 1715 de 2014, por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional, mediante su integración al mercado eléctrico y la 697 de 2001 que mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones.

1.5.3. Operativa. Junto a los titulares del proyecto se cuenta con el apoyo del técnico encargado de la parte eléctrica del edificio y sus trabajadores quienes tienen conocimiento acerca del diseño eléctrico usado en este lugar.

1.5.4. Temporal. El tiempo que ha sido estimado para la realización de este proyecto es aproximadamente de 8 semanas, de acuerdo a las actividades que se llevarán a cabo.

Capítulo 2. Marco Referencial

2.1. Marco Histórico

2.1.1. A nivel Mundial. Aunque las celdas solares eficientes han estado disponibles recién desde mediados de los años 50, la investigación científica del efecto fotovoltaico comenzó en 1839, cuando el científico francés, Henri Becquerel descubrió que una corriente eléctrica podría ser producida haciendo brillar una luz sobre ciertas soluciones químicas. El efecto fue observado primero en un material sólido (el metal selenio) en 1877. (Isaza, 2016)

La primera célula capaz de convertir, de un modo eficaz, la luz del sol en energía eléctrica fue desarrollada en 1954 por Chapin, Fuller y Perarson. Desde este año estos dispositivos han sido mejorados y perfeccionados, utilizándose principalmente para la alimentación de satélites artificiales, para foto sensibilizar algunos equipos electrónicos y para alimentar pequeñas cargas en lugares remotos o de difícil acceso. (C., 2015.)

Desde principios de la década de los 80, cuando comenzaron a establecerse compañías fotovoltaicas en los Estados Unidos, la Solar Energy Research Institute (SERI) ahora, National Renewable Energy Laboratory (NREL) estableció métodos y estándares de prueba y funcionamiento para los módulos fotovoltaicos. Estas actividades ayudaron a las compañías a reducir sus costos y mejorar su funcionamiento, eficiencia y confiabilidad. (Gallego, 2013).

Las celdas solares de silicio disponibles comercialmente en la actualidad tienen una eficiencia de conversión en electricidad de la luz solar que cae sobre ellas de cerca del 18%, a una fracción del precio de hace treinta años. En la actualidad existen una gran variedad de métodos para la producción práctica de celdas solares de silicio (amorphas, monocristalinas o

policristalinas), del mismo modo que para las celdas solares hechas de otros materiales (seleniuro de cobre e indio, telurio de cadmio, arseniuro de galio, etc.). (Isaza, 2016)

Según (Carballo, 2016) es Europa la región líder, con una capacidad instalada de 51 GW, seguida por Japón (5 GW), EE. UU. (4,4 GW) y China (3,1 GW). Dentro de Europa España es líder.

En Chile se hacen grandes inversiones, como la planta “Amanecer Solar CAP”, considerada el parque solar fotovoltaico más grande de Latinoamérica, con una capacidad total instalada de 100 MW, que corresponden al consumo anual de 125.000 hogares. (Valencia., 2017)

2.1.2. A Nivel Nacional. En Colombia este sistema de generación se ha implementado en muchas partes a lo largo del territorio, algunas de ellas son:

Hospital Pablo Tobón en Medellín en el año 1984: Para reducir el consumo de energía, se instalaron en el año 1987 colectores solares de placa plana, los cuales reemplazaron una caldera que salió de servicio en la institución, de esta manera se instalaron 345 m² de colectores para calentar diariamente 22.500 litros de agua a 45°C centro Las Gaviotas en ciudad Salitre en Bogotá. (Isaza, 2016)

En la vereda San Roque, Cundinamarca dicha población cuenta con 60 viviendas rurales de las cuales 12 están sin servicio de energía eléctrica. El alcance del estudio para la implementación del sistema fotovoltaico prevé beneficiar aproximadamente 12 familias (48 personas) (CUELLAR, 2016)

Sistema solar de 2.8 kWp instalado por el antiguo ICEL (Instituto Colombiano de Energía eléctrica, hoy IPSE): en la Venturosa, Vichada, en 1996. Suministra energía a 120 V AC a una comunidad de 12 familias y centro escolar. Gracias a este tipo de generación se logra dar alcance en el suministro de energía eléctrica a comunidades alejadas. (Isaza, 2016)

En la ciudad de Buga en el Valle del Cauca. La empresa Synkrom Solar S.A.S. adelanta una solución fotovoltaica de 111 kW para una bodega industrial. El proyecto consta de 400 paneles solares. (CUELLAR, 2016)

Sistema fotovoltaico de 3.4 kWp del Oleoducto Caño Limón-Coveñas. En operación desde hace más de 20 años. Este sistema permite realizar la operación de equipos propios del oleoducto, facilitando las condiciones de alimentación eléctrica en áreas alejadas. Este sistema ha permitido contar con la disponibilidad de válvulas remotas sin realizar altas inversiones por suministros desde fuentes con generación tradicional hidráulica. (Isaza, 2016)

La Institución Educativa Martinica en la zona rural de Montería: Primer Colegio en Colombia que funciona con energía solar, cuenta con una instalación de 16 paneles solares que garantizan luz durante 24 horas. La iniciativa permite que aproximadamente 400 Kilogramos de CO₂ se dejen de emitir. (CUELLAR, 2016)

El proyecto de energía solar que el gobierno nacional, junto con el IPSE, llevaron a cabo en la Sierra Nevada de Santa Marta, y por medio del cual se vieron beneficiados siete comunidades que forman parte de las etnias Wiwa, Kogui y Arhuacos. (SALGADO, 2013)

Los paneles fueron instalados en una de las placas del techo de Sena San Gil y conectadas a la red de energía. los 32 paneles pueden llegar a producir más de 15 mil kilovatios al mes. (MANTILLA, 2016)

Gracias a un convenio con la Gobernación de Santander, y el programa colegios sostenibles, el Instituto Tecnico Industrial de Santander adquirió un panel solar que será usado por docentes y estudiantes. El unico en el casco urbano del Socorro. (ESPINOSA, 2018)

Según (SÁNCHEZ, 2017) se elabora un prototipo mediante el diseño de un sistema fotovoltaico (Panel solar, regulador, inversor y batería) para una vivienda rural ubicada en el municipio de Anapoima (vereda Golconda, Cundinamarca) que suministre la energía necesaria para alimentar el plano de cargas de 100W.

2.1.3. A Nivel Local. Se encuentran implementados varios paneles solares fotovoltaicos en la parte urbana de la ciudad tanto en la zona residencial como en entidades públicas al servicio de la comunidad, dentro de los que tenemos: la cooperativa Crediservir donde aprovechan la luz para iluminar fachadas y oficinas; el Hospital Emiro Quintero Cañizares que posee un sistema On grid el cual se caracteriza por inyectar la energía generada a su consumo sin necesidad de contar con un banco de almacenamiento.

Otros de estos, están ubicados en los barrios Gustavo Alayon y en el Palomar. Ambos para uso familiar en los que se cubre su luminaria y la gran parte de los electrodomésticos que allí se utilizan diariamente. También se observa en un edificio en construcción de Landia que por ahora permite la terminación de este.

2.2. Marco Conceptual

Eficiencia Energética: Se puede definir como el conjunto de acciones o medidas que permiten optimizar la energía destinada a producir un bien y/o servicio. (SRC., 2015)

Energías Renovables: Son aquellas que se producen de forma continua y son inagotables a escala humana. (Merino)

Electricidad: Es el flujo de los electrones a través de un circuito. Es una forma de energía que produce efectos luminosos, mecánicos, caloríficos, químicos, entre otros. (Camilo Uzquiano, 2016)

Energía Solar: Es la energía radiante producida en el Sol, como resultado de reacciones nucleares de fusión que llegan a la Tierra a través del espacio en paquetes de energía llamados fotones (luz), que interactúan con la atmósfera y la superficie terrestre. (Gallego, 2013)

Celda Solar: Unidad básica del sistema fotovoltaico donde se produce la transformación de la luz solar en energía eléctrica (CUELLAR, 2016)

Panel: Configuración de celdas fotovoltaicas laminadas entre un superestrato (vidrio) y un substrato encapsulado. (Camilo Uzquiano, 2016)

Arreglo o matriz: Está constituido por uno o más paneles conectados. (Camilo Uzquiano, 2016)

Corriente Continua: Es el tipo de corriente eléctrica producida por un generador que fluye solo en una dirección. (Camilo Uzquiano, 2016)

Corriente Alterna: Es la corriente eléctrica en la que el flujo se invierte a intervalos con una frecuencia regular. Este tipo de corriente es producida por alternadores, a través de su campo magnético, hace que los electrones fluyan primero en una dirección y luego en la opuesta. (Camilo Uzquiano, 2016)

Dimensionado: Proceso por el cual se estima el tamaño de una instalación de energía solar fotovoltaica para atender unas necesidades determinadas con unas condiciones meteorológicas dadas. (CUELLAR, 2016)

Inversor: El propósito fundamental es cambiar la corriente directa de los módulos fotovoltaicos y de las baterías a corriente alterna y finalmente posibilitar el funcionamiento de las cargas de corriente alterna. Se basan en el empleo de dispositivos electrónicos que actúan a modo de interruptores, permitiendo interrumpir las corrientes e invertir su polaridad. (Camilo Uzquiano, 2016)

Regulador de Carga: Es uno de los elementos más importantes para la protección y cuidado del sistema de almacenamiento, debido a que entrega una tensión constante al acumulador de energía, además, se encarga de controlar constantemente el estado de carga de las baterías para hacer el llenado óptimo y así alargar su vida útil. (SÁNCHEZ, 2017).

Batería: Almacenan energía eléctrica de corriente directa o continua en forma química. Su función es la de acumular la energía que se produce durante las horas del día para poder ser utilizada durante la noche o cuando haga mal tiempo (día nublado, lluvioso). (Camilo Uzquiano, 2016)

Radiación Solar: Cantidad de energía procedente del sol que se recibe en una superficie y tiempo determinados. (CUELLAR, 2016)

Sistema Fotovoltaico: Son sistemas que producen electricidad a partir de la luz solar. (Camilo Uzquiano, 2016)

Fotón: Cada una de las partículas que componen la luz. (CUELLAR, 2016)

Voltio: Es la unidad de fuerza que provoca el movimiento de los electrones en un alambre. Los valores de voltaje utilizados más frecuentemente son 12V y 24V en corriente continua. La mayoría de los hogares usan sistemas de 220V en corriente alterna (Camilo Uzquiano, 2016).

Amperio: Es la unidad de intensidad de corriente eléctrica que pasa por un cable. Así como una tubería se mide por el flujo de agua que pasa por ella, un cable se mide por el flujo de electrones. (Camilo Uzquiano, 2016)

Watt: Es la unidad de potencia eléctrica producida por un diferencial de potencia de un voltio y una corriente eléctrica de un amperio. La potencia expresada en watts indica el ritmo con el cual un aparato utiliza la energía eléctrica. (Camilo Uzquiano, 2016).

Inclinación: Ángulo que forma el panel fotovoltaico con una superficie perfectamente horizontal o a nivel. (CUELLAR, 2016)

Horas de Sol Pico: Es una unidad que mide la irradiación solar y se define como el tiempo en horas de una hipotética irradiancia solar constante de 1000 W/m². (Garcia, 2014)

Eficiencia: En lo que respecta a células solares es el porcentaje de energía solar que es transformada en energía eléctrica por la célula. (CUELLAR, 2016)

2.3. Marco Teórico

Eficiencia Energética: La eficiencia energética, es una alternativa orientada a eliminar el desperdicio y el uso innecesario de energía, sin disminuir la calidad de vida de las personas o la calidad y cantidad de los bienes de producción o servicios. (LÓPEZ, 2012).

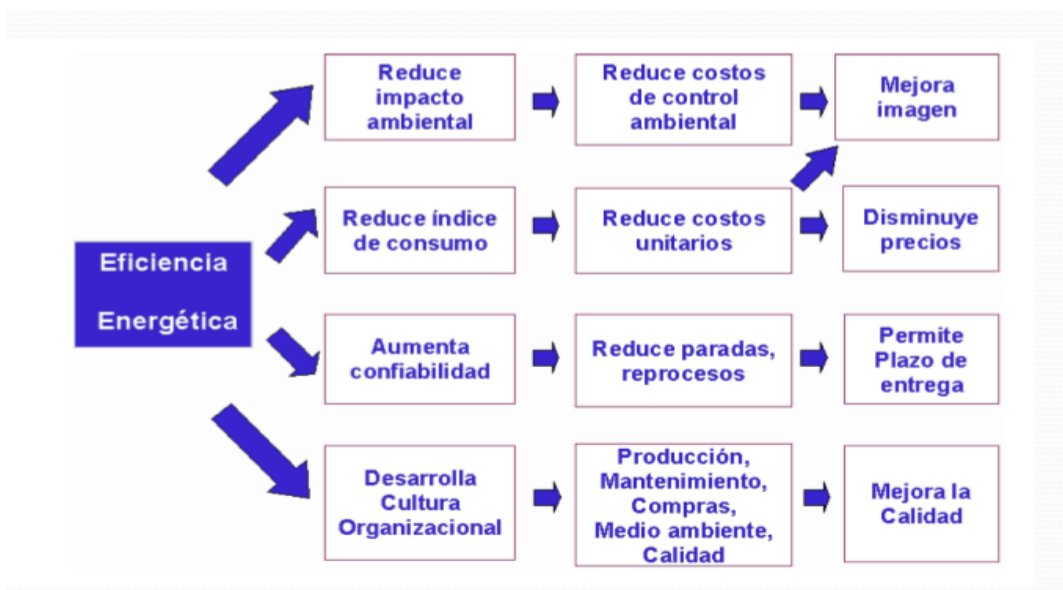


Figura 1. Enfoque multisectorial de la eficiencia energética.

Fuente: López 2012.

La eficiencia energética reduce la necesidad en la inversión en infraestructura de energía, disminuye el costo de energéticos y respalda la gestión ambiental de las empresas. “Eficiencia Energética y Energías renovables son las dos caras de una misma moneda”. (LÓPEZ, 2012).



Figura 2. Importancia de la Eficiencia Energética

Fuente: Guzmán Cabrera

¿Por qué ahorrar energía?

Disminuye sustancialmente los costos de operación.



Figura 3. Costos de Operación.

Fuente: Schneider Electric 2014

Mejora la productividad de los procesos

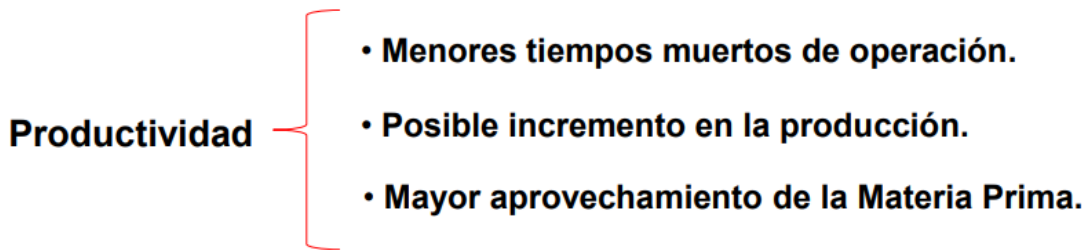


Figura 4. Productividad de los Procesos

Fuente: Schneider Electric 2014.

Disminuye el Impacto al Medio ambiente

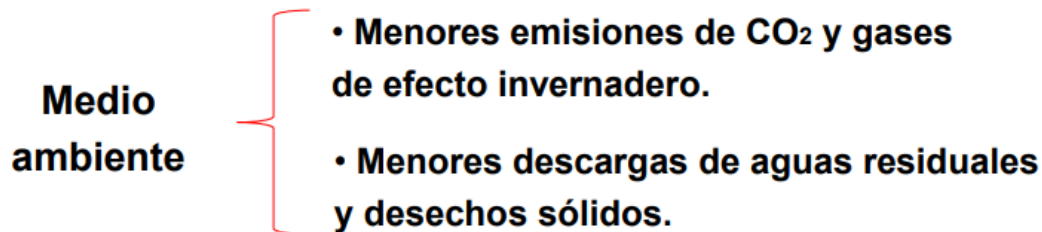


Figura 5. Impacto al Medio Ambiente

Fuente: Schneider Electric 2014.

Energías Renovables: Se denomina energía renovable a la energía que se obtiene de la naturaleza, se las considera inagotables, de gran cantidad de energía almacenada, y capaces de regenerarse por medios naturales. También se las llama energías alternativas debido a que pueden suplir a las energías o fuentes energéticas tradicionales, con un apreciable menor efecto contaminante. (Guerrero, 2012).

Se consideran renovables debido a que son sostenibles y no ponen en riesgo de agotamiento futuro los recursos. Además de ser respetuosas con el medio ambiente, no ocasionan efectos negativos sobre el entorno y los impactos ambientales, cuando los hay, son mucho menores que los producidos por las energías no renovables. (CALDERÓN, 2015).

Las energías renovables dentro de las cuales se incluyen: la energía solar fotovoltaica, eólica, geotérmica mareomotriz, etc. podrían solucionar muchos de los problemas ambientales, como el cambio climático, los residuos radiactivos, las lluvias ácidas y la contaminación atmosférica. (Guerrero, 2012) Las energías renovables cubren actualmente cerca del 20% del consumo mundial de electricidad. (SALGADO, 2013).

De acuerdo a lo establecido por (Guerrero, 2012) generan menos impactos ambientales que las energías convencionales, porque están integradas al entorno, dentro del gran ciclo natural de la energía que existe en el planeta.

Energía Solar Fotovoltaica: La energía fotovoltaica es la transformación directa de la radiación solar en electricidad. Esta transformación se produce en dispositivos denominados módulos fotovoltaicos. En los módulos fotovoltaicos, la radiación solar excita los electrones de un dispositivo semiconductor generando una pequeña diferencia de potencial. (Camilo Uzquiano, 2016). El desarrollo de la energía solar está delimitado por la intensidad y los ciclos de radiación solar captada por la superficie terrestre, las condiciones meteorológicas existentes y la posibilidad de convertir esta radiación en calor o electricidad. (CALDERÓN, 2015).

La energía fotovoltaica es de gran utilidad sobre todo en regiones aisladas donde no existe instalación de red eléctrica, situación generalizada en la que se encuentran comunidades indígenas en nuestro país. (Camilo Uzquiano, 2016).

La cantidad de energía solar aprovechable depende de muchos factores, algunos de ellos pueden ser controlados en el diseño e instalación del sistema (orientación, inclinación,

ubicación de paneles, etc.) y otros se escapan de control ya que están en función de la localización geográfica y meteorología de la instalación. (Guerrero, 2012).

Según (SÁNCHEZ, 2017). La figura muestra un diagrama de bloques que presenta los elementos que componen un sistema fotovoltaico para producción de energía eléctrica, en la que vemos como es el proceso de convertir energía lumínica en eléctrica.

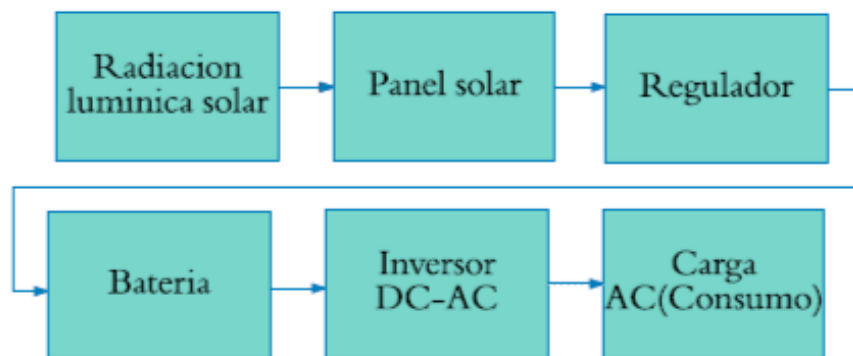


Figura 6. Diagrama de elementos de un sistema solar fotovoltaico

Fuente: Daniel Fernando Escamilla Rojas y Steven Romero Sánchez, 2017

La Energía Solar presenta características peculiares entre las que se destacan:

- Elevada calidad energética.
- Pequeño o nulo impacto ecológico.
- Inagotable a escala humana. (Guerrero, 2012).

Radiación solar: El sol es una gran estrella en donde suceden reacciones químicas y pequeñas fusiones atómicas que hacen que el sol convierta su masa en energía. La energía total irradiada por el sol es de aproximadamente $3,8 * 10^{26}W$, de la cual, la tierra recibe $1,7 * 10^{18}W$. (SÁNCHEZ, 2017).

La naturaleza de la radiación emitida por el Sol atraviesa el espacio vacío en todas direcciones. No sufre pérdidas apreciables por interacción con medios materiales. Sin embargo, la irradiancia solar, definida como la densidad de flujo radiante solar, es atenuada de acuerdo con el cuadrado de la distancia. Parte de esta irradiancia solar es interceptada por el planeta Tierra. (RODRÍGUEZ, 2015).

La radiación puede llegar de tres maneras:

- **Radiación Directa:** Es la que llega desde el sol, sin que sufra algún desvío en su camino. (EnDev/GIZ, 2013). De acuerdo a (SIMEC CHILE) llega directamente del Sol hasta algún objeto o superficie terrestre, sin reflexiones o refracciones en su recorrido. Este tipo de radiación puede reflejarse y concentrarse para su utilización. Además se caracteriza por producir sombras bien definidas de los objetos que se interponen en su trayecto.
- **Radiación Difusa:** Es la que sufre cambios en su dirección, principalmente debido a la reflexión y difusión de la atmósfera. (EnDev/GIZ, 2013).
- **Radiación Reflejada:** Es la que pasando por la atmósfera es reflejada por el suelo o cualquier otra superficie cercana. (C., 2015.).

A continuación podemos ver los tipos de radiación que llegan a la tierra.

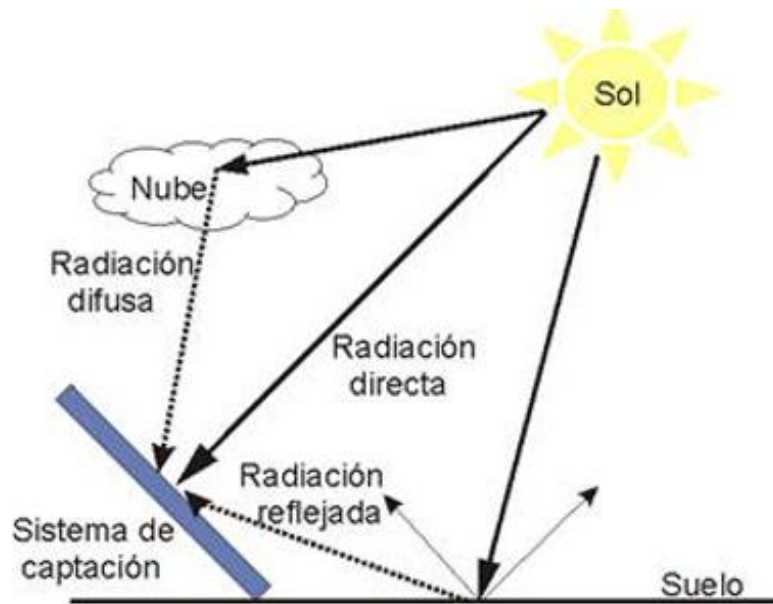


Figura 7. Tipos de Radiación
Fuente: C, Jacobo Romero 2015.

Es importante conocer el comportamiento de la radiación solar ya que es el combustible de las células fotovoltaicas y sin ésta no se produciría el efecto fotovoltaico. La radiación solar es un factor que depende de la posición del sol y de la tierra que se mueven siguiendo leyes de la física y también depende de la atmósfera de la tierra que posee cualidades que permanecen constantes y otras que son totalmente aleatorias. (C., 2015.)

A la hora de medir la radiación solar se debe tener en cuenta, estos dos términos, por medio de los cuales la podemos conocer: el primero según (C., 2015.) es irradiación que se trata de la cantidad de energía recibida en un período de tiempo y el segundo es irradiancia, que consiste en la potencia recibida en un instante.

Sistemas Solares Fotovoltaicos: Se define como sistema fotovoltaico al conjunto de componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos que concurren para captar y transformar la energía solar disponible, transformándola en utilizable como energía eléctrica. (Guerrero, 2012)

Efecto Fotovoltaico: Se define como la conversión de la radiación solar en electricidad, mediante materiales semiconductores que tienen la propiedad de absorber fotones y emitir electrones. (C., 2015.)

Configuraciones de los sistema fotovoltaicos: Los sistemas fotovoltaicos según lo establecido por (Camilo Uzquiano, 2016) pueden ser configurados de muchas maneras dependiendo de las necesidades del usuario, la disponibilidad de equipos y el costo. Existen tres grupos:

- a. Sistemas Autónomos o Independientes, cuyo funcionamiento solo depende de la luz del sol.
- b. Sistemas Híbridos, que integran otras fuentes de energía.
- c. Sistemas interconectados a la red pública de electricidad.

Los sistemas autonomos, se pueden ver de las siguientes maneras:

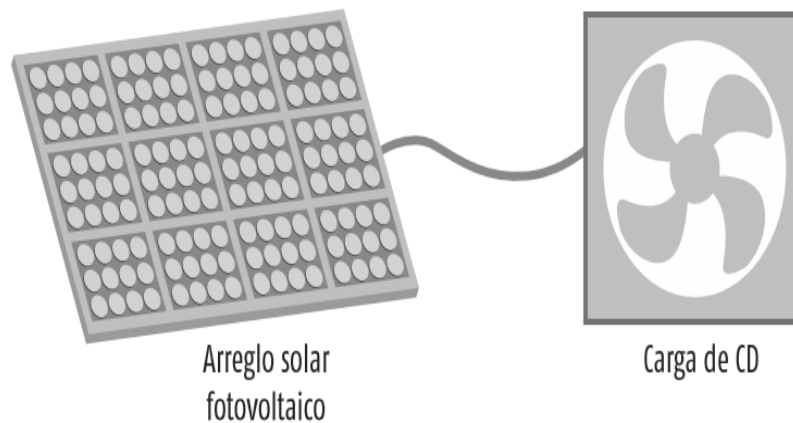


Figura 8. Sistema Fotovoltaico directamente conectado a una carga
Fuente: (Camilo Uzquiano, 2016).

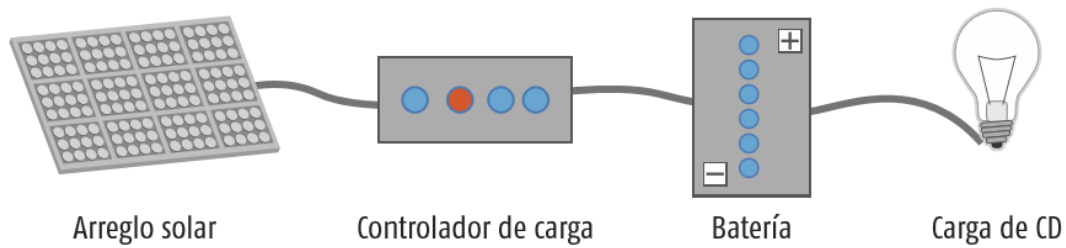


Figura 9. Sistema Fotovoltaico de corriente directa con cargador fotovoltaico y baterías de Almacenamiento.
Fuente: (Camilo Uzquiano, 2016).

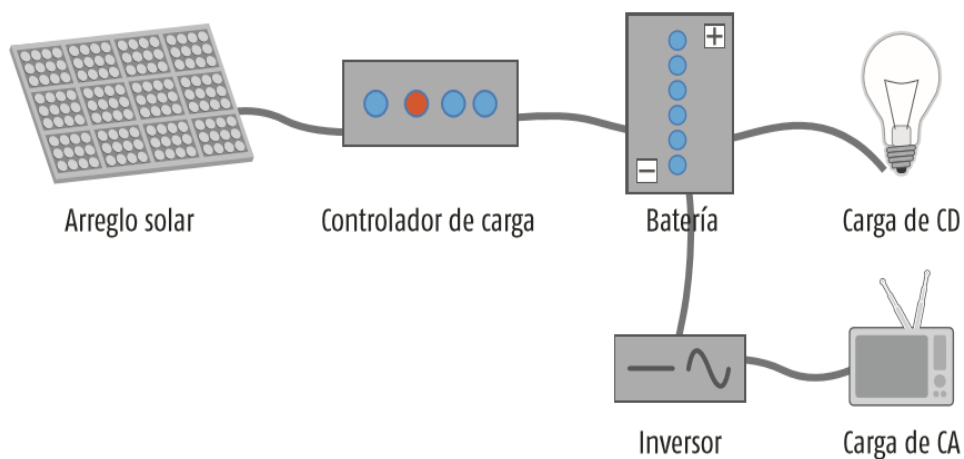


Figura 10. Sistema Fotovoltaico de corriente directa que alimentan cargas de corriente alterna
Fuente: (Camilo Uzquiano, 2016).

Dimensionamiento: Las necesidades de dimensionamiento están condicionadas por tres factores importantes: la necesidad de garantizar un suministro constante aún en las peores condiciones ya que no se dispone de otra fuente de energía, la disponibilidad de equipos en el mercado y el elevado costo de los equipos. (Camilo Uzquiano, 2016)

Mantenimiento y Vida Útil. La vida útil de un panel determina la cantidad de años que puede estar en correcto funcionamiento y viene determinada por su fabricante. (CALDERÓN, 2015).

La exposición de la superficie de los módulos al polvo seco y a la tierra puede reducir la transmisión de luz y energía. Es preciso determinar la frecuencia de limpieza de los

módulos fotovoltaicos, la cual para lugares donde la lluvia se presente en suficientes cantidades, esta puede eliminar la suciedad casi tan efectivamente como la limpieza manual. (CALDERÓN, 2015).

Entre otras labores que se requieren sobre los paneles están “la verificación de los elementos de sujeción y conexión, el estado de degradación de los elementos constructivos y comprobación del estado de la red para proteger de sobretensiones”. (J, 2012).

Además, para asegurar su adecuado funcionamiento es de vital importancia evitar golpes e incorrectas manipulaciones.

Beneficios de un Sistema Solar Fotovoltaico: El atractivo de las tecnologías fotovoltaicas es potente, pues se trata de equipos limpios, silenciosos y confiables que son totalmente amigables con el medio ambiente y pueden durar más de tres décadas. Además, tienen muy bajos costos operacionales y de mantenimiento, puesto que no poseen partes móviles ni requieren de ningún insumo a excepción de la luz solar. (Bate., 2014).

2.4. Marco Legal

Ley 1715 de 2014: “Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional”.

Busca promover el aprovechamiento de las fuentes no convencionales de energía, así como al fomento de la inversión, la investigación y el desarrollo de tecnologías limpias. Se

creará el Fondo de Energías No Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía, orientado a financiar los programas de eficiencia energética.

Con esta norma, Colombia continúa dando pasos importantes en procura de un sistema energético más limpio, que involucre a las administraciones públicas, a la empresa privada y a las autoridades locales, e incentive la penetración de las fuentes no convencionales de energía con criterios de sostenibilidad medioambiental, social y económica.

Ley 697 de 2001: “Mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones”.

Ésta define como propósito nacional avanzar hacia la utilización de fuentes renovables en pequeña escala y, particularmente, apoya la investigación básica y aplicada para que, con el tiempo, se reduzcan costos y se amplíe la capacidad de energías como la eólica, la solar, la geotérmica o la de biomasa.

Decreto 2811 de 1974: “Código Nacional de Recursos Renovables y Protección del Medio Ambiente”.

Decreto 2501 de 2007: “Por el cual se dictan medidas para promover prácticas de uso racional y eficiente de energía eléctrica”.

Norma NTC 2050: “Instituto Colombiano de Normas y Certificaciones, “Código Eléctrico Colombiano”.

Norma NTC 2775. Energía Solar Fotovoltaica. Terminología y Definiciones

Norma NTC 1736. Energía Solar. Definiciones y Nomenclatura.

Norma NTC 2775. Energía Solar Fotovoltaica. Terminología y Definiciones.

Norma NTC 4405 Eficiencia Energética. Evaluación de la Eficiencia de los Sistemas Solares Fotovoltaicos y sus Componentes.

Norma NTC 2050. Instituto Colombiano de Normas y Certificaciones, “Código Eléctrico Colombiano”.

Norma NTC 5513. Dispositivos Fotovoltaicos parte 1: Medida de la Característica Intensidad Tensión de los Módulos Fotovoltaicos.

Norma NTC5287.Componentes de Acumulación, Conversión y Gestión de Energía de Sistemas Fotovoltaicos. Calificación del Diseño y Ensayos Ambientales.

Norma NTC 5509. Ensayo Ultravioleta para Módulos Fotovoltaicos.

Capítulo 3. Diseño Metodológico

3.1. Tipo de Investigación

A la hora de desarrollar este proyecto se tendrán en cuenta los tipos de investigación de carácter cuantitativo y cualitativo. El primer enfoque se basará en un estudio tecnológico o del diseño que consiste en un proceso por el cual se busca soluciones concretas a problemas, satisfacción de necesidades empleando como método el diseño de artefactos, procesos o sistemas, dado que por medio de la integración de los componentes de un sistema solar fotovoltaico se busca disminuir el consumo del edificio y a su vez proteger el medio ambiente, apoyándose en las ciencias experimentales y las matemáticas.

El segundo modelo fundamentado en la observación permite conocer la realidad del edificio y la viabilidad del uso de esta fuente de energía renovable o también llamada del futuro.

3.2. Población y Muestra

La población objeto de estudio serán las personas de la ciudad de Ocaña Norte de Santander, en particular aquellas que cuentan con el uso de un sistema solar fotovoltaico y también las que transitan o trabajan en la zona social del edificio San Agustín Torre Club.

Para la ejecución del proyecto se entrevistará a una persona de cada lugar donde esta implementado este modo de obtención de energía.

3.3. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información

Se llevarán a cabo las siguientes técnicas para obtener la información necesaria visitas al edificio con el fin de conocer el consumo eléctrico de la zona social de dicho lugar y para llevar a cabo las mediciones necesarias a la hora de calcular el sistema.

Observación de los diferentes sistemas solares instalados en Ocaña Norte de Santander. Encuestas a las personas que cuentan con la implementación de un sistema solar fotovoltaico en la ciudad.

3.4. Metodología

La investigación será realizada en las siguientes fases:

3.4.1. Fase I: Analizar la importancia de un sistema solar fotovoltaico y las energías renovables a la hora de producir energía eléctrica. En esta primera instancia del proyecto se cumplirá con el objetivo específico de conocer un sistema solar fotovoltaico por medio de las siguientes actividades:

Actividad 1: Recopilar información acerca del uso de las energías renovables y la instalación de Paneles Solares Fotovoltaicos en Colombia y el Mundo.

Actividad 2. Conocer las Normas y Decretos que rigen en Colombia el uso de las energías renovables y los sistemas solares Fotovoltaicos.

Actividad 3. Identificar los elementos necesarios a la hora de elegir la instalación de un sistema solar fotovoltaico

Actividad 4. Reconocer los lugares de la ciudad que cuentan con un sistema solar fotovoltaico.

3.4.2. Fase II: Establecer las dimensiones estructurales y energéticas que comprenden el sistema solar autónomo. En esta segunda etapa se realizarán los cálculos pertinentes para la estructura y los diferentes elementos que componen el sistema solar. Para esto se llevarán a cabo las siguientes actividades:

Actividad 1. Conocer el consumo eléctrico de la zona social del edificio.

Actividad 2. Realizar los respectivos cálculos de cada uno de los elementos del sistema solar fotovoltaico: paneles solares, regulador, baterías e inversor.

Actividad 3. Obtener los cálculos estáticos para la estructura de los paneles solares.

Actividad 4. Realizar el diseño mediante solidworks de la estructura que soportara los paneles solares fotovoltaicos.

3.4.3. Fase III: Validar la implementación del sistema solar fotovoltaico teniendo en cuenta los costos de la energía eléctrica. Después de haber definido el sistema solar fotovoltaico adecuado para el edificio se realizará la factibilidad económica con el fin de

saber el costo final con el fin de determinar el tiempo de recuperación de la inversión, esto se logrará por medio de las siguientes actividades:

Actividad 1. Analizar el consumo por facturación del edificio.

Actividad 2. Calcular el presupuesto de inversión, a través de cotizaciones.

Actividad 3. Evaluar la tasa interna de retorno (TIR), la tasa de recuperación contable (TRC), el periodo de la inversión (PRI).

Capítulo 4. Presentación de Resultados

4.1. Recopilar información acerca del Uso de las Energías Renovables y la Instalación de Paneles Solares Fotovoltaicos en Colombia y el Mundo.

Energías Renovables a nivel Mundial.

Para desarrollar esta actividad se realizó una investigación en algunas de las bases de Datos conocidas y en tesis ya realizadas, lo que permitió recolectar información acerca del tema de estudio, donde hasta la presente se ha explorado ampliamente en el área de energías alternativas como uno de los medios para proveer un desarrollo sostenible a nivel mundial.

Entre las distintas fuentes de energía, las renovables son aquellas que se producen de forma continua y son inagotables a escala humana, como la energía solar, eólica, biomasa, geotérmica o marítima. (Paul, 2013) Se entenderá por Energías Renovables No Convencionales o ERNC, a todas aquellas fuentes de generación energéticas en las cuales no se incurre en el consumo gasto o agotamiento de su fuente generadora. (Energía, 2012).

Caso particular que es importante a considerar, es lo que sucede con la energía hidráulica, dado que ella se nutre energéticamente de la fuerza mecánica del agua, o sea, una fuente que cae claramente en la denominación de energía renovable, pero no coincide en la categoría de fuentes no convencionales, por tratarse de un proceso de generación de tipo convencional. (Energía, 2012).

Puesto que según (Chamas, 2017) frente a los distintos fenómenos de cambio climático y calentamiento global es necesario la implementación de procesos a favor del cuidado del medio ambiente.

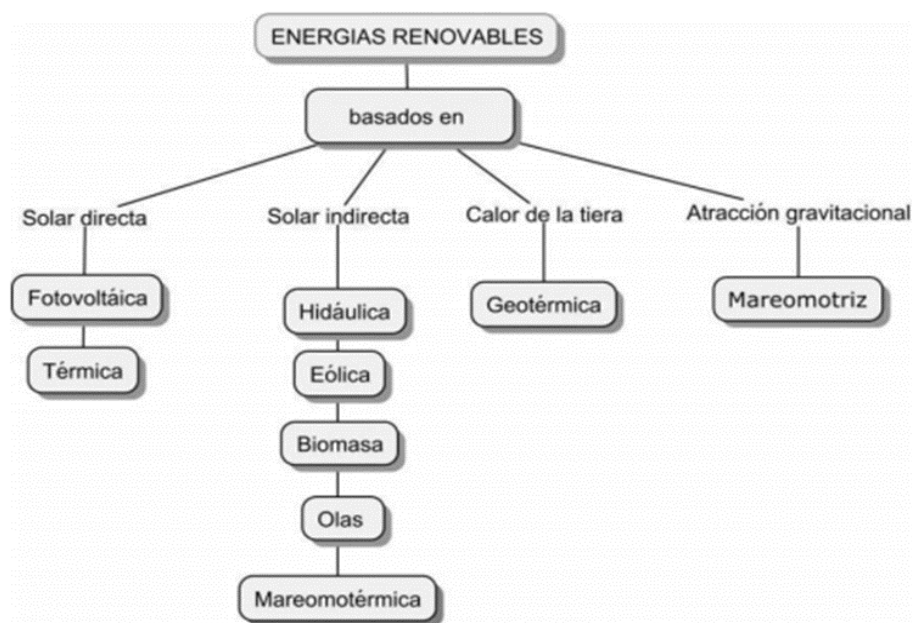


Figura 11. Energías Renovables

Fuente: (Bioenergía, 2016)

Los países con mayor participación de energías renovables en su producción de electricidad en 2014, fueron Noruega (98,0%), Nueva Zelanda (79,0%) y Brasil (73,4%) (Bioenergía., 2016).

El 2015 fue un año notable para la energía renovable, pues contó con las mayores incorporaciones de capacidad mundial vistas hasta la fecha. (Renovables, 2016).

Al ser uno de los países más largos del mundo, las costas de Chile otorgan un enorme potencial para el desarrollo de proyectos de energía mareomotriz. La radiación solar incipiente entre las latitudes de Temuco y Arica –sin considerar el desierto de Atacama– supera a la mayoría de los países europeos, ofreciendo una extraordinaria oferta solar,

facilitándose la instalación de sistemas solares fotovoltaicos y térmicos. La subsidencia de la placa tectónica de Nazca por debajo de la Sudamericana, es responsable del afloramiento superficial del calor terrestre, explotable por la geotermia y los ricos suelos del sur, generan grandes cantidades de biomasa (Paul, 2013).

Existen mercados en los que la distribución de la generación renovable a pequeña escala ha despegado, o comienza a hacerlo. Bangladesh es el mayor mercado del mundo para sistemas solares domésticos, mientras que otros países en desarrollo (por ejemplo, Kenia, Uganda y Tanzania, en África; China, India y Nepal en Asia; Brasil y Guyana en América Latina) están experimentando una rápida expansión de sistemas renovables a pequeña escala, incluyendo mini-redes de energía renovable, y así poder abastecer de electricidad a las personas que viven alejadas de la red. (Renovables, 2016).

Actualmente, las energías renovables se han establecido en todo el mundo como una importante fuente de energía. La cual no solo es usada para la generación de electricidad, sino que además en 2015, así como en años anteriores, la mayoría de las políticas adoptadas en el sector del transporte renovable se enfocaron al transporte por carretera mediante el apoyo a la producción y utilización de biocombustibles. (Renovables, 2016).

Por otro lado, las políticas que se adoptaron estaban dirigidas principalmente a tecnologías renovables de calentamiento más que a tecnologías renovables de enfriamiento, centrándose primordialmente en opciones de calentamiento solar térmico a pequeña escala en edificios residenciales y comerciales, tales como calentadores solares de agua. (Renovables, 2016)

ELECTRICIDAD			
Capacidad de electricidad renovable (total, sin incluir hidráulica)	GW	665	785
Capacidad de energía renovable (total, incluyendo energía hidráulica)	GW	1.701	1.849
 Capacidad de energía hidráulica ²	GW	1.036	1.064
 Capacidad de bioenergía ³	GW	101	106
 Generación de bioenergía (anual)	TWh	429	464
 Capacidad de energía geotérmica	GW	12,9	13,2
 Capacidad de energía solar FV	GW	177	227
 Energía solar térmica de concentración	GW	4,3	4,8
 Capacidad de energía eólica	GW	370	433

Figura 12. Potencia Producida para Electricidad

Fuente: (Renovables, 2016)




CALOR			
 Capacidad de calentamiento solar de agua ⁴	GW _{th}	409	435
TRANSPORTE			
 Producción de etanol (anual)	billones de litros	94,5	98,3
 Producción de biodiésel (anual)	billones de litros	30,4	30,1

Figura 13. Potencia Producida para Transporte y Calor

Fuente: (Renovables, 2016)

El uso de bioenergía ha prosperado con mayor rapidez con un crecimiento acelerado, particularmente notable en la producción de China, Japón, Alemania y Reino Unido. Las regiones y los países desarrollados, incluyendo Australia, Europa, Japón y América del Norte, han experimentado un crecimiento significativo con respecto a la cantidad de consumidores residenciales e industriales que producen su propia electricidad. (Renovables, 2016)

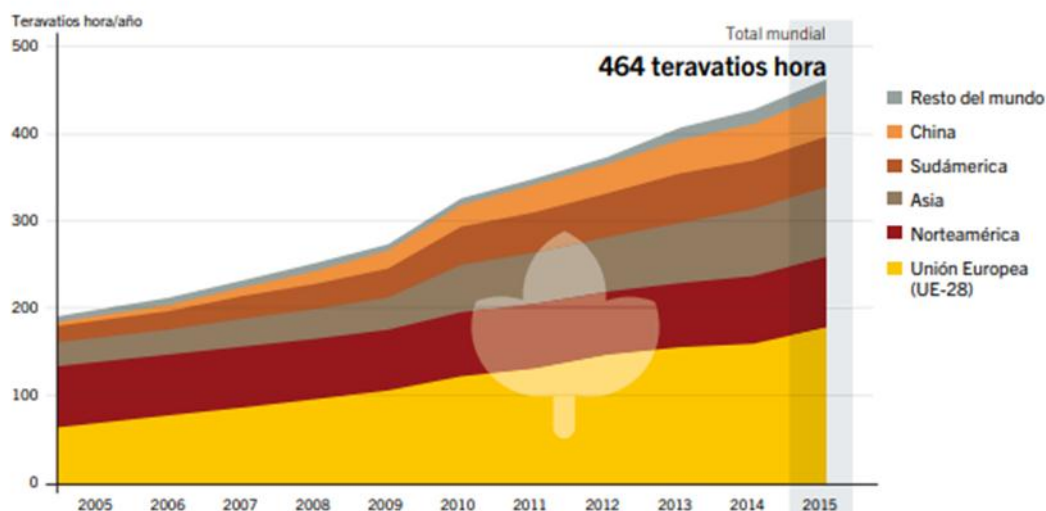


Figura 14. Uso de Bioenergía
Fuente: (Renovables, 2016)

Energías Renovables a nivel Nacional.

El PROGRAMA DE ENERGÍA LIMPIA DE COLOMBIA en un período de cinco años (2012-2017), y con un presupuesto de \$ 18,6 millones, tiene como objetivo aumentar el acceso a las energías renovables (ER) y prácticas de Eficiencia Energética (EE) en Colombia. (USAID(CEEP), 2016).

Cuatro departamentos (Nariño, Guajira Tolima y Chocó) han diseñado Planes de Energización Rural Sostenible (PERS). Nuevos PERS están siendo diseñados, para 7 departamentos más. (USAID(CEEP), 2016).

Algunos de estos son:

- Sistemas de bombeo solares y manuales de agua para 38 comunidades indígenas de la Guajira (Proyecto en etapa de implementación con la Fundación Cerrejón Guajira Indígena). (USAID(CEEP), 2016). Dado que de acuerdo a (PERDOMO., 2015.). El departamento de La guajira, no cuenta con servicio de agua las 24 horas del día. Las comunidades Wayuu, representan el 48% de la población total. En la zona rural,

donde está el mayor asentamiento de esta población, la fuente de abastecimiento de agua, queda lejos de casa. Por esta razón, mujeres y niños se desplazan varias veces en el día, caminando largas distancias, bajo altas temperaturas y cargando un peso de 20 kilogramos en su cabeza, cuello y espalda, lo que ocasiona serios problemas de salud. Además, el almacenamiento del agua, no es adecuado. Las pimpinas, donde contienen el líquido vital, anteriormente han contenido petróleo, gasolina, manteca, entre otras sustancias, que afectan la calidad del agua.

- Sistemas de Energía Renovable instalados para los centros de educación y salud en la comunidad indígena Kogui de San Antonio en la Sierra Nevada de Santa Marta, beneficiando a más de 300 niños y personal de la zona. (USAID(CEEP), 2016).
- Parque Eólico Jepirachi: Genera energía eléctrica por medio de aerogeneradores. (SALGADO, 2013).
- Sistemas de producción de Energía Limpia para 14 Centros Educativos Rurales Indígenas (CERIS) en Antioquia. Proyecto completado en colaboración con EPM y la Gobernación de Antioquia. (USAID(CEEP), 2016).
- Sistemas solares de refrigeración para la comunidad de Punta Bonita (Río Cajambre, Buenaventura) para apoyar la cadena de valor de la pesca con lo cual se busca consolidar oportunidades de ingresos para más de 300 familias (USAID(CEEP), 2016). Esta región de pescadores y piangueras recibió un sistema fotovoltaico de 7,8 kilovatios para la sede de Pinpesca, en Punta Bonita, en cuyos techos se instalaron 32 paneles solares. También, 36 baterías que almacenan la energía para que funcione día y noche y 10 refrigeradores con capacidad de 225 litros cada uno. (GRAJALES, 2017).
- Primer sistema de energía, híbrido, solar/diésel, para beneficiar a más de 140 casas familiares, en la vereda ZNI de Punta Soldado (Buenaventura), en alianza con la

empresa de energía EPSA (USAID(CEEP), 2016). De acuerdo con (EPSA., 2016). la planta diésel que tenían en el pueblo funcionaba en la medida en que la comunidad tuviera o recibiera recursos para encenderla.

Epsa, una empresa Celsia, junto con el Programa de Energía Limpia para Colombia de USAID (Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional), analizaron la situación de esta isla de pescadores y se unieron para desarrollar un sistema híbrido, el cual consiste en generar electricidad con 288 paneles fotovoltaicos que captan la energía del sol y la transforma en eléctrica, para luego ser almacenada en 96 baterías, que cuentan con el respaldo de una planta diésel para los días de baja producción solar o de aumento en la demanda de las viviendas. (EPSA., 2016).

Energía Solar a nivel Mundial

Las plantas de energía solar más importantes que existen en todo el mundo:

- La central más importante está ubicada en California, Estados Unidos. Tiene una capacidad para generar 1.096 GW/h al año, suficiente para dar electricidad a 180.000 hogares. (UPME., 2015)
- Plantel energético TOPAZ: capaz de generar 1.096 GW/h al año, suficiente para dar electricidad a 180.000 hogares en California. Esta, por ahora, es la planta fotovoltaica más grande del mundo, con más de 9 millones de paneles solares y se desarrolla en un área de 26 kilómetros cuadrados. (UPME., 2015).
- California Valley Solar Ranch: al noroeste de Los Ángeles abarca 1.966 hectáreas de extensión. La planta es propiedad de la compañía eléctrica NRG Energy y fue desarrollado por el fabricante de paneles fotovoltaicos de SunPower. Sunpower también proporcionó 88.000 módulos de seguimiento que pivotan los paneles que les

permite absorber la máxima cantidad de rayos durante todo el día. Esta planta tiene capacidad para abastecer 100.000 hogares y cuenta con 550GW anuales de potencia. (UPME., 2015)

- Proyecto Mesquite Solar: Otra región rica en el recurso solar es el sur de Arizona. Con 413 GW al año el Proyecto Mesquite Solar está bien situado, a 100 kilómetros de la gran área metropolitana de Phoenix. Tiene el potencial para alimentar 260.000 hogares. La planta está a cargo de la eléctrica estadounidense, Sempra Energy con 800.000 paneles suministrados por el fabricante chino Suntech Power. (UPME., 2015).

Latinoamérica vive una revolución fotovoltaica encabezada por países como Chile que en 2012 apenas tenía 5MW de energía solar hoy día tienen más de 362MW y 873 MW en construcción y planeación. Este país lidera la revolución solar de Latinoamérica. (TODOS, 2015).

En Chile La Presidenta Michelle Bachelet inauguró recientemente el Copiapó, la planta “Amanecer Solar CAP”, considerado el parque solar fotovoltaico más grande de Latinoamérica y uno de las más importantes del mundo. El proyecto fue desarrollado, construido e interconectado por la empresa SunEdison, líder a nivel mundial en el sector de la energía solar fotovoltaica. (CUELLAR, 2016)

México ha inaugurado la última fase de la planta solar más grande de Latinoamérica. Aura Solar I se instaló en Baja California Sur en un tiempo récord de siete meses y a partir de septiembre de 2013 empezó a convertir los rayos de sol en corriente alterna, la cual ya alcanza a una parte del país. La planta abrirá en su totalidad, generando energía limpia para

alimentar a millones de mexicanos. Sus instalaciones ocupan 100 hectáreas del Parque Industrial de La Paz. (CUELLAR, 2016)

También países como Perú están promoviendo el uso de energía solar. El desafío del sector es llevar energía a 2,2 millones de peruanos de las zonas rurales a través de la extensión de redes y soluciones no convencionales como los paneles solares, para lo cual se empezará adjudicando un proyecto de financiamiento, instalación, operación y mantenimiento de hasta 500 mil paneles solares. (CUELLAR, 2016)

En Centroamérica.

En Panamá, 31 empresas participaron de la primera licitación para la contratación de energía solar a gran escala. Iván Barría, Gerente General de la Empresa de Transmisión Eléctrica (ETESA) dijo que ‘mediante esta licitación de 66 MW se está incentivando la inversión privada en energía renovable que resultarán en unos 120 millones de dólares. (TODOS, 2015)

Guatemala tiene una de las mayores plantas fotovoltaica de la región con 5 MW de potencia y cerca de 20 mil paneles solares El país también ha incrementado el uso domiciliario de energía solar. Pequeños hoteles exploran diferentes alternativas para generar energía con la irradiación, según ha informado la Asociación de Pequeños Hoteles de Guatemala (TODOS, 2015)

El Gobierno de El Salvador y tres empresas de energía eléctrica firmaron cuatro contratos para la producción y el suministro de 94 megavatios de energía solar por un monto cercano a los 250 millones de dólares. (TODOS, 2015)

Honduras avanza en un proyecto de 200 millones de dólares en la zona de Choluteca que en 2015 podría generar hasta 200MW. La Universidad Pedagógica de Honduras estudia un proyecto fotovoltaico de 90 millones de dólares que suministraría electricidad al campus.

Además, las empresas Cohessa y Soposa están invirtiendo en proyectos que podrían generar más de 50MW de energía solar en la zona del caserío de Talpetate, departamento de Valle. (TODOS, 2015)

En 2013 China y Costa Rica firmaron acuerdos por 30 millones de dólares para financiar la instalación de 50 mil paneles solares. Además, a inicios de este año el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) anunció el avance de un plan piloto para el uso de energía solar residencial que aspira alcanzar a 600 mil clientes. (TODOS, 2015)

En 2013 Nicaragua inauguró una planta solar de 1.3MW con apoyo de Japón y este año construyó una planta de 3.1MW con tecnología de la firma Canadian Solar. Así mismo se autorizó a la firma HMV PIONEER realizar estudios para la construcción de una planta de generación solar en el departamento de Chinandega la que podría producir 100 megavatios de energía. Jóvenes y mujeres impulsan una revolución solar en Nicaragua Para el año 2016 se espera llevar el servicio eléctrico a más de veinte mil viviendas en zonas rurales aisladas y en este proceso la energía solar jugará un papel determinante. (TODOS, 2015)

Colombia se encuentra ubicada en una zona privilegiada del trópico, donde la posición del sol no posee mayor variación durante el año y, por consiguiente, la luminiscencia mantiene un valor constante. (Chamas, 2017) De acuerdo a Suramérica (CALDERÓN,

2015). Su ubicación en la zona ecuatorial posibilita contar constantemente con radiación solar en ciertas partes del territorio, con un valor medio de 4.5 kWh/m². Teniendo en cuenta lo anterior, el incremento de la posibilidad de aprovechar el potencial renovable con proyectos en diferentes áreas del país, puede posicionarlo como líder en Suramérica.

Al ser la energía fotovoltaica proveniente de un recurso inagotable como es el sol, la utilización de esta energía en Colombia ayudara abasteciendo aquellas poblaciones que carecen de energía. (SALGADO, 2013).

En la costa norte colombiana, tenemos tres departamentos Atlántico, Cesar y Sucre que suman 7 proyectos con fuente de energía solar. El departamento del Cesar está en el primer lugar con un 59,4%, seguido de Atlántico (24,1%) y un tercer lugar Sucre (16,5%) de la generación potencial total de 120 Megavatios (MW). (CUELLAR, 2016).

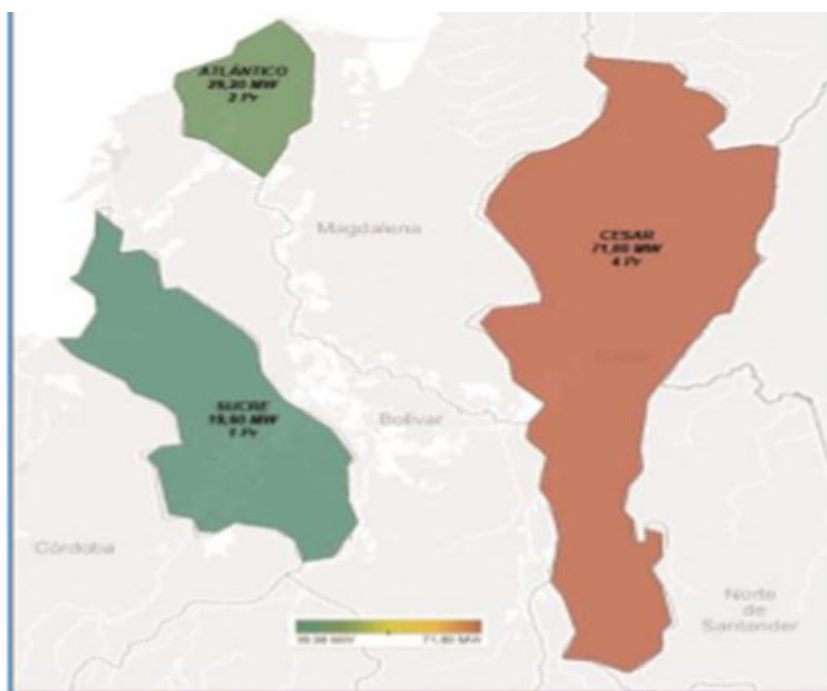


Figura 15. Generación de Potencial en los departamentos de Cesar, Atlántico y Sucre

Fuente: (CUELLAR, 2016)

Además de estas partes del país, se ven también proyectos ya instalados reconocidos a nivel nacional.

Cuadro 1.

Lugares de Colombia que cuentan con un Sistema Solar

Titulo	Ubicación	Descripcion
Hospital Pablo Tobón	Medellín	Se instalaron colectores solares de placa plana en reemplazo de una cadera que salio del servicio de la institucion
Sistema solar de 2.8 kW instalado por el antiguo ICEL (Instituto Colombiano de Energía eléctrica, hoy IPSE)	Venturosa, Vichada	Suministra energía a 120 V AC a una comunidad de 12 familias y centro escolar
La Institución Educativa Martinica	Monteria	Primer Colegio en Colombia que funciona con energía solar, cuenta con una instalación de 16 paneles solares que garantizan luz durante 24 horas
Universidad Autónoma de occidente	Cali	Planeó instalar un sistema de energía solar que apoyará el suministro de energía en la universidad. Cuenta con 368 paneles.
Institución Pública Ramón B. Jimeno	Bogota	Esta institución cuenta con 100% de iluminación producida con energía solar gracias a la instalación de 148 paneles solares
Sistema fotovoltaico de 3.4 kW	Oleoducto Caño limon Coveñas	Este sistema permite realizar la operación de equipos propios del oleoducto, facilitando las condiciones de alimentación eléctrica en áreas alejadas
Instituto Tecnico Industrial de Santander	El Socorro, Santander	Adquirió un panel solar que será usado por docentes y estudiantes. El unico en el casco urbano del Socorro
Sena	San Gil, Santander	Los paneles fueron instalados en una de las placas del techo y conectadas a la red de energía.Producen mas de 15 mil Kw al mes
Generación con sistema hibrido Solar – Diesel Titumate	Ungia, Choco	El proyecto que se desarrolla incluye estudio de demanda, Instalación del sistema de generación fotovoltaica, diseño y construcción de redes de baja tensión, acometidas y luminarias ahorradoras
Construcción y puesta en operación de 125 kw de energía solar fotovoltaica	La Guajira y Bolívar (Isla Fuerte)	Se está implementando una instalación de 10 seguidores solares de dos ejes, ocho de los cuales estarán ubicados en la Alta Guajira y dos en Isla Fuerte, con una capacidad de 12.5 kW cada uno, para un total de 125 kW
Generación con sistema hibrido Solar – Eólico, Nazareth	Nazareth, departamento de La Guajira	El proyecto que se desarrolla incluye estudio de demanda, de potencial de generación de organización comunitaria y generación de energía eléctrica
Implementación de energía solar en edificaciones	San Andrés	Implementación de tecnologías de sistemas solares con evaluación del comportamiento en instalaciones residenciales y comerciales, igualmente se contempla la implementación de energía solar térmica
Implementación de sistemas de energía solar en el Guaviare	San José del Guaviare	Construcción de sistemas de energía solar fotovoltaica para 451 viviendas de la zona rural sin energía eléctrica
El proyecto de energía solar que el gobierno nacional, junto con el IPSE, llevaron a cabo en la Sierra Nevada de Santa Marta, y por medio del cual se vieron beneficiados siete comunidades que forman parte de las etnias Wiwa, Kogui y Arhuacos	La Sierra Nevada de Santa Marta	Se está garantizando la prestación del servicio las 24 horas del día, y se está ayudando a que la población se beneficie con luz eléctrica para escuelas y centros médicos, esto último es de vital importancia puesto que el acceso a un flujo continuo de electricidad permite conservar vacunas y medicamentos en refrigeradores.

Fuente: Autor del proyecto

4.1.2. Conocer las Normas y Decretos que rigen en Colombia el uso de las energías renovables y los sistemas solares Fotovoltaicos.

LEY 1715 DE 2014

Para el caso colombiano, el desarrollo de actividades en el sector energético específicamente con energías no convencionales se enmarca según la ley 1715 de 2014 “por medio del cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional”. (CUELLAR, 2016)

Pues según dicha ley se busca promover el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, en el sistema energético nacional, mediante su integración al mercado eléctrico, su participación en las zonas no interconectadas y en otros usos energéticos como medio necesario para el desarrollo económico sostenible, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la seguridad del abastecimiento energético. (REPUBLICA, 2014)

A partir de este marco se da conocer aspectos importantes, en especial en los incentivos a la inversión para promover la llegada de capital; desde el punto de vista ambiental que se encauza en la disminución paulatina de energía de origen fósil (efecto invernadero) y tal vez a nivel social en la disminución en la instalación de proyectos hidroeléctricos, esto por el tema de los asentamientos humanos que por la obligatoriedad migran a un cambio de hábito económico-cultural y de uso de la tierra. Se espera que a través de dicha legislación a la final supla a largo plazo las necesidades energéticas, ambientales y sociales del país. (CUELLAR, 2016)

(CUELLAR, 2016) Dice, “la ley 1715 contempla cuatro tipos de incentivos a la inversión en fuentes no convencionales de energía: deducción de la renta líquida, en un período de 5 años, del 50% de la inversión realizada sin exceder el 50% de dicha renta; exclusión del IVA de los equipos, elementos materiales, servicios, etc.; exención arancelaria de los componentes importados que no tengan oferta nacional y depreciación acelerada de los activos. Estos incentivos aplican a los agentes establecidos y, naturalmente, a los nuevos entrantes.

A continuación, veremos cada uno de ellos:

- **DECLARACIÓN DE RENTA** Las personas o empresas que realizan declaración de renta y dispongan recursos para proyectos de energías renovables, podrán disminuir en un 50% la declaración de renta de la inversión realizada en el proyecto hasta por 5 años. Estas reducciones en la declaración de renta quedaran avaladas cuando se expida un certificado de beneficio ambiental generado por la entidad competente, logrando así mejorar los estados financieros en las compañías que inviertan en esta clase de proyectos en los años siguientes a la inversión inicial. (ROJAS, 2015)
- **IMPUESTO SOBRE EL VALOR AGREGADO (IVA)** El desarrollo de proyectos encaminados a implementación de energías alternativas requiere de diseños, ejecución, puesta en servicio, materiales y equipos, entre otros, que requieren ser adquiridos y a su vez quedan grabados con el impuesto IVA. La ley 1715 permite que las compras involucradas en el proyecto o asesorías en etapa de diseño queden exentas de este impuesto, logrando así la reducción de los costos de los diferentes proyectos de energías alternativas. (ROJAS, 2015)
- **INCENTIVO ARANCELARIO** Los proyectos encauzados a la implementación de energías alternativas requieren de equipos fabricados en el exterior y que en el

respectivo proceso de importación deben estar sujetos a los aranceles definidos por la entidad competente. La ley 1715 permite eximir las importaciones de equipos que se requieran para la puesta en servicio de un proyecto con energías renovables, logrando así reducción en los costos de importación de los materiales y equipos del proyecto.

(ROJAS, 2015)

- **DEPRECIACIÓN ACELERADA** La infraestructura o equipos de las compañías están sometidas a variables de depreciación de su vida útil de manera contable para el respectivo balance general que las empresas emiten anualmente. La ley 1715 brinda beneficios de aumento en la depreciación de los activos implementados en proyectos de energías alternativas, logrando así una reducción posterior en la contabilidad de las compañías que inviertan en este tipo de negocios. (ROJAS, 2015)

Cobija a todos los agentes públicos y privados que intervengan en el desarrollo y el aprovechamiento de las fuentes de energía renovables no convencionales, donde las competencias administrativas facultadas serán: el ministerio de minas y energía, la comisión de regulación de Energía y gas(GREG), la unidad de planeación minero energética UPME, el ministerio de hacienda y crédito público, el ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible, la autoridad nacional de licencias ambientales y las corporaciones autónomas regionales.

Quienes buscan según (ROJAS, 2015) publicar las políticas y condiciones legales aplicables para el desarrollo de proyectos enfocados en la implementación de sistemas de energía no convencionales auto sostenible en el tiempo.

Otras normas y decretos que encontramos a nivel nacional:

LA LEY 697 DE 2001

Declaró el Uso Racional y Eficiente de la Energía (URE) como un asunto de conveniencia nacional. (Bioenergía, 2016). Puesto que esta es vista como tema de interés social, público y de conveniencia nacional, siendo el estado quien debe crear la estructura legal, técnica, económica y financiera necesaria para lograr el desarrollo de este tipo de proyectos a corto, mediano y largo plazo, ambiental y económicamente viables, asegurando el desarrollo sostenible que generen conciencia.

Según (LÓPEZ, 2012) la Ley 697 de 2001, creó el Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás formas de energía no convencionales, PROURE y encargó su diseño al Ministerio de Minas y Energía, quien debe promover, organizar, asegurar el desarrollo y seguimiento de los programas que lo conforman.

Dicho por (LÓPEZ, 2012) PROURE promueve:

- 1) Cultura, Investigación y promoción del URE y análisis prospectivo de nuevas tecnologías de transformación energética relacionadas con el mismo.
- 2) Fomento y desarrollo de proyectos con fuentes energéticas no convencionales y de eficiencia energética, incluidos los proyectos de energías limpias o renovables con prioridad en las zonas no interconectadas.
- 3) Edificaciones arquitectónicas y equipamiento asociado para el URE.
- 4) Control de pérdidas de energía.
- 5) Cambio Climático e iniciativas de mercado de metano y secuestro y captura de carbono

- 6) Proyectos o actividades de producción más limpia y de ahorro y de eficiencia energética, que requieran equipos, elementos y maquinaria destinados a la reducción en el consumo de energía y/o eficiencia energética.
- 7) Fomento del URE en los sectores oficial, comercial, transporte, residencial (incluida vivienda de interés social), industrial (Medianas y Pequeñas Empresas MYPIMES y Empresas de Servicios Energéticos).
- 8) Sustitución de combustibles tradicionales por otros combustibles potencialmente más limpios y específicamente el fomento y utilización de los Biocombustibles.
- 9) Actualización y/o reconversión tecnológica de equipos industriales en función del URE.

EL DECRETO 2501 DE 2007

Busca crear en el consumidor una cultura de uso racional y eficiencia energética. Estas medidas se aplicarán en los productos utilizados tanto en la transformación y en el uso final de energía eléctrica en los siguientes procesos: Transformación de potencia y de distribución eléctrica, generación de energía eléctrica, iluminación, Refrigeración, acondicionamiento de aire, fuerza motriz, calentamiento de agua para uso doméstico, calentamiento para cocción, los sistemas de alumbrado público y los sistemas de iluminación de semaforización.

DECRETO 2811 DE 1974

En este se muestra el uso de elementos ambientales, de recursos naturales renovables y de protección al medio ambiente. Por ende, regula: El manejo de los recursos naturales renovables dentro de los que están la atmósfera y el espacio aéreo nacional, las aguas en cualquiera de sus estados, la tierra, el suelo y el subsuelo, la flora, la fauna, las fuentes primarias de energía no agotables, las pendientes topográficas con potencial energético, los

recursos geotérmicos, los recursos biológicos de las aguas y del suelo y el subsuelo del mar territorial y de la zona económica de dominio continental o insular de la república, los recursos del paisaje. Además de la defensa del ambiente y de los recursos naturales renovables contra la acción nociva de fenómenos naturales y los demás elementos y factores que conforman el ambiente o influyan en él, denominados elementos ambientales como: los residuos, basuras, desechos y desperdicios, el ruido, las condiciones de vida resultantes de asentamiento humano urbano o rural, os bienes producidos por el hombre, o cuya producción sea inducida o cultivada por él.

NTC 1736. ENERGÍA SOLAR. DEFINICIONES Y NOMENCLATURA

Esta norma define la nomenclatura para variables de radiación solar, parámetros meteorológicos, y parámetros de orientación y localización superficial.

La norma lista las definiciones de conceptos generales (absorción, emitancia, reflectancia, etc.), conceptos de radiación y ángulos (afelio, ángulo de hora solar, declinación solar, flujo radiante, irradiación, etc.), y medición de la radiación (anillo de sombra, fotómetro, heliómetro, pirgeómetro, etc.). También incluye una clasificación de los colectores solares, de sus tipos de instalaciones, así como definiciones y gráficas de sus principales componentes. Esta norma se centra pues en los colectores solares, empleados para obtener energía térmica a partir de la energía solar, y no menciona nada específico de módulo fotovoltaicos. (Alzate, 2012)

NTC 2775. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA. TERMINOLOGÍA Y DEFINICIONES

A través de esta se dan a conocer los conceptos fundamentales a la hora del estudio de la energía solar fotovoltaica.

Esta norma sólo contiene definiciones referentes a sistemas fotovoltaicos, acordes con la simbología establecida en la norma NTC 1736. No incluye ningún tipo de clasificación de los sistemas fotovoltaicos, ni ningún tipo de especificación sobre los mismos. Sólo define conceptos como arreglo fotovoltaico, batería, potencia pico, celda fotovoltaica, corriente de carga, eficiencia de conversión, oblea, respuesta espectral, silicio policristalino, entre otros términos muy generales. (Alzate, 2012).

NTC 4405. EFICIENCIA ENERGÉTICA. EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LOS SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS Y SUS COMPONENTES.

Hace referencia a la metodología para la evaluación de la eficiencia de los sistemas solares fotovoltaicos, distribuyéndose en tres etapas: de paneles, de regulación y de acumulación. (TRASLAVIÑA., 2015).

NTC 2050, INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS Y CERTIFICACIONES, “CÓDIGO ELÉCTRICO COLOMBIANO”.

Hace referencia a los códigos o normas que deben seguirse a la hora de realizar una instalación eléctrica.

NTC 5513. DISPOSITIVOS FOTOVOLTAICOS PARTE 1: MEDIDA DE LA CARACTERÍSTICA INTENSIDAD TENSIÓN DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Esta norma describe los procedimientos de medida de la característica corriente-voltaje (I-V) para celdas solares de silicio cristalino, empleando luz natural o simulada. (Alzate, 2012).

NTC 5287.COMONENTES DE ACUMULACIÓN, CONVERSIÓN Y GESTIÓN DE ENERGÍA DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS. CALIFICACIÓN DEL DISEÑO Y ENSAYOS AMBIENTALES

Establece algunos requisitos para la clasificación del diseño, de los componentes de acumulación, conversión y gestión de energía de Sistemas Fotovoltaicos. (TRASLAVIÑA., 2015).

NTC 5509. ENSAYO ULTRAVIOLETA PARA MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Esta norma define un ensayo que permite determinar la resistencia de un módulo fotovoltaico cuando es expuesto a radiación ultravioleta (UV). Particularmente, el ensayo permite determinar la resistencia de materiales como polímeros y capas protectoras (TRASLAVIÑA., 2015).

4.1.3. Identificar los elementos necesarios a la hora de elegir la Instalación de un Sistema Solar Fotovoltaico. Los componentes del sistema fotovoltaico están agrupados en tres (3) subsistemas, según (EnDev/GIZ, 2013):

- a) Subsistema de Generación, responsable de transformar la energía solar en electricidad.

Está conformado por el panel solar.

- b) Subsistema de almacenamiento, encargado de almacenar la energía eléctrica producida por el panel solar durante el día. Corresponde a la batería.
- c) Subsistema de control, permite tener el control de todo el sistema fotovoltaico y monitorear su buen funcionamiento. Normalmente está compuesto por el controlador de carga, el interruptor termomagnético, y la fusilera de protección para consumo.

De acuerdo a lo anterior, se dará detalle de cada uno de los elementos de un sistema solar fotovoltaico:

Paneles Solares. Los paneles solares son los encargados principalmente del proceso de conversión de energía solar a energía eléctrica, en otras palabras, de energía lumínica a energía voltaica. (SÁNCHEZ, 2017).

La unidad básica de un Sistema Solar Fotovoltaico es la celda fotovoltaica. Son dispositivos eléctricos, cuyo principal componente es el silicio, que convierten la luz del sol en corriente eléctrica directa, gracias al efecto fotovoltaico. (Camilo Uzquiano, 2016)

El parámetro estandarizado para clasificar su potencia se denomina potencia pico, y se corresponde con la potencia máxima que el módulo puede entregar bajo unas condiciones estandarizadas, que son: radiación de 1000 W/m², temperatura de célula de 25 °C (no temperatura ambiente). (CUELLAR, 2016)

Las celdas fotovoltaicas no necesitan partes móviles para crear energía eléctrica a partir de la energía solar. Cuando la luz del sol incide sobre una celda, libera electrones de la capa

de silicio, se excitan los electrones y se genera el voltaje y la corriente desde la celda a un circuito eléctrico. (Camilo Uzquiano, 2016)

Además de las células fotovoltaicas, los módulos se encuentran conformados por los siguientes componentes:

- **Cubierta Exterior:** Es de vidrio templado ya que es resistente y permite el paso de la radiación solar. Su función es la de proteger a todos los componentes del panel de los fenómenos atmosféricos (C., 2015.)
- **Capas Encapsulantes:** Principalmente son de silicona, etil-vinilo-acetileno (EVA) o polivinilo butiral o de cualquier material que tenga buena transmisión de la radiación solar y que no se degrade ante los rayos ultravioletas. Su función, aparte de adherir las cubiertas, es la de amortiguar las posibles vibraciones e impactos. (C., 2015.)
- **Protección posterior:** Por lo general es de materiales acrílicos, siliconas, pero actualmente los más utilizados son: TEDLAR o EVA. Sirve para proteger al panel de los agentes atmosféricos, principalmente de la humedad. (C., 2015.)
- **Marco de Soporte:** Es de aluminio anodizado o de acero inoxidable. Sirve para dar soporte a todo el conjunto y como elemento de unión mecánica entre módulos. (C., 2015.)
- **Contactos Eléctricos:** Son cables de cobre que permiten recoger a la energía que entrega el módulo y se encuentran en la parte posterior del módulo en una caja que los protege de la humedad. También pueden estar compuestos por elementos de protección como diodos de bypass que lo protegen de las sombras parciales. (C., 2015.)

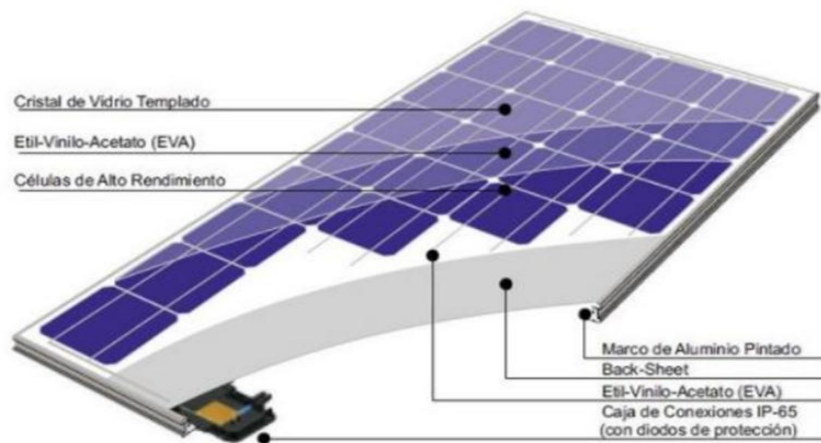


Figura 16. Partes de un Panel Solar

Fuente: (DANIEL FERNANDO ESCAMILLA ROJAS&DAVID STEVEN ROMERO SÁNCHEZ , 2017)

Un panel solar está compuesto por varias células fotovoltaicas unidas entre sí para maximizar la transformación de energía. (SÁNCHEZ, 2017).

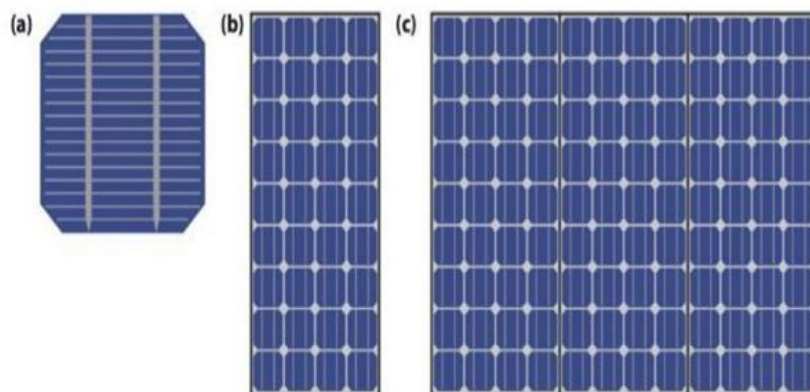


Figura 17. Panel y Células Fotovoltaicas

Fuente: (DANIEL FERNANDO ESCAMILLA ROJAS&DAVID STEVEN ROMERO SÁNCHEZ , 2017)

El material más utilizado en la actualidad para la fabricación de células fotovoltaicas es el silicio, que es el material más abundante en la Tierra después del oxígeno. (Camilo Uzquiano, 2016). En la construcción de estas células, el silicio es sometido a un proceso de

pureza, en donde, la cantidad de ciclos a la que se somete el silicio genera dos tipos distintos de células diferentes. (SÁNCHEZ, 2017).

- Silicio Monocristalino: Utiliza lingotes puros de silicio (los mismos que utiliza la industria de chips electrónicos). Son los más eficientes, con rendimientos superiores al 12%. (Camilo Uzquiano, 2016).

El silicio tiene una única estructura de red cristalina continua casi sin defectos o impurezas. (CALDERÓN, 2015).

- Silicio Policristalino: Se fabrica a partir de restos de piezas de silicio monocristalino. Su rendimiento es algo inferior pero su menor coste ha contribuido enormemente a aumentar su uso. (Camilo Uzquiano, 2016). En el proceso de fabricación, el silicio policristalino fundido se cuela en lingotes, que posteriormente se cortan en obleas muy delgadas y ensamblan en células completas. (CALDERÓN, 2015).

El panel solar según (C., 2015.) es el elemento más importante del sistema y el que menos labores de mantenimiento requiere. Lo único que se debe realizar es una limpieza de la superficie del mismo, ya que por acción del clima se puede llenar de polvo, la frecuencia de esta limpieza dependerá del lugar en el que se haya instalado el sistema, por ejemplo, en lugares desérticos donde se genere mucho polvo, su frecuencia será mayor.

Baterías. Las baterías almacenan energía eléctrica de corriente directa en forma química. Su función es la de acumular la energía que se produce durante las horas del día para poder ser utilizada durante la noche o cuando haga mal tiempo (día nublado, lluvioso). (Camilo Uzquiano, 2016).

Es el elemento que brinda la autonomía de un sistema fotovoltaico para prever energía en los momentos en que exista una ausencia de radiación. (SÁNCHEZ, 2017).

La tabla presenta una descripción detallada de los tipos de baterías disponibles para el desarrollo de sistemas fotovoltaicos, según (SÁNCHEZ, 2017).

Cuadro 2.

Tipos de Batería

Tipo de batería	Descripción	Ventajas	Desventajas
<i>Estacionarias monobloc</i>	Un solo bloque, no necesitan asociarse para obtener 12 V, son de menor capacidad, se utilizan en instalaciones de poca potencia.	Son más económicas y recomendadas en instalaciones de baja y media potencia donde se utilizan aparatos eléctricos sencillos sin picos de arranque.	Necesitan de un mantenimiento periódico anual aproximadamente.
<i>Estacionarias translúcidas o transparentes</i>	Se encuentran separadas en células, pero el material que lo cubre permite ver el interior de la batería. Su tensión es de 2,2 V por lo que se debe de utilizar en serie.	Facilidad de sustitución de la misma en situaciones de averías, así como mayor capacidad de reserva de electrolito.	Permite observar su interior sin embargo no hace robusto ni solido la estructura externa.
<i>Estacionarias herméticas</i>	Son las denominadas también como sin mantenimiento; no se tiene acceso a su interior, aunque sus características son las mismas, en relación de materiales activos y a las reacciones de carga y descarga.	No derraman ni vaporizan electrolitos, lo cual las hace confiables para uso continuo del sistema.	La descarga profunda de manera frecuente produce un deterioro significativo en la vida útil de la misma.

Fuente: (DANIEL FERNANDO ESCAMILLA ROJAS&DAVID STEVEN ROMERO SÁNCHEZ , 2017)

Para instalaciones solares de baja potencia, donde se hace el uso de electrodomésticos e iluminación que no requieran picos de arranque, se utilizan baterías estacionaria monobloc de ciclo profundo, puesto que están diseñadas para la alimentación de equipos de baja potencia, es decir que un arranque de motor es imposible y solo ocasionara daños permanentes en la batería. (SÁNCHEZ, 2017).

Las baterías de ciclo profundo, están diseñadas para hacer frente a las exigencias de continuos procesos de carga y descarga. (EnDev/GIZ, 2013). Es decir que todo el tiempo de uso pueden estar descargándose en su mayor capacidad, a diferencia de una batería de arranque que inyectan cargas cortas de corriente. (SÁNCHEZ, 2017). De acuerdo a (Camilo Uzquiano, 2016) las baterías de ciclo profundo pueden ser descargadas hasta un 80% y pueden durar hasta 10 años con un mantenimiento adecuado.

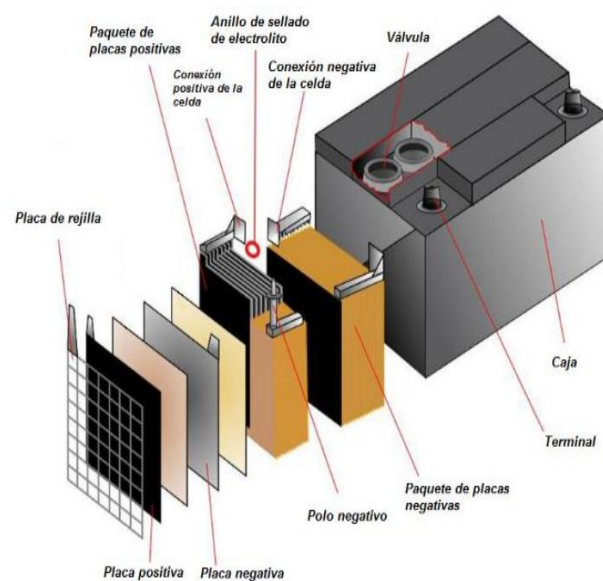


Figura 18. Batería

Fuente: (DANIEL FERNANDO ESCAMILLA ROJAS&DAVID STEVEN ROMERO SÁNCHEZ , 2017)

El mantenimiento de estos elementos no es complicado, pero si debemos darle mucha importancia ya que pueden sufrir averías si no se lo realiza. Lo principal, es la revisión y relleno con agua desmineralizada o destilada, esta actividad debe tener una frecuencia mensual para asegurar que los niveles estén dentro de los rangos permitidos. (C., 2015.)

Regulador. Se encarga de conectar y desconectar el panel fotovoltaico, dependiendo de si la batería está cargada o descargada. (EnDev/GIZ, 2013)

El controlador fotovoltaico trabaja como un regulador de voltaje. La principal función es evitar que la batería sea sobrecargada por el sistema de paneles y protegerla de que se descargue demasiado por las cargas de consumo de corriente directa. (Camilo Uzquiano, 2016)

Según (Forero, 2016) aseguran que el sistema trabaje con máxima eficacia; controlan el nivel de carga de las baterías, tanto en el nivel bajo (denominado de seguridad) como en el alto, protegiendo, por tanto, dicho elemento.



Figura 19. Regulador

Fuente: (Camilo Uzquiano, 2016)

Si se usa más de un controlador, es necesario dividir el arreglo en subarreglos. Cada subarreglo será conectado a su propio controlador y todos ellos conectados al banco de baterías. (Camilo Uzquiano, 2016)

Inversor. Los inversores son comúnmente utilizados en aplicaciones de potencia en la industria, sin embargo, también son base fundamental para el desarrollo e implementación de sistemas fotovoltaicos. (Gallego, 2013). Ya que según (Camilo Uzquiano, 2016) los

Sistemas Fotovoltaicos generan energía de corriente directa y las baterías solo pueden almacenar la energía en forma de corriente directa. La mayoría de los aparatos y cargas operan con corriente alterna.

El propósito fundamental del inversor es cambiar la Corriente Directa de los módulos fotovoltaicos y de las baterías a Corriente Alterna. Se basan en el empleo de dispositivos electrónicos que actúan a modo de interruptores, permitiendo interrumpir las corrientes e invertir su polaridad. (Camilo Uzquiano, 2016)



Figura 20. Características de un Inversor

Fuente: Humberto R Murcia, 2008

Cableado del Sistema Solar Fotovoltaico. Los sistemas de cableado de Corriente Directa son diferentes a los sistemas de Corriente Alterna. Los sistemas Corriente Directa usan bajo voltaje y fluyen en una sola dirección. Los tipos de cables se diferencian en el material conductor y el aislante. Los materiales conductores más comunes son el cobre y el aluminio. (Camilo Uzquiano, 2016)

Conexión a tierra. La conexión a tierra permite limitar los voltajes debido a los relámpagos y la sobretensión en las líneas o contactos no intencionales con líneas de voltajes superiores. También permite estabilizar los voltajes y brindar la tierra como un punto de

referencia común. La conexión del sistema a tierra se realiza tomando uno de los conductores de un sistema de dos alambres y conectándolos a tierra. (Camilo Uzquiano, 2016)

Estructura de soporte. La estructura de soporte de los módulos, con los módulos instalados, deberá soportar las sobrecargas de viento. El diseño y la construcción de la estructura y del sistema de fijación de módulos, permitirá las necesarias dilataciones térmicas, sin transmitir cargas que puedan afectar la integridad de los módulos, siguiendo las indicaciones del fabricante. (Garcia, 2014)

Cabe resaltar que, a la hora de tratarse de un sistema conectado a la red eléctrica, no se necesita el uso de las baterías, debido a que la energía que suministran los paneles es inyectada a la red. Mientras que en un autónomo se almacena la energía obtenida, usando así los acumuladores.

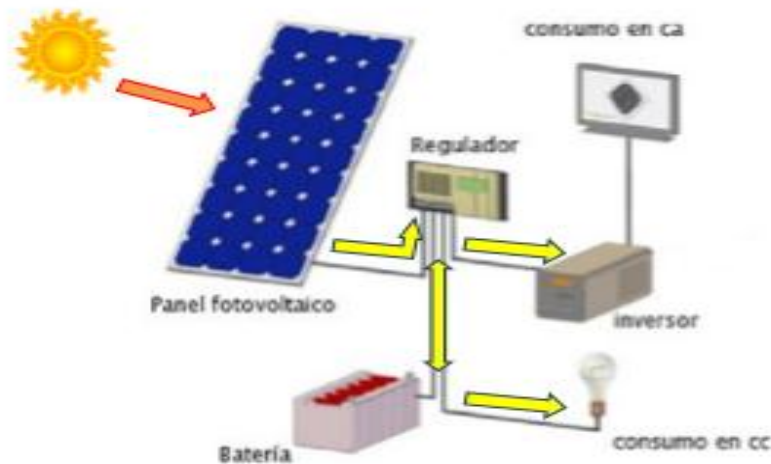


Figura 21. Sistema Solar Autónomo

Fuente: (EnDev/GIZ, 2013)

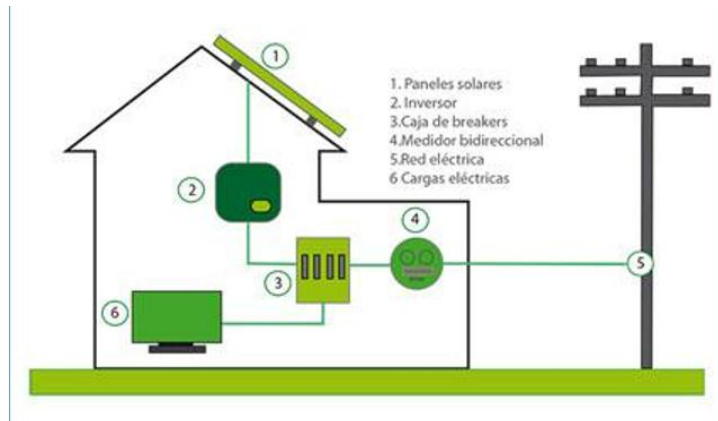


Figura 22. Sistema Solar Conectado a la Red

Fuente: (CUELLAR, 2016)

4.1.4. Reconocer los lugares de la Ciudad que cuentan con un Sistema Solar

Fotovoltaico. Para el cumplimiento de esta actividad se realizó una visita a los lugares de la ciudad de Ocaña Norte de Santander donde se tiene implementado un sistema solar fotovoltaico. Además, se les hizo una encuesta a las personas que se suplen de esta fuente de energía renovable no convencional.

Por medio de los acompañamientos se observó que son usados tanto en Hogares como también en instituciones públicas.

Estos son:

En el Hospital Emiro Quintero Cañizares de la ciudad, con Año y medio de funcionamiento, produciendo 15 KW caracterizándose por ser un sistema On Grid, por esta razón no tiene subsistema de almacenamiento si no que la energía que capta va directamente a la red de Centrales. Con este se busca satisfacer toda la parte eléctrica de esta entidad.

A este se le ha realizado tareas de mantenimiento por parte de la compañía que se encargó de la instalación.



Figura 23. Sistema Solar implementado en el hospital Emiro Quintero Cañizares

Fuente: Elaboración Propia

En el Barrio Gustavo Alayon de la ciudad, carrera 10ª 14-62 se tiene un sistema fotovoltaico de uso residencial, el cual ya lleva 7 años de puesta en marcha, del que se satisface toda la parte de luminaria y los electrodomésticos que ahí se tienen, además de algunas máquinas de la microempresa con la que se cuenta en esta vivienda, como lo es el molino eléctrico. Este posee un subsistema de almacenamiento de 28 acumuladores. Su mantenimiento se ha basado en rutinas de limpieza.



Figura 24. Sistema Solar implementado en el Barrio Gustavo Alayon

Fuente: Elaboración Propia

Otro se encontró en el barrio Landia, en un edificio en construcción llamado Elizabeth Sanabria, que tiene 2 años de funcionamiento, el cual debe producir de 3000W a 5000W, teniendo un subsistema de almacenamiento de 24 baterías, cubriendo la parte de alumbrado, el sistema de cómputo y la herramienta que ahí es utilizada para la terminación de dicho lugar. En el tiempo de uso se le han realizado tareas de mantenimiento preventivo, como lo es limpieza e inspecciones visuales y otras de mantenimiento correctivo.



Figura 25. Sistema Solar Implementado en el Barrio Landia

Fuente: Elaboración Propia

En la calle 17 N° 13B-40, Barrio El Palomar se tiene para uso familiar instalado un sistema solar fotovoltaico, el cual lleva en funcionamiento 9 Años, produciendo 2980W contando con un subsistema de almacenamiento de 14 acumuladores. Cubre la parte de luminaria y los electrodomésticos que están en constante uso en ese lugar. A la hora del mantenimiento las tareas de limpieza y lavado son las llevadas a cabo.



Figura 26. Sistema Solar Instalado en el Barrio El Palomar

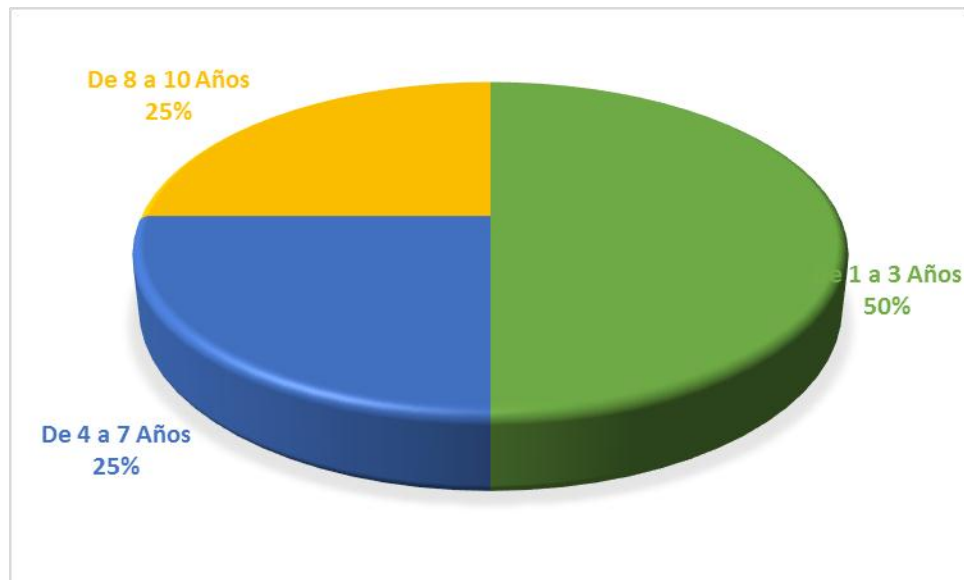
Fuente: Elaboración Propia

A parte de los lugares ya mencionados también se cuenta en la Ciudad con la implementación de este sistema en la cooperativa Crediservir ubicada en la carrera 12 N°10-00 donde es utilizado para iluminar la fachada y las oficinas del lugar.

Además, a través de las siguientes preguntas realizadas a una de las personas donde se tiene en uso, se logró analizar de forma detallada la implementación de un sistema solar fotovoltaico en la ciudad

¿Cuánto tiempo tiene de funcionamiento el Sistema Solar?

Por medio de esta se pudo ver que la mayoría de los sistemas puestos en marcha en la Ciudad tienen menos de 2 años de funcionamiento.



Grafica 1. Tiempo del Funcionamiento de los Sistemas Instalados en Ocaña

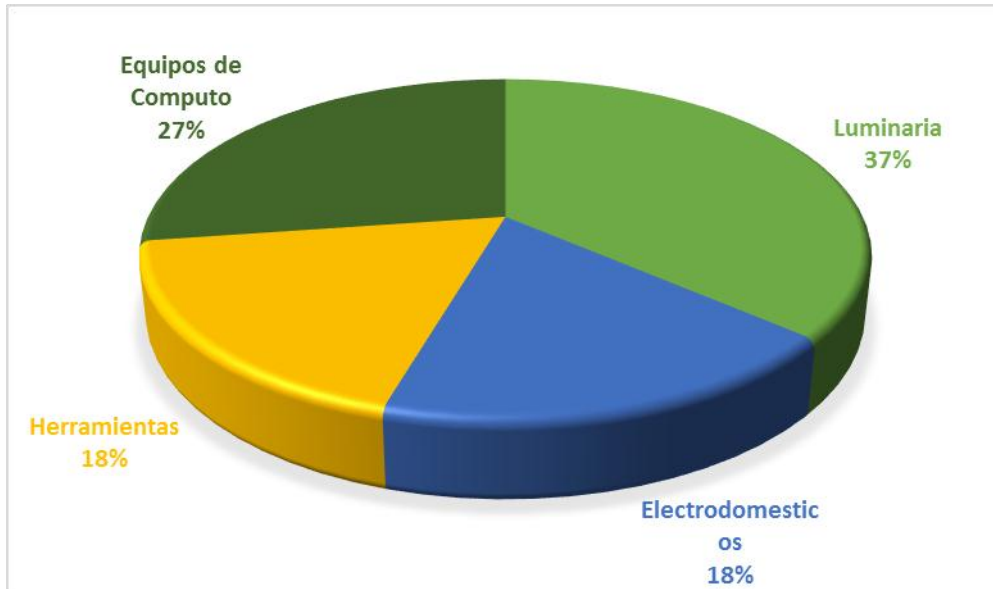
Fuente: Elaboración Propia

¿Cuánto es la potencia que este sistema debe producir?

Acá se pudo observar que las potencias usadas van desde 300W hasta 15000W, donde de los estudiados el sistema que más produce es el instalado en el Hospital Emiro Quintero Cañizares.

¿Qué equipos son los que se utilizan con la implementación de los paneles solares?

Por medio de esta se conoció que dichos sistemas de generación de energía son usados para la luminaria, equipos de cómputo, electrodomésticos como son: nevera, licuadora, televisor, lavadora entre otros y además para herramientas necesarias a la hora del acabado de edificaciones.



Grafica 2. Consumo por Equipos

Fuente: Elaboración Propia

¿De cuanta potencia es cada panel usado?

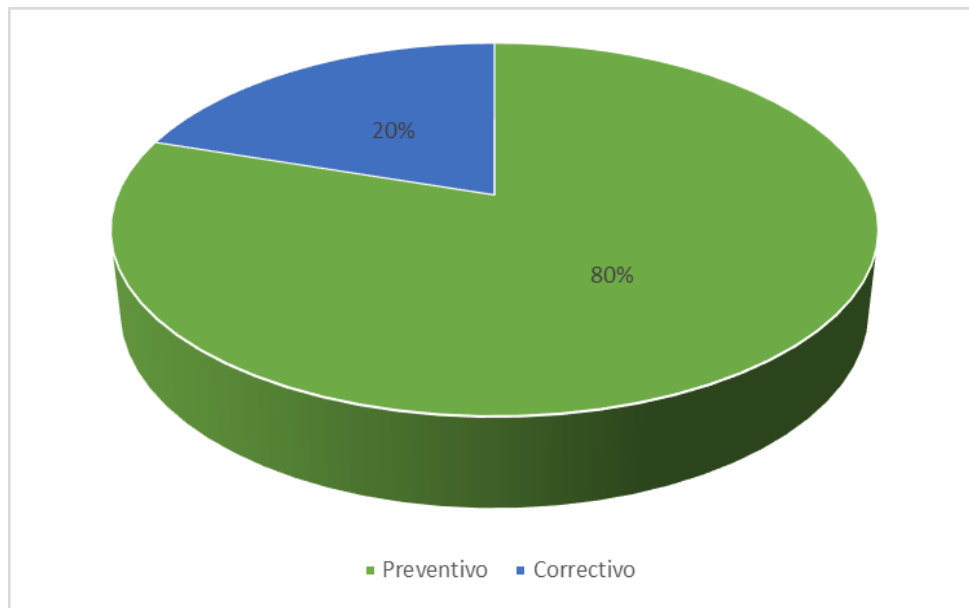
A través de este se conoció que son usados paneles de diferentes potencias en los lugares que cuentan con estos sistemas dentro de los cuales encontramos de 60W, 75W, 85W, 150W, 250W y 270W.

¿Cuántas baterías se emplean en el Sistema?

A través de esta se vio que existe implementado un sistema fotovoltaico de modo on grid, el cual no tiene subsistema de almacenamiento que es el que se encuentra ubicado en el hospital de la ciudad, mientras tanto en los demás lugares se cuenta con una cantidad de acumuladores que va desde 12 hasta 28.

¿Se ha realizado algún tipo de mantenimiento al sistema durante el tiempo de uso?

En la mayoría de estos lugares se realizan tareas de limpieza e inspecciones es decir se aplica mantenimiento preventivo.



Grafica 3. Tipos de Mantenimiento Realizados

Fuente: Elaboración Propia

¿Cómo le ha parecido la implementación del sistema solar? ¿Por qué?

A todas las personas donde se ha implementado este sistema paneles solares fotovoltaicos les ha parecido excelente porque a través de esta se cuida al medio ambiente y además de eso se está obteniendo energía por medio de un sistema novedoso o comúnmente llamado del futuro.

¿Ha visto ahorro de energía en el tiempo en el que ha usado los paneles solares?

En todos los sitios de la ciudad donde se tienen en uso se ha visto ahorro de energía desde que se implementaron estos sistemas.



Grafica 1. Ahorro de Energía

Fuente: Elaboración Propia

¿Cuál es la importancia que le ve a la implementación del Sistema?

Todos coincidieron en las siguientes características que muestran la importancia de usar un sistema solar fotovoltaico.

- Ayuda al cuidado del medio Ambiente
- Fuente de energía del futuro
- Disminuye el consumo.

¿Cree que es necesario la implementación de paneles solares en otros lugares de la ciudad?

Todas las personas estuvieron de acuerdo en que, si era necesario tener este sistema en otros lugares de la ciudad, en entidades públicas como colegios y también en los hogares ocañeros.

¿Cree que con el uso de estos sistemas se ayuda a cuidar el medio ambiente y el futuro del planeta? ¿Por qué?

En todos los sitios donde se usa este sistema, se está de acuerdo en que, si ayudan a cuidar el medio ambiente y el futuro del planeta, puesto que estas son energías limpias.

4.2. Establecer las dimensiones estructurales y energéticas que comprenden el sistema solar autónomo

4.2.1. Conocer el consumo eléctrico de la zona social del edificio. Se realizó una visita al edificio San Agustín Torre Club para tener con exactitud el consumo de la zona social del lugar

Dicha edificación cuenta con ocho pisos y dos sótanos, donde los primeros tres se dividen en zona comercial y residencial, del cuarto al séptimo son únicamente apartamentos, por lo que su consumo no se tendrá en cuenta. El octavo se caracteriza por ser el lugar de los eventos el cual va dentro de este estudio. Además del gasto de las gradas junto con la entrada del sitio.

A continuación, se verá de forma detallada por medio de un cuadro de cargas de corriente alterna el gasto de cada sector. En este se muestra la potencia de cada elemento, las horas de funcionamiento y la energía que es definida como la potencia por las horas de uso. Su medida es (Wh). Si se desea saber este valor al mes se multiplica por 30. Además, cabe resaltar que al valor de la energía se le aplicara un margen de seguridad del 20%.



Figura 27. Luminaria de la Zona Social del Edificio San Agustín Torre Club

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 1.

Consumo Primer Piso: Zona Comercial

Unidades	Carga	Potencia (Watt)	Horas de Funcionamiento al día (Horas)	Total Energía necesaria (Wh)	Total Energía necesaria por margen de seguridad 20%	Potencia total
14	Lámparas	3,1	4	173,6	208,32	43,4
18	Lámparas	1	4	72	86,4	18
2	Lámparas	3	4	24	28,8	6
12	Lámparas	12	4	576	691,2	144
1	Lámpara	9	4	36	43,2	9
1	Lámpara	6	4	24	28,8	6
TOTAL (Wh/día):		34,1		905,6	1086,72	226,4

Fuente: Autor del proyecto

Tabla 2.

Consumo Primer Piso: Zona Residencial

Unidades	Carga	Potencia (Watt)	Horas de Funcionamiento al día (Horas)	Total Energía necesaria (Wh)	Total Energía necesaria por margen de seguridad 20%	Potencia total
1	Lámpara	3	4	12	14,4	3
4	Lámparas	3,2	4	51,2	61,44	12,8
16	Lámparas	12	4	768	921,6	192
2	Lámparas	9	4	72	86,4	18
2	Lámparas	3	4	24	28,8	6
TOTAL (Wh/día):		30,2		927,2	1112,64	231,8

Fuente. Autor del proyecto

Tabla 3.

Consumo Segundo Piso

Unidades	Carga	Potencia (Watt)	Horas de Funcionamiento al día (Horas)	Total Energía necesaria (Wh)	Total Energía necesaria por margen de seguridad 20%	Potencia total
5	Lámparas	4	4	80	96	20
8	Lámparas	12	4	384	460,8	96
1	Lámparas	3	4	12	14,4	3
7	Lámparas	6	4	168	201,6	42
2	Lámparas	9	4	72	86,4	18
TOTAL (Wh/día):		34		716	859,2	179

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.

Consumo Tercer Piso

Unidades	Carga	Potencia (Watt)	Horas de funcionamiento al día (Horas)	Total Energía necesaria (Wh)	Total Energía necesaria por margen de seguridad 20%	Potencia total
4	Lámparas	12	4	192	230,4	48
18	Lámparas	12	4	864	1036,8	216
4	Lámparas	9	4	144	172,8	36
4	Lámparas	4	4	64	76,8	16
TOTAL (Wh/día):		37		1264	1516,8	316

Fuente: Autor del proyecto

Tabla 5.

Consumo Octavo Piso

Unidades	Carga	Potencia (Watt)	Horas de funcionamiento al día (Horas)	Total Energía necesaria (Wh)	Total Energía necesaria por margen de seguridad 20%	Potencia total
14	Lámparas	6	4	336	403,2	84
8	Lámparas	3	4	96	115,2	24
18	Lámparas	9	4	648	777,6	162
16	Lámparas	10	4	640	768	160
TOTAL (Wh/día):		28		1720	2064	430

Fuente: Autor del proyecto

Tabla 6.

Consumo Sótanos Piso 1 y 2

Unidades	Carga	Potencia (Watt)	Horas de funcionamiento al día (Horas)	Total Energía necesaria (Wh)	Total Energía necesaria por margen de seguridad 20%	Potencia total
33	Lámparas sótano	12	6	2376	2851,2	396
32	Lámparas semisótano	12	6	2304	2764,8	384
TOTAL (Wh/día):		24		4680	5616	780

Fuente: Autor del proyecto

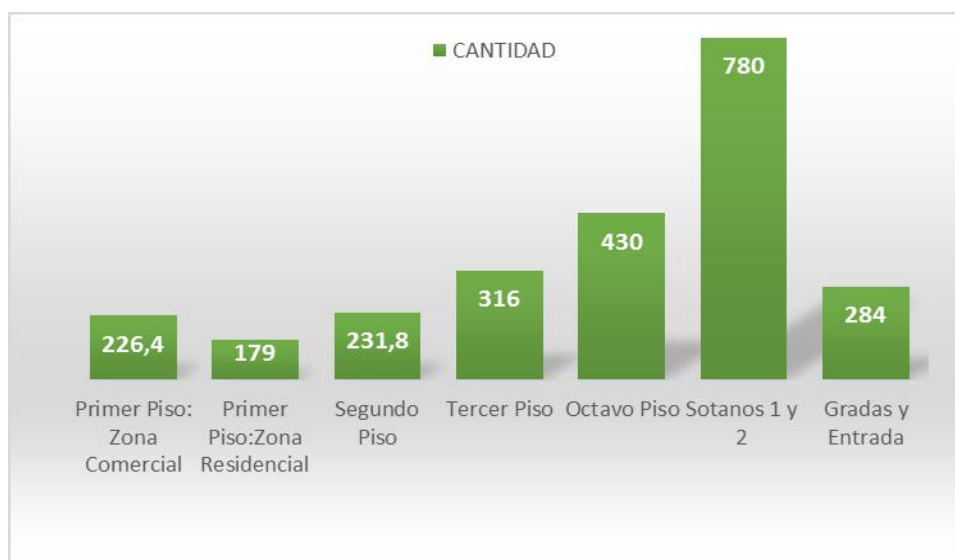
Tabla 7.

Consumo Gradas y Escaleras

Unidades	Carga	Potencia (Watt)	Horas de Funcionamiento al día (Horas)	Total Energía necesaria (Wh)	Total Energía necesaria por margen de seguridad 20%	Potencia total
30	Sensores	6	4	720	864	180
6	Lámparas	12	4	288	345,6	72
1	Reflector	20	4	80	96	20
2	Lámparas	6	4	48	57,6	12
TOTAL (Wh/día):		44		1136	1363,2	284

Fuente: Autor del proyecto

Con estos datos obtenidos se vio que de todo el edificio el sector que más consume son los sótanos.



Grafica 4. Consumo del Edificio por Sector

Fuente: Elaboración Propia.

4.2.2. Realizar los respectivos cálculos de cada uno de los elementos del sistema solar fotovoltaico: paneles solares, regulador, baterías e inversor. Ocaña está ubicado en la región noroccidental del departamento de Norte de Santander, que tiene límites al norte,

con el municipio de Teorama; al sur con el municipio de Abrego y el departamento del Cesar, al oriente, con los municipios de San Calixto y la playa, y al occidente, con el departamento del Cesar.

Tiene una latitud de 8.2377°N y una altitud de 73.356°O Es necesario establecer el ángulo de inclinación del módulo solar. En este caso se trabajará con 7° mirando hacia el sur debido a que este valor es menor o igual al grado de latitud en donde se encuentra.



Figura 28. Localización de Ocaña Norte de Santander

Fuente. (Forero, 2016)

Para obtener los cálculos del sistema fotovoltaico se debe tener en cuenta tanto el valor de radiación solar o irradiancia que consiste en la magnitud de intensidad solar que llega a la

tierra y el de Irradiación que es definido como la cantidad de irradiancia recibida en un intervalo de tiempo determinado.

A continuación, se verá el valor de radiación solar tomado durante 10 días en el edificio San Agustín Torre Club, ubicado en la ciudad de Ocaña Norte de Santander, por medio del solarímetro, el cual es el instrumento usado para conocer el grado de la irradiancia que llega a la superficie terrestre. Estos datos fueron tomados a 3 horas específicas del día donde el sol está en su apogeo.

De estas mediciones se puede observar que el valor más alto fue visto en horas de medio día con un valor de 1601 W/m² y el valor mínimo de 731W/m².

Tabla 8.

Valor de Radiación

DIA	FECHA	10:00a.m.	01:00p.m.	03:00p.m.
Viernes	26/01/2018	748W/m ²	1318W/m ²	1065W/m ²
Sábado	27/01/2018	731W/m ²	1003W/m ²	647W/m ²
Domingo	28/01/2018	1429W/m ²	1598W/m ²	405W/m ²
Lunes	29/01/2018	1113W/m ²	1301W/m ²	737W/m ²
Martes	30/01/2018	1152W/m ²	1465W/m ²	1279W/m ²
Miércoles	31/01/2018	1104W/m ²	1601W/m ²	1093W/m ²
Jueves	1/02/2018	1561W/m ²	1268W/m ²	1003W/m ²
Viernes	2/02/2018	1197W/m ²	1576W/m ²	789W/m ²
Sábado	3/02/2018	1107W/m ²	1455W/m ²	1046W/m ²
Domingo	4/02/2018	743W/m ²	1328W/m ²	1035W/m ²

Fuente: Autor del proyecto

Se debe aclarar que estos valores de radiación solar tomados no se usaran para el cálculo de cada uno de los elementos del sistema solar fotovoltaico, puesto que solo corresponden a los 10 diez ya mencionados. Por consiguiente, se trabajará con los valores arrojados por El Atlas de Radiación Solar de Colombia dado por el IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales) que han sido realizados con un promedio multianual superior a 20 Años.

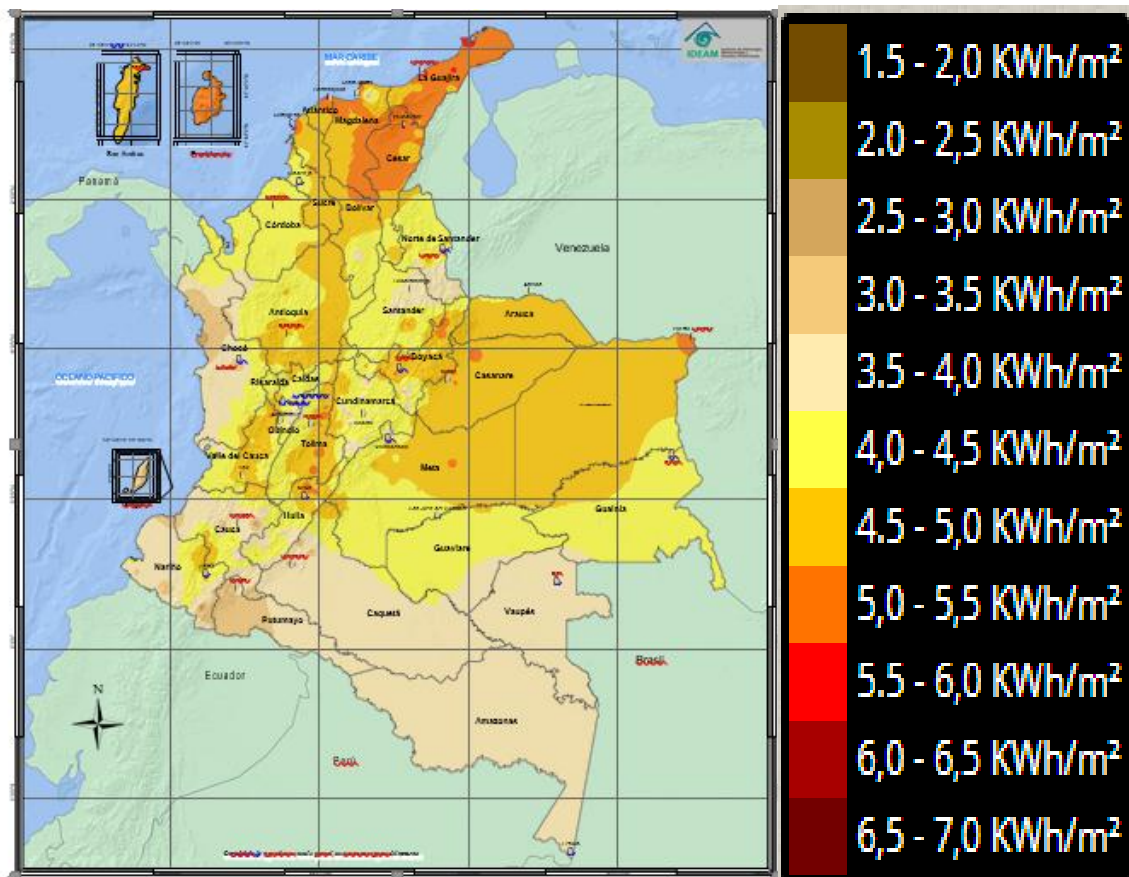


Figura 29. Mapa de Radiación Solar en Colombia

Fuente: <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>

Este valor para la ciudad es de 3.5 KWh/ m² o 3500 W/ m² en su mes crítico.

Ahora, se continuará con los cálculos respectivos para cada uno de los elementos del sistema, que se hará de manera particular para cada piso de la edificación

Primer Piso: Zona Comercial

- Consumo Medio Diario

$$L_{md} = \frac{L_{md,DC} + \frac{L_{md,AC}}{n_{inv}}}{n_{bat} * n_{con}}$$

Dónde:

L_{md} : Consumo Medio Diario

$L_{md,DC}$: Consumo Diario de Energía de Corriente Directa

$L_{md,AC}$: Consumo Diario de Energía de Corriente Alterna.

n_{inv} : Eficiencia del Inversor

n_{bat} : Eficiencia de la Batería

n_{con} : Eficiencia del Conversor

El valor de consumo diario de energía de corriente directa es 0, el de corriente alterna es de 1086,72Wh tomado de la tabla 1.

$$L_{md} = \frac{0 + \frac{1086.72Wh}{0,9}}{0,95 * 1}$$

$$L_{md} = 1271,018Wh/dia$$

- Consumo de Energía Medio:

$$Q_{Ah} = \frac{L_{md}}{V_{BAT}}$$

Dónde:

Q_{Ah} : Consumo de Energía Medio diario en Ah/día

L_{md} : Consumo Medio Diario

V_{BAT} : Voltaje de la Batería.

Para este estudio se usará un voltaje de 24V para la batería.

$$Q_{Ah} = \frac{1271,018Wh/dia}{24V}$$

$$Q_{Ah} = 52,96 \text{ Ah/día}$$

El consumo total Anual será:

$$L_T = L_{md} * 365 \text{ dia/año}$$

$$L_T = 1271,018Wh/dia * 365 \text{ dia/año}$$

$$L_T = 463921,40Wh/Año$$

- Demanda Diaria de Energía Solar:

$$HPS_{CRIT} = \frac{\text{Radiacion del Mes Critico}}{\text{Constante de Radiacion}}$$

Dónde:

HPS_{CRIT} : Demanda Diaria de Energía Solar

El valor de la constante de radiación es de 1000 W/m² y la radiación del mes crítico de la Ciudad de Ocaña es de 3500 W/m², de lo anterior se tiene:

$$HPS_{CRIT} = \frac{3500\text{W/m}^2}{1000\text{W/m}^2}$$

$$HPS_{CRIT} = 3,5$$

- Potencia Pico del Módulo

$$P_{MPP} = \frac{L_{md}}{N_T * HPS_{CRIT} * PR}$$

Dónde:

N_T : Numero de Paneles

PR : Factor Global de Funcionamiento

L_{md} : Consumo Medio Diario

HPS_{CRIT} : Demanda Diaria de Energía Solar

El Numero de paneles será a criterio del diseño, en este caso serán necesarios 2. El factor global de funcionamiento en el dimensionado de instalaciones solares fotovoltaicas, generalmente oscila entre 0,65 y 0,9; por lo que en este caso asumimos un PR=0,8.

$$P_{MPP} = \frac{1271,018W}{2 * 3,5 * 0,8}$$

$$P_{MPP} = 226,96W$$

- Dimensiones de Acumulador

$$C_{ne} = \frac{L_{md} * N}{P_{DE} * F_{CT}}$$

Dónde:

C_{ne} : Capacidad Nominal Del Acumulador

L_{md} : Consumo Medio Diario

N : Número de días Autónomos

F_{CT} : Factor de Corrección de Temperatura

P_{DE} : Profundidad de Descarga Máxima.

Se tomó de parámetro un valor de 0,7 de profundidad de descarga máxima, teniendo 2 días de autonomía y 1 para el factor de corrección de temperatura.

$$C_{ne} = \frac{1271,018 * 2}{0,7 * 1}$$

$$C_{ne} = 3631,48Wh$$

- Dimensiones del Regulador

$$I_{ent} = FS * I_{CS} * N_P$$

Dónde:

I_{ent} : Corriente de entrada del Regulador

FS : Factor de Seguridad

I_{CS} : Corriente del cortocircuito del Panel

N_P : Numero de Paneles en paralelo.

Donde el factor de seguridad fue tomado de 1,25 para tener en cuenta aquellos días con sol y nubes en los que la irradiancia no llega a su valor de 1000W/m². De acuerdo al panel escogido el valor de Corriente del Cortocircuito es de 9,26A y además el valor de la corriente de cada módulo fotovoltaico es de 8,82, el cual es necesario para saber la conexión en paralelo y así conocer las dimensiones del regulador. Ver apéndice 1.

$$N_{PARALELO} = \frac{I_{GFV,MPP}}{I_{MOD,MPP}}$$

Dónde:

$N_{PARALELO}$: Numero de Paneles en Paralelo

$I_{GFV,MPP}$: La corriente generada por el campo de captación fotovoltaico (el total de placas solares instaladas).

$I_{MOD,MPP}$: Corriente de cada Módulo Fotovoltaico

$$I_{GFV,MPP} = \frac{Q_{Ah}}{HPS_{CRIT}}$$

$$I_{GFV,MPP} = \frac{52,96}{3,5}$$

$$I_{GFV,MPP} = 15,13A$$

$$N_{PARALELO} = \frac{15,13A}{8,82A}$$

$$N_{PARALELO} = 1,7 \cong 2$$

Así, la Corriente de entrada del regulador:

$$I_{ent} = 1,25 * 9,26 * 2$$

$$I_{ent} = 23,15A$$

$$I_{SAL} = \frac{FS * (P_{DC} + \frac{P_{AC}}{\eta_{inv}})}{V_{Bat}}$$

Dónde:

FS : Factor de Seguridad

P_{DC} : Potencia en Corriente Directa

P_{AC} : Potencia en Corriente Alterna

η_{inv} : Eficiencia del Inversor

V_{Bat} : Voltaje de la Batería

La potencia de corriente directa será de 0 y la potencia de corriente alterna es de 226,4W, según la tabla 1.

$$I_{SAL} = \frac{1,25 * (0 + \frac{226,4}{0,9})}{24}$$

$$I_{SAL} = 13,10A$$

- Dimensiones del Inversor:

$$P_{inv} = FS * P_{AC}$$

Dónde:

P_{inv} : Potencia del Inversor.

P_{AC} : Potencia en Corriente Alterna.

FS : Factor de Seguridad

$$P_{inv} = 1,25 * 226,4W$$

$$P_{inv} = 283W$$

Primer Piso: Zona Residencial

- Consumo Medio Diario

$$L_{md} = \frac{L_{md,DC} + \frac{L_{md,AC}}{n_{inv}}}{n_{bat} * n_{con}}$$

Dónde:

L_{md} : Consumo Medio Diario

$L_{md,DC}$: Consumo Diario de Energía de Corriente Directa

$L_{md,AC}$: Consumo Diario de Energía de Corriente Alterna.

n_{inv} : Eficiencia del Inversor

n_{bat} : Eficiencia de la Batería

n_{con} : Eficiencia del Conversor

El valor de consumo diario de energía de corriente directa es 0, el de corriente alterna es de 859,2Wh tomado de la tabla 2.

$$L_{md} = \frac{0 + \frac{859,2Wh}{0,9}}{0,95 * 1}$$

$$L_{md} = 1004,91Wh/dia$$

- Consumo de Energía Medio:

$$Q_{Ah} = \frac{L_{md}}{V_{BAT}}$$

Dónde:

Q_{Ah} : Consumo de Energía Medio diario en Ah/día

L_{md} : Consumo Medio Diario

V_{BAT} : Voltaje de la Batería.

Para este estudio se usará un voltaje de 24V para la batería.

$$Q_{Ah} = \frac{1004,91Wh/dia}{24V}$$

$$Q_{Ah} = 41,87 \text{ Ah/día}$$

El consumo total Anual será:

$$L_T = L_{md} * 365 \text{ dia/año}$$

$$L_T = 1004,91Wh/dia * 365 \text{ dia/año}$$

$$L_T = 366792,98Wh/Año$$

- Demanda Diaria de Energía Solar:

$$HPS_{CRIT} = \frac{\text{Radiacion del Mes Critico}}{\text{Constante de Radiacion}}$$

Dónde:

HPS_{CRIT} : Demanda Diaria de Energía Solar

El valor de la constante de radiación es de 1000 W/m² y la radiación del mes crítico de la Ciudad de Ocaña es de 3500 W/m², de lo anterior se tiene:

$$HPS_{CRIT} = \frac{3500\text{W/m}^2}{1000\text{W/m}^2}$$

$$HPS_{CRIT} = 3,5$$

- Potencia Pico del Módulo:

$$P_{MPP} = \frac{L_{md}}{N_T * HPS_{CRIT} * PR}$$

Dónde:

N_T : Numero de Paneles

PR : Factor Global de Funcionamiento

L_{md} : Consumo Medio Diario

HPS_{CRIT} : Demanda Diaria de Energía Solar

El Numero de paneles será a criterio del diseño, en este caso serán necesarios 2. El factor global de funcionamiento en el dimensionado de instalaciones solares fotovoltaicas, generalmente oscila entre 0,65 y 0,9; por lo que en este caso asumimos un PR=0,8.

$$P_{MPP} = \frac{1004,91Wh/dia}{2 * 3,5 * 0,8}$$

$$P_{MPP} = 179,4W$$

- Dimensiones de Acumulador:

$$C_{ne} = \frac{L_{md} * N}{P_{DE} * F_{CT}}$$

Dónde:

C_{ne} : Capacidad Nominal Del Acumulador

L_{md} : Consumo Medio Diario

N : Número de días Autónomos

F_{CT} : Factor de Corrección de Temperatura

P_{DE} : Profundidad de Descarga Máxima.

Se tomó de parámetro un valor de 0,7 de profundidad de descarga máxima, teniendo 2 días de autonomía y 1 para el factor de corrección de temperatura.

$$C_{ne} = \frac{1004,91 * 2}{0,7 * 1}$$

$$C_{ne} = 2871,17Wh$$

- Dimensiones del Regulador:

$$I_{ent} = FS * I_{CS} * N_p$$

Dónde:

I_{ent} : Corriente de entrada del Regulador

FS : Factor de Seguridad

I_{CS} : Corriente del cortocircuito del Panel

N_P : Numero de Paneles en paralelo.

Donde el factor de seguridad fue tomado de 1,25 para tener en cuenta aquellos días con sol y nubes en los que la irradiancia no llega a su valor de 1000W/m². De acuerdo al panel escogido el valor de Corriente del Cortocircuito es de 9,26A y además el valor de la corriente de cada módulo fotovoltaico es de 8,82, el cual es necesario para saber la conexión en paralelo y así conocer las dimensiones del regulador. Ver apéndice 1.

$$N_{PARALELO} = \frac{I_{GFV,MPP}}{I_{MOD,MPP}}$$

Dónde:

$N_{PARALELO}$: Numero de Paneles en Paralelo

$I_{GFV,MPP}$: La corriente generada por el campo de captación fotovoltaico (el total de placas solares instaladas).

$I_{MOD,MPP}$: Corriente de cada Módulo Fotovoltaico.

$$I_{GFV,MPP} = \frac{Q_{Ah}}{HPS_{CRIT}}$$

$$I_{GFV,MPP} = \frac{41,87}{3,5}$$

$$I_{GFV,MPP} = 11,96A$$

$$N_{PARALELO} = \frac{11,96A}{8,82A}$$

$$N_{PARALELO} = 1,35 \cong 2$$

Así, la Corriente de entrada del regulador:

$$I_{ent} = 1,25 * 9,26 * 2$$

$$I_{ent} = 23,15A$$

$$I_{SAL} = \frac{FS * (P_{DC} + \frac{P_{AC}}{\eta_{inv}})}{V_{Bat}}$$

Dónde:

FS : Factor de Seguridad

P_{DC} : Potencia en Corriente Directa

P_{AC} : Potencia en Corriente Alterna

η_{inv} : Eficiencia del Inversor

V_{Bat} : Voltaje de la Batería

La potencia de corriente directa será de 0 y la potencia de corriente alterna es de 179W, según la tabla 2.

$$I_{SAL} = \frac{1,25 * (0 + \frac{179}{0,9})}{24}$$

$$I_{SAL} = 10,35A$$

- Dimensiones del Inversor:

$$P_{inv} = FS * P_{AC}$$

Dónde:

P_{inv} : Potencia del Inversor.

P_{AC} : Potencia en Corriente Alterna.

FS : Factor de Seguridad

$$P_{inv} = 1,25 * 179W$$

$$P_{inv} = 223,75W$$

Segundo Piso:

- Consumo Medio Diario

$$L_{md} = \frac{L_{md,DC} + \frac{L_{md,AC}}{n_{inv}}}{n_{bat} * n_{con}}$$

Dónde:

L_{md} : Consumo Medio Diario

$L_{md,DC}$: Consumo Diario de Energía de Corriente Directa

$L_{md,AC}$: Consumo Diario de Energía de Corriente Alterna.

n_{inv} : Eficiencia del Inversor

n_{bat} : Eficiencia de la Batería

n_{con} : Eficiencia del Conversor

El valor de consumo diario de energía de corriente directa es 0, el de corriente alterna es de 1112,64Wh tomado de la tabla 2.

$$L_{md} = \frac{0 + \frac{1112,64Wh}{0,9}}{0,95 * 1}$$

$$L_{md} = 1301,33Wh/dia$$

- Consumo de Energía Medio:

$$Q_{Ah} = \frac{L_{md}}{V_{BAT}}$$

Dónde:

Q_{Ah} : Consumo de Energía Medio diario en Ah/día

L_{md} : Consumo Medio Diario

V_{BAT} : Voltaje de la Batería.

Para este estudio se usará un voltaje de 24V para la batería.

$$Q_{Ah} = \frac{1301,33Wh/dia}{24V}$$

$$Q_{Ah} = 54,22 \text{ Ah/día}$$

El consumo total Anual será:

$$L_T = L_{md} * 365 \text{ dia/año}$$

$$L_T = 1301,33 \text{ h/dia} * 365 \text{ dia/año}$$

$$L_T = 474985,66 \text{ Wh/Año}$$

- Demanda Diaria de Energía Solar:

$$HPS_{CRIT} = \frac{\text{Radiacion del Mes Critico}}{\text{Constante de Radiacion}}$$

Dónde:

HPS_{CRIT} : Demanda Diaria de Energía Solar

El valor de la constante de radiación es de 1000 W/m² y la radiación del mes crítico de la Ciudad de Ocaña es de 3500 W/m², de lo anterior se tiene:

$$HPS_{CRIT} = \frac{3500 \text{ W/m}^2}{1000 \text{ W/m}^2}$$

$$HPS_{CRIT} = 3,5$$

- Potencia Pico del Módulo:

$$P_{MPP} = \frac{L_{md}}{N_T * HPS_{CRIT} * PR}$$

Dónde:

N_T : Numero de Paneles

PR : Factor Global de Funcionamiento

L_{md} : Consumo Medio Diario

HPS_{CRIT} : Demanda Diaria de Energía Solar

El Numero de paneles será a criterio del diseño, en este caso serán necesarios 2. El factor global de funcionamiento en el dimensionado de instalaciones solares fotovoltaicas, generalmente oscila entre 0,65 y 0,9; por lo que en este caso asumimos un $PR=0,8$.

$$P_{MPP} = \frac{1301,33Wh/dia}{2 * 3,5 * 0,8}$$

$$P_{MPP} = 232,1W$$

- Dimensiones de Acumulador:

$$C_{ne} = \frac{L_{md} * N}{P_{DE} * F_{CT}}$$

Dónde:

C_{ne} : Capacidad Nominal Del Acumulador

L_{md} : Consumo Medio Diario

N : Número de días Autónomos

F_{CT} : Factor de Corrección de Temperatura

P_{DE} : Profundidad de Descarga Máxima.

Se tomó de parámetro un valor de 0,7 de profundidad de descarga máxima, teniendo 2 días de autonomía y 1 para el factor de corrección de temperatura.

$$C_{ne} = \frac{1301,33 * 2}{0,7 * 1}$$

$$C_{ne} = 3718,08Wh$$

- Dimensiones del Regulador:

$$I_{ent} = FS * I_{CS} * N_P$$

Dónde:

I_{ent} : Corriente de entrada del Regulador

FS : Factor de Seguridad

I_{CS} : Corriente del cortocircuito del Panel

N_P : Numero de Paneles en paralelo.

Donde el factor de seguridad fue tomado de 1,25 para tener en cuenta aquellos días con sol y nubes en los que la irradiancia no llega a su valor de 1000W/m². De acuerdo al panel escogido el valor de Corriente del Cortocircuito es de 9,26A y además el valor de la corriente de cada módulo fotovoltaico es de 8,82, el cual es necesario para saber la conexión en paralelo y así conocer las dimensiones del regulador. Ver apéndice 1.

$$N_{PARALELO} = \frac{I_{GFV,MPP}}{I_{MOD,MPP}}$$

Dónde:

$N_{PARALELO}$: Numero de Paneles en Paralelo

$I_{GFV,MPP}$: La corriente generada por el campo de captación fotovoltaico (el total de placas solares instaladas).

$I_{MOD,MPP}$: Corriente de cada Módulo Fotovoltaico.

$$I_{GFV,MPP} = \frac{Q_{Ah}}{HPS_{CRIT}}$$

$$I_{GFV,MPP} = \frac{54,22}{3,5}$$

$$I_{GFV,MPP} = 15,49A$$

$$N_{PARALELO} = \frac{15,49A}{8,82A}$$

$$N_{PARALELO} = 1,7 \cong 2$$

Así, la Corriente de entrada del regulador:

$$I_{ent} = 1,25 * 9,26 * 2$$

$$I_{ent} = 23,15A$$

$$I_{SAL} = \frac{FS * (P_{DC} + \frac{P_{AC}}{\eta_{inv}})}{V_{Bat}}$$

Dónde:

FS : Factor de Seguridad

P_{DC} : Potencia en Corriente Directa

P_{AC} : Potencia en Corriente Alterna

η_{inv} : Eficiencia del Inversor

V_{Bat} : Voltaje de la Batería

La potencia de corriente directa será de 0 y la potencia de corriente alterna es de 231,8W según la tabla 2.

$$I_{SAL} = \frac{1,25 * (0 + \frac{231,8}{0,9})}{24}$$

$$I_{SAL} = 13,41A$$

- Dimensiones del Inversor:

$$P_{inv} = FS * P_{AC}$$

Dónde:

P_{inv} : Potencia del Inversor.

P_{AC} : Potencia en Corriente Alterna.

FS : Factor de Seguridad

$$P_{inv} = 1,25 * 231,8W$$

$$P_{inv} = 289,75W$$

Tercer Piso:

- Consumo Medio Diario

$$L_{md} = \frac{L_{md,DC} + \frac{L_{md,AC}}{n_{inv}}}{n_{bat} * n_{con}}$$

Dónde:

L_{md} : Consumo Medio Diario

$L_{md,DC}$: Consumo Diario de Energía de Corriente Directa

$L_{md,AC}$: Consumo Diario de Energía de Corriente Alterna.

n_{inv} : Eficiencia del Inversor

n_{bat} : Eficiencia de la Batería

n_{con} : Eficiencia del Conversor

El valor de consumo diario de energía de corriente directa es 0, el de corriente alterna es de 1516,8Wh tomado de la tabla 4.

$$L_{md} = \frac{0 + \frac{1516,8Wh}{0,9}}{0,95 * 1}$$

$$L_{md} = 1774,03Wh/dia$$

- Consumo de Energía Medio:

$$Q_{Ah} = \frac{L_{md}}{V_{BAT}}$$

Dónde:

Q_{Ah} : Consumo de Energía Medio diario en Ah/día

L_{md} : Consumo Medio Diario

V_{BAT} : Voltaje de la Batería.

Para este estudio se usará un voltaje de 24V para la batería.

$$Q_{Ah} = \frac{1774,03Wh/día}{24V}$$

$$Q_{Ah} = 73,91 \text{ Ah/día}$$

El consumo total Anual será:

$$L_T = L_{md} * 365 \text{ día/año}$$

$$L_T = 1774,03h/día * 365 \text{ día/año}$$

$$L_T = 647520,80Wh/Año$$

- Demanda Diaria de Energía Solar:

$$HPS_{CRIT} = \frac{\text{Radiacion del Mes Critico}}{\text{Constante de Radiacion}}$$

Dónde:

HPS_{CRIT} : Demanda Diaria de Energía Solar

El valor de la constante de radiación es de 1000 W/m² y la radiación del mes crítico de la Ciudad de Ocaña es de 3500 W/m², de lo anterior se tiene:

$$HPS_{CRIT} = \frac{3500W/m^2}{1000W/m^2}$$

$$HPS_{CRIT} = 3,5$$

- Potencia Pico del Módulo:

$$P_{MPP} = \frac{L_{md}}{N_T * HPS_{CRIT} * PR}$$

Dónde:

N_T : Numero de Paneles

PR : Factor Global de Funcionamiento

L_{md} : Consumo Medio Diario

HPS_{CRIT} : Demanda Diaria de Energía Solar

El Numero de paneles será a criterio del diseño, en este caso serán necesarios 2. El factor global de funcionamiento en el dimensionado de instalaciones solares fotovoltaicas, generalmente oscila entre 0,65 y 0,9; por lo que en este caso asumimos un $PR=0,8$.

$$P_{MPP} = \frac{1774,03Wh/dia}{2 * 3,5 * 0,8}$$

$$P_{MPP} = 316,8W$$

- Dimensiones de Acumulador:

$$C_{ne} = \frac{L_{md} * N}{P_{DE} * F_{CT}}$$

Dónde:

C_{ne} : Capacidad Nominal Del Acumulador

L_{md} : Consumo Medio Diario

N : Número de días Autónomos

F_{CT} : Factor de Corrección de Temperatura

P_{DE} : Profundidad de Descarga Máxima.

Se tomó de parámetro un valor de 0,7 de profundidad de descarga máxima, teniendo 2 días de autonomía y 1 para el factor de corrección de temperatura.

$$C_{ne} = \frac{1774,03 * 2}{0,7 * 1}$$

$$C_{ne} = 5068,65Wh$$

- Dimensiones del Regulador:

$$I_{ent} = FS * I_{CS} * N_P$$

Dónde:

I_{ent} : Corriente de entrada del Regulador

FS : Factor de Seguridad

I_{CS} : Corriente del cortocircuito del Panel

N_P : Numero de Paneles en paralelo.

Donde el factor de seguridad fue tomado de 1,25 para tener en cuenta aquellos días con sol y nubes en los que la irradiancia no llega a su valor de 1000W/m². De acuerdo al panel escogido el valor de Corriente del Cortocircuito es de 9,26A y además el valor de la corriente de cada módulo fotovoltaico es de 8,82, el cual es necesario para saber la conexión en paralelo y así conocer las dimensiones del regulador. Ver apéndice 1

$$N_{PARALELO} = \frac{I_{GFV,MPP}}{I_{MOD,MPP}}$$

Dónde:

$N_{PARALELO}$: Numero de Paneles en Paralelo

$I_{GFV,MPP}$: La corriente generada por el campo de captación fotovoltaico (el total de placas solares instaladas).

$I_{MOD,MPP}$: Corriente de cada Módulo Fotovoltaico.

$$I_{GFV,MPP} = \frac{Q_{Ah}}{HPS_{CRIT}}$$

$$I_{GFV,MPP} = \frac{73,91}{3,5}$$

$$I_{GFV,MPP} = 21,11A$$

$$N_{PARALELO} = \frac{21,11A}{8,82A}$$

$$N_{PARALELO} = 2$$

Así, la Corriente de entrada del regulador:

$$I_{ent} = 1,25 * 9,26 * 2$$

$$I_{ent} = 23,15A$$

$$I_{SAL} = \frac{FS * (P_{DC} + \frac{P_{AC}}{\eta_{inv}})}{V_{Bat}}$$

Dónde:

FS : Factor de Seguridad

P_{DC} : Potencia en Corriente Directa

P_{AC} : Potencia en Corriente Alterna

η_{inv} : Eficiencia del Inversor

V_{Bat} : Voltaje de la Batería

La potencia de corriente directa será de 0 y la potencia de corriente alterna es de 316W según la tabla 4

$$I_{SAL} = \frac{1,25 * (0 + \frac{316}{0,9})}{24}$$

$$I_{SAL} = 18,28A$$

- Dimensiones del Inversor:

$$P_{inv} = FS * P_{AC}$$

Dónde:

P_{inv} : Potencia del Inversor.

P_{AC} : Potencia en Corriente Alterna.

FS : Factor de Seguridad

$$P_{inv} = 1,25 * 316W$$

$$P_{inv} = 395W$$

Octavo Piso:

- Consumo Medio Diario

$$L_{md} = \frac{L_{md,DC} + \frac{L_{md,AC}}{n_{inv}}}{n_{bat} * n_{con}}$$

Dónde:

L_{md} : Consumo Medio Diario

$L_{md,DC}$: Consumo Diario de Energía de Corriente Directa

$L_{md,AC}$: Consumo Diario de Energía de Corriente Alterna.

n_{inv} : Eficiencia del Inversor

n_{bat} : Eficiencia de la Batería

n_{con} : Eficiencia del Conversor

El valor de consumo diario de energía de corriente directa es 0, el de corriente alterna es de 2064Wh tomado de la tabla 5.

$$L_{md} = \frac{0 + \frac{2064Wh}{0,9}}{0,95 * 1}$$

$$L_{md} = 2414,03Wh/dia$$

- Consumo de Energía Medio:

$$Q_{Ah} = \frac{L_{md}}{V_{BAT}}$$

Dónde:

Q_{Ah} : Consumo de Energía Medio diario en Ah/día

L_{md} : Consumo Medio Diario

V_{BAT} : Voltaje de la Batería.

Para este estudio se usará un voltaje de 24V para la batería.

$$Q_{Ah} = \frac{2414,03Wh/día}{24V}$$

$$Q_{Ah} = 100,58 \text{ Ah/día}$$

El consumo total Anual será:

$$L_T = L_{md} * 365 \text{ día/año}$$

$$L_T = 2414,03h/día * 365 \text{ día/año}$$

$$L_T = 881120,95Wh/Año$$

- Demanda Diaria de Energía Solar:

$$HPS_{CRIT} = \frac{\text{Radiacion del Mes Critico}}{\text{Constante de Radiacion}}$$

Dónde:

HPS_{CRIT} : Demanda Diaria de Energía Solar

El valor de la constante de radiación es de 1000 W/m² y la radiación del mes crítico de la Ciudad de Ocaña es de 3500 W/m², de lo anterior se tiene:

$$HPS_{CRIT} = \frac{3500W/m^2}{1000W/m^2}$$

$$HPS_{CRIT} = 3,5$$

- Potencia Pico del Módulo:

$$P_{MPP} = \frac{L_{md}}{N_T * HPS_{CRIT} * PR}$$

Dónde:

N_T : Numero de Paneles

PR: Factor Global de Funcionamiento

L_{md} : Consumo Medio Diario

HPS_{CRIT} : Demanda Diaria de Energía Solar

El Numero de paneles será a criterio del diseño, en este caso serán necesarios 3. El factor global de funcionamiento en el dimensionado de instalaciones solares fotovoltaicas, generalmente oscila entre 0,65 y 0,9; por lo que en este caso asumimos un PR=0,8.

$$P_{MPP} = \frac{2414,03Wh/dia}{3 * 3,5 * 0,8}$$

$$P_{MPP} = 287,38W$$

- Dimensiones de Acumulador:

$$C_{ne} = \frac{L_{md} * N}{P_{DE} * F_{CT}}$$

Dónde:

C_{ne} : Capacidad Nominal Del Acumulador

L_{md} : Consumo Medio Diario

N : Número de días Autónomos

F_{CT} : Factor de Corrección de Temperatura

P_{DE} : Profundidad de Descarga Máxima.

Se tomó de parámetro un valor de 0,7 de profundidad de descarga máxima, teniendo 2 días de autonomía y 1 para el factor de corrección de temperatura.

$$C_{ne} = \frac{2414,03 * 2}{0,7 * 1}$$

$$C_{ne} = 6897,23Wh$$

- Dimensiones del Regulador:

$$I_{ent} = FS * I_{CS} * N_P$$

Dónde:

I_{ent} : Corriente de entrada del Regulador

FS: Factor de Seguridad

I_{CS} : Corriente del cortocircuito del Panel

N_P : Numero de Paneles en paralelo.

Donde el factor de seguridad fue tomado de 1,25 para tener en cuenta aquellos días con sol y nubes en los que la irradiancia no llega a su valor de 1000W/m². De acuerdo al panel escogido el valor de Corriente del Cortocircuito es de 9,25A y además el valor de la corriente de cada módulo fotovoltaico es de 8,76, el cual es necesario para saber la conexión en paralelo y así conocer las dimensiones del regulador. Ver apéndice 2

$$N_{\text{PARALELO}} = \frac{I_{\text{GFV,MPP}}}{I_{\text{MOD,MPP}}}$$

Dónde:

N_{PARALELO} : Numero de Paneles en Paralelo

$I_{\text{GFV,MPP}}$: La corriente generada por el campo de captación fotovoltaico (el total de placas solares instaladas).

$I_{\text{MOD,MPP}}$: Corriente de cada Módulo Fotovoltaico.

$$I_{\text{GFV,MPP}} = \frac{Q_{\text{Ah}}}{\text{HPS}_{\text{CRIT}}}$$

$$I_{\text{GFV,MPP}} = \frac{100,58}{3,5}$$

$$I_{\text{GFV,MPP}} = 28,73\text{A}$$

$$N_{\text{PARALELO}} = \frac{28,73\text{A}}{8,76\text{A}}$$

$$N_{\text{PARALELO}} = 3$$

Así, la Corriente de entrada del regulador:

$$I_{\text{ent}} = 1,25 * 9,25 * 3$$

$$I_{\text{ent}} = 34,68\text{A}$$

$$I_{\text{SAL}} = \frac{\text{FS} * (P_{\text{DC}} + \frac{P_{\text{AC}}}{\eta_{\text{inv}}})}{V_{\text{Bat}}}$$

Dónde:

FS: Factor de Seguridad

P_{DC} : Potencia en Corriente Directa

P_{AC} : Potencia en Corriente Alterna

η_{inv} : Eficiencia del Inversor

V_{Bat} : Voltaje de la Batería

La potencia de corriente directa será de 0 y la potencia de corriente alterna es de 430W, según la tabla 5.

$$I_{SAL} = \frac{1,25 * (0 + \frac{430}{0,9})}{24}$$

$$I_{SAL} = 24,88A$$

- Dimensiones del Inversor:

$$P_{inv} = FS * P_{AC}$$

Dónde:

P_{inv} : Potencia del Inversor.

P_{AC} : Potencia en Corriente Alterna.

FS: Factor de Seguridad

$$P_{inv} = 1,25 * 430W$$

$$P_{inv} = 537,5W$$

Sotanos 1 Y 2:

- Consumo Medio Diario

$$L_{md} = \frac{L_{md,DC} + \frac{L_{md,AC}}{n_{inv}}}{n_{bat} * n_{con}}$$

Dónde:

L_{md} : Consumo Medio Diario

$L_{md,DC}$: Consumo Diario de Energía de Corriente Directa

$L_{md,AC}$: Consumo Diario de Energía de Corriente Alterna.

n_{inv} : Eficiencia del Inversor

n_{bat} : Eficiencia de la Batería

n_{con} : Eficiencia del Conversor

El valor de consumo diario de energía de corriente directa es 0, el de corriente alterna es de 5616Wh tomado de la tabla 6.

$$L_{md} = \frac{0 + \frac{5616Wh}{0,9}}{0,95 * 1}$$

$$L_{md} = 6568,42Wh/dia$$

- Consumo de Energía Medio:

$$Q_{Ah} = \frac{L_{md}}{V_{BAT}}$$

Dónde:

Q_{Ah} : Consumo de Energía Medio diario en Ah/día

L_{md} : Consumo Medio Diario

V_{BAT} : Voltaje de la Batería.

Para este estudio se usará un voltaje de 24V para la batería.

$$Q_{Ah} = \frac{6568,42Wh/día}{24V}$$

$$Q_{Ah} = 273,68 \text{ Ah/día}$$

El consumo total Anual será:

$$L_T = L_{md} * 365 \text{ día/año}$$

$$L_T = 6568,42h/día * 365 \text{ día/año}$$

$$L_T = 2397473,3Wh/Año$$

- Demanda Diaria de Energía Solar:

$$HPS_{CRIT} = \frac{\text{Radiacion del Mes Critico}}{\text{Constante de Radiacion}}$$

Dónde:

HPS_{CRIT} : Demanda Diaria de Energía Solar

El valor de la constante de radiación es de 1000 W/m² y la radiación del mes crítico de la Ciudad de Ocaña es de 3500 W/m², de lo anterior se tiene:

$$HPS_{CRIT} = \frac{3500\text{W/m}^2}{1000\text{W/m}^2}$$

$$HPS_{CRIT} = 3,5$$

- Potencia Pico del Módulo:

$$P_{MPP} = \frac{L_{md}}{N_T * HPS_{CRIT} * PR}$$

Dónde:

N_T : Numero de Paneles

PR : Factor Global de Funcionamiento

L_{md} : Consumo Medio Diario

HPS_{CRIT} : Demanda Diaria de Energía Solar

El Numero de paneles será a criterio del diseño, en este caso serán necesarios 9. El factor global de funcionamiento en el dimensionado de instalaciones solares fotovoltaicas, generalmente oscila entre 0,65 y 0,9; por lo que en este caso asumimos un PR=0,8.

$$P_{MPP} = \frac{6568,42\text{Wh/dia}}{9 * 3,5 * 0,8}$$

$$P_{MPP} = 260,65\text{W}$$

- Dimensiones de Acumulador:

$$C_{ne} = \frac{L_{md} * N}{P_{DE} * F_{CT}}$$

Dónde:

C_{ne} : Capacidad Nominal Del Acumulador

L_{md} : Consumo Medio Diario

N : Número de días Autónomos

F_{CT} : Factor de Corrección de Temperatura

P_{DE} : Profundidad de Descarga Máxima.

Se tomó de parámetro un valor de 0,7 de profundidad de descarga máxima, teniendo 2 días de autonomía y 1 para el factor de corrección de temperatura.

$$C_{ne} = \frac{6568,42 * 2}{0,7 * 1}$$

$$C_{ne} = 18766,9Wh$$

- Dimensiones del Regulador:

$$I_{ent} = FS * I_{CS} * N_P$$

Dónde:

I_{ent} : Corriente de entrada del Regulador

FS : Factor de Seguridad

I_{CS} : Corriente del cortocircuito del Panel

N_P :Numero de Paneles en paralelo.

Donde el factor de seguridad fue tomado de 1,25. De acuerdo al panel escogido el valor de Corriente del Cortocircuito es de 9,26A y además el valor de la corriente de cada módulo fotovoltaico es de 8,82, el cual es necesario para saber la conexión en paralelo y así conocer las dimensiones del regulador. Ver apéndice 1.

$$N_{PARALELO} = \frac{I_{GFV,MPP}}{I_{MOD,MPP}}$$

Dónde:

$N_{PARALELO}$: Numero de Paneles en Paralelo

$I_{GFV,MPP}$: La corriente generada por el campo de captación fotovoltaico (el total de placas solares instaladas).

$I_{MOD,MPP}$: Corriente de cada Módulo Fotovoltaico.

$$I_{GFV,MPP} = \frac{Q_{Ah}}{HPS_{CRIT}}$$

$$I_{GFV,MPP} = \frac{273,68}{3,5}$$

$$I_{GFV,MPP} = 78,19A$$

$$N_{PARALELO} = \frac{78,19A}{8,76A}$$

$$N_{PARALELO} = 9$$

Así, la Corriente de entrada del regulador:

$$I_{ent} = 1,25 * 9,26 * 9$$

$$I_{ent} = 104,17A$$

$$I_{SAL} = \frac{FS * (P_{DC} + \frac{P_{AC}}{\eta_{inv}})}{V_{Bat}}$$

Dónde:

FS : Factor de Seguridad

P_{DC} : Potencia en Corriente Directa

P_{AC} : Potencia en Corriente Alterna

η_{inv} : Eficiencia del Inversor

V_{Bat} : Voltaje de la Batería

La potencia de corriente directa será de 0 y la potencia de corriente alterna es de 780W, según la tabla 6

$$I_{SAL} = \frac{1,25 * (0 + \frac{780}{0,9})}{24}$$

$$I_{SAL} = 45,13A$$

- Dimensiones del Inversor:

$$P_{inv} = FS * P_{AC}$$

Dónde:

P_{inv} : Potencia del Inversor.

P_{AC} : Potencia en Corriente Alterna.

FS: Factor de Seguridad

$$P_{inv} = 1,25 * 780W$$

$$P_{inv} = 975W$$

Gradas Y Entrada:

- Consumo Medio Diario

$$L_{md} = \frac{L_{md,DC} + \frac{L_{md,AC}}{n_{inv}}}{n_{bat} * n_{con}}$$

Dónde:

L_{md} : Consumo Medio Diario

$L_{md,DC}$: Consumo Diario de Energía de Corriente Directa

$L_{md,AC}$: Consumo Diario de Energía de Corriente Alterna.

n_{inv} : Eficiencia del Inversor

n_{bat} : Eficiencia de la Batería

n_{con} :Eficiencia del Conversor

El valor de consumo diario de energía de corriente directa es 0, el de corriente alterna es de 1363,2Wh tomado de la tabla 7

$$L_{md} = \frac{0 + \frac{1363,2Wh}{0,9}}{0,95 * 1}$$

$$L_{md} = 1594,38Wh/dia$$

- Consumo de Energía Medio:

$$Q_{Ah} = \frac{L_{md}}{V_{BAT}}$$

Dónde:

Q_{Ah} : Consumo de Energía Medio diario en Ah/día

L_{md} : Consumo Medio Diario

V_{BAT} : Voltaje de la Batería.

Para este estudio se usará un voltaje de 24V para la batería.

$$Q_{Ah} = \frac{1594,38Wh/dia}{24V}$$

$$Q_{Ah} = 66,43 \text{ Ah/día}$$

El consumo total Anual será:

$$L_T = L_{md} * 365 \text{ dia/año}$$

$$L_T = 1594,38/dia * 365 \text{ dia/año}$$

$$L_T = 581948,7Wh/Año$$

- Demanda Diaria de Energía Solar:

$$HPS_{CRIT} = \frac{\text{Radiacion del Mes Critico}}{\text{Constante de Radiacion}}$$

Dónde:

HPS_{CRIT} : Demanda Diaria de Energía Solar

El valor de la constante de radiación es de 1000 W/m² y la radiación del mes crítico de la Ciudad de Ocaña es de 3500 W/m², de lo anterior se tiene:

$$HPS_{CRIT} = \frac{3500W/m^2}{1000W/m^2}$$

$$HPS_{CRIT} = 3,5$$

- Potencia Pico del Módulo:

$$P_{MPP} = \frac{L_{md}}{N_T * HPS_{CRIT} * PR}$$

Dónde:

N_T : Numero de Paneles

PR : Factor Global de Funcionamiento

L_{md} : Consumo Medio Diario

HPS_{CRIT} : Demanda Diaria de Energía Solar

El Numero de paneles será a criterio del diseño, en este caso serán necesarios 2. El factor global de funcionamiento en el dimensionado de instalaciones solares fotovoltaicas, generalmente oscila entre 0,65 y 0,9; por lo que en este caso asumimos un PR=0,8.

$$P_{MPP} = \frac{1594,38Wh/dia}{2 * 3,5 * 0,8}$$

$$P_{MPP} = 284,71W$$

- Dimensiones de Acumulador:

$$C_{ne} = \frac{L_{md} * N}{P_{DE} * F_{CT}}$$

Dónde:

C_{ne} : Capacidad Nominal Del Acumulador

L_{md} : Consumo Medio Diario

N : Número de días Autónomos

F_{CT} : Factor de Corrección de Temperatura

P_{DE} : Profundidad de Descarga Máxima.

Se tomó de parámetro un valor de 0,7 de profundidad de descarga máxima, teniendo 2 días de autonomía y 1 para el factor de corrección de temperatura.

$$C_{ne} = \frac{1594,38 * 2}{0,7 * 1}$$

$$C_{ne} = 4555,37Wh$$

- Dimensiones del Regulador:

$$I_{ent} = FS * I_{CS} * N_P$$

Dónde:

I_{ent} : Corriente de entrada del Regulador

FS : Factor de Seguridad

I_{CS} : Corriente del cortocircuito del Panel

N_P : Numero de Paneles en paralelo.

Donde el factor de seguridad fue tomado de 1,25 para tener en cuenta aquellos días Con sol y nubes en los que la irradiancia no llega a su valor de 1000W/m². De acuerdo al panel escogido el valor de Corriente del Cortocircuito es de 9,26A y además el valor de la corriente de cada módulo fotovoltaico es de 8,82, el cual es necesario para saber la conexión en paralelo y así conocer las dimensiones del regulador. Ver apéndice 1

$$N_{PARALELO} = \frac{I_{GFV,MPP}}{I_{MOD,MPP}}$$

Dónde:

$N_{PARALELO}$: Numero de Paneles en Paralelo

$I_{GFV,MPP}$: La corriente generada por el campo de captación fotovoltaico (el total de placas solares instaladas).

$I_{MOD,MPP}$: Corriente de cada Módulo Fotovoltaico.

$$I_{GFV,MPP} = \frac{Q_{Ah}}{HPS_{CRIT}}$$

$$I_{GFV,MPP} = \frac{66,43}{3,5}$$

$$I_{GFV,MPP} = 18,98A$$

$$N_{PARALELO} = \frac{18,98A}{8,82A}$$

$$N_{PARALELO} = 2$$

Así, la Corriente de entrada del regulador:

$$I_{ent} = 1,25 * 9,26 * 2$$

$$I_{ent} = 23,15A$$

$$I_{SAL} = \frac{FS * (P_{DC} + \frac{P_{AC}}{\eta_{inv}})}{V_{Bat}}$$

Dónde:

FS : Factor de Seguridad

P_{DC} : Potencia en Corriente Directa

P_{AC} : Potencia en Corriente Alterna

η_{inv} : Eficiencia del Inversor

V_{Bat} : Voltaje de la Batería

La potencia de corriente directa será de 0 y la potencia de corriente alterna es de 284W, según la tabla 7.

$$I_{SAL} = \frac{1,25 * (0 + \frac{284}{0,9})}{24}$$

$$I_{SAL} = 16,43A$$

- Dimensiones del Inversor:

$$P_{inv} = FS * P_{AC}$$

Dónde:

P_{inv} : Potencia del Inversor.

P_{AC} : Potencia en Corriente Alterna.

FS : Factor de Seguridad

$$P_{inv} = 1,25 * 284W$$

$$P_{inv} = 355W$$

4.2.3. Obtener los Cálculos Estáticos para la Estructura de los Paneles Solares.

A continuación, se mostrarán los respectivos cálculos para conocer las reacciones y momentos máximos, por consiguiente, se realizará el diagrama de cuerpo libre con las cargas a las que se someterán las vigas.

Las vigas se encuentran soldadas en sus extremos y presentan restricción de los ejes, como se observa en la figura.



Figura 30. Empotramiento de Vigas

Fuente. Ferdinand Beer

Se procederá a definir las cargas aplicadas para lo cual se necesita el peso de los componentes de la estructura.

Tabla 9.

Masa de los Paneles

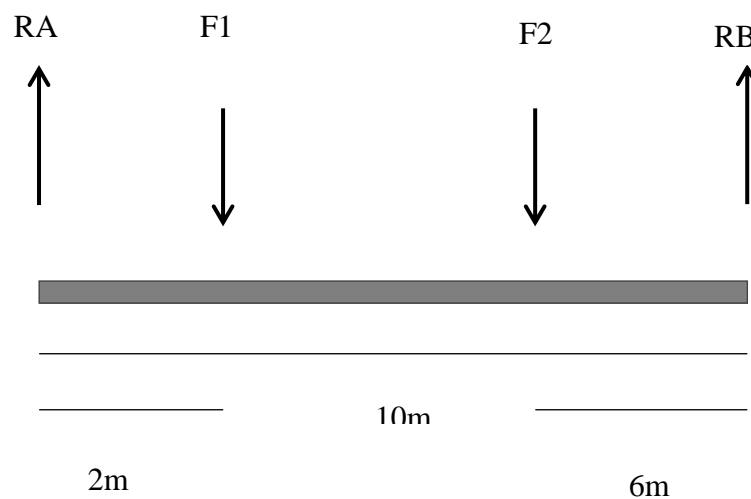
CANTIDAD	DESCRIPCION	MASA UNITARIA	MASA TOTAL
15	Paneles Solares de 275W	18,6Kg	279Kg
7	Paneles Solares de 325W	22,5Kg	157,5 Kg

Fuente. Autor del proyecto

F1: Módulos Solares de 275W

CANTIDAD	DESCRIPCION	MASA UNITARIA	MASA TOTAL
15	Paneles Solares de 275W	18,6Kg	279Kg
7	Paneles Solares de 325W	22,5Kg	157,5 Kg

F2: Módulos Solares de 325W

**Figura 31.** Diagrama de Fuerzas**Fuente.** Autor del proyecto

Dónde:

$$F = m * d$$

$$F1 = 279N * 2m$$

$$F1 = 558N.m$$

$$F2 = 157,5N * 4m$$

$$F_2 = 630\text{N}\cdot\text{m}$$

Con estos valores, se hallarán las reacciones en A y B

$$\begin{aligned} \sum M_A &= 0 \\ (R_B \cdot 10\text{m}) - (558\text{N} \cdot 2\text{m}) - (157,5\text{N} \cdot 4\text{m}) &= 0 \\ 10\text{m} R_B - 1116\text{N}\cdot\text{m} - 630\text{N}\cdot\text{m} &= 0 \\ R_B &= \frac{1746\text{Nm}}{10\text{m}} = 174,6\text{N} \\ R_B &= 174,6\text{N} \\ \sum F_Y &= 0 \\ R_A + 174,6\text{N} - 558\text{N} - 630\text{N} &= 0 \\ R_A &= 1013,4\text{N} \end{aligned}$$

Seguidamente se tiene el Diagrama de Esfuerzos y Momentos de la Estructura.

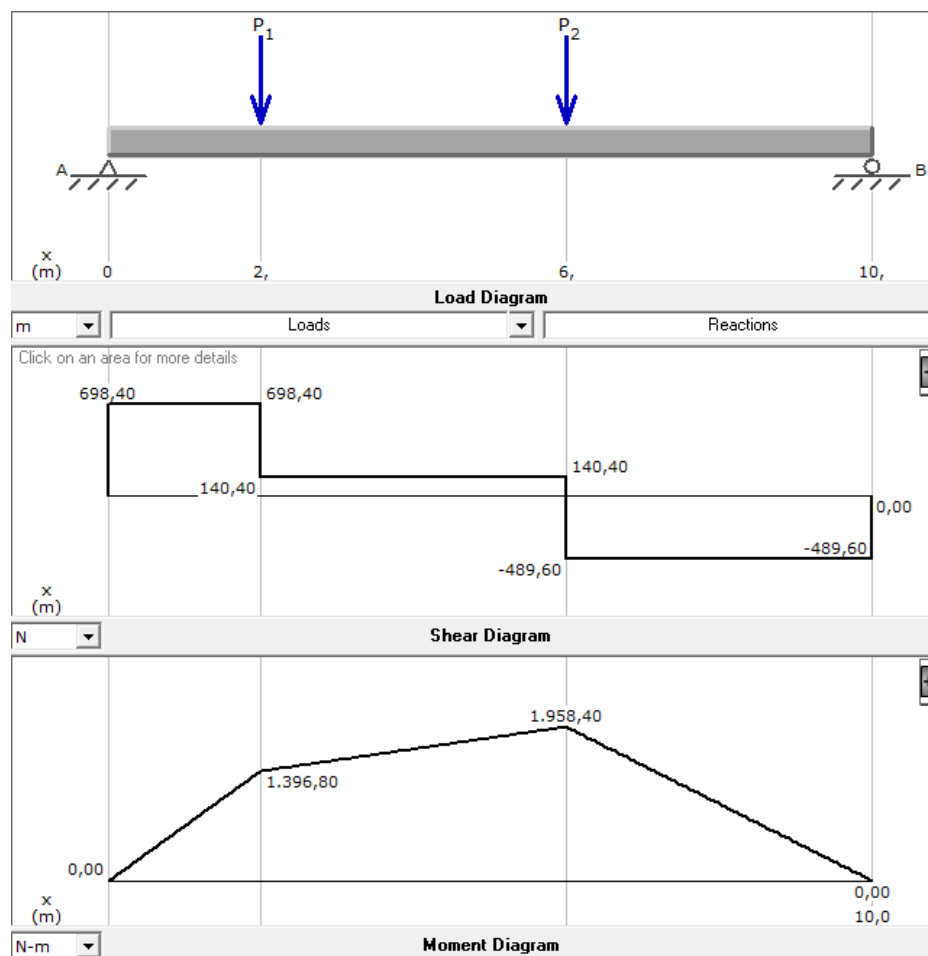


Figura 32. Diagrama de Esfuerzos y Momentos

Fuente. Autor del proyecto

De acuerdo a esto se ve que la fuerza máxima es de 648,90N y el momento flector máximo es de 1958,40 N.m.

Aparte de esto también se ve plasmado donde se dará el desplazamiento en la estructura.

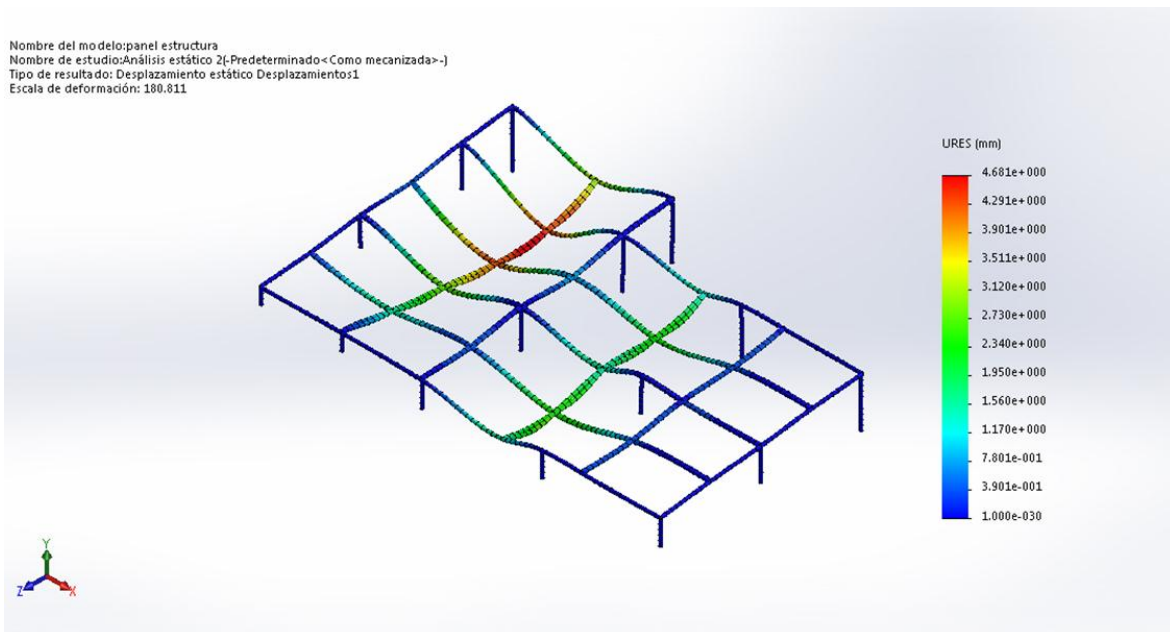


Figura 33. Análisis Estático de Desplazamiento

Fuente. Autor del proyecto.

4.2.4. Realizar el diseño mediante Solidworks de la estructura que soportara los paneles solares fotovoltaicos. Para realizar el diseño de la estructura donde estarán soportados los paneles del sistema solar fotovoltaico que será instalado en el edificio, es necesario tener en cuenta el área del lugar además de las dimensiones y el peso de cada uno de los módulos.

En este caso será la siguiente:

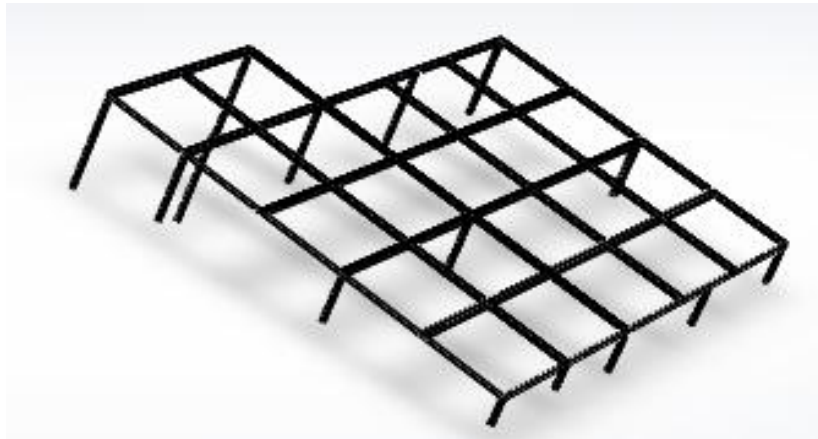


Figura 34. Estructura para los Paneles Solares
Fuente. Autor del proyecto

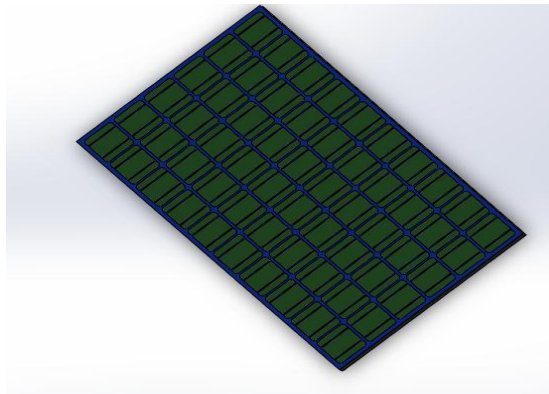


Figura 35. Panel Solar
Fuente. Autor del proyecto.

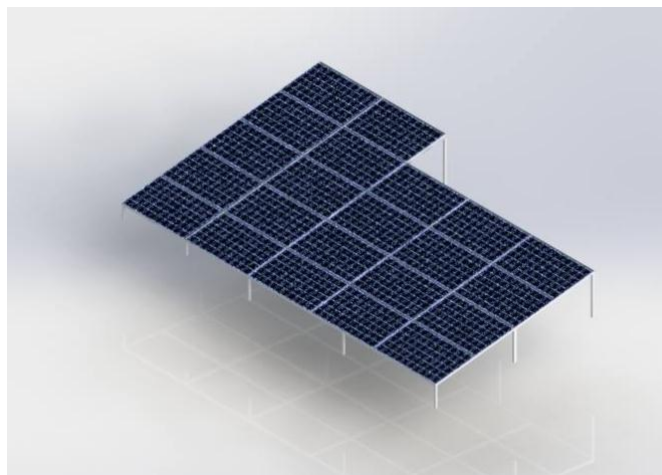


Figura 36. Ensamble de la Estructura
Fuente. Elaboración Propia.

4.3. Validar la implementación del sistema solar fotovoltaico teniendo en cuenta los costos de la energía eléctrica.

4.3.1. Analizar el Consumo por Facturación del Edificio. Luego de tener los cálculos de los elementos del sistema solar fotovoltaico y su respectiva estructura, se verá cómo ha sido el consumo mensual del edificio San Agustín Torre Club, en varios meses de gasto eléctrico, mostrado en las facturas dadas por la empresa (Centrales Eléctricas de Norte de Santander) Grupo EPM, quien es la encargada de brindarnos este recurso en el departamento Norte de Santander.

Es de vital importancia resaltar que en esta edificación existe un solo medidor por lo que el valor que este arroja muestra tanto lo adquirido en la zona social junto a la residencial.

A continuación, se analizará el consumo que se da en el lugar de estudio durante los doce meses del año 2017.

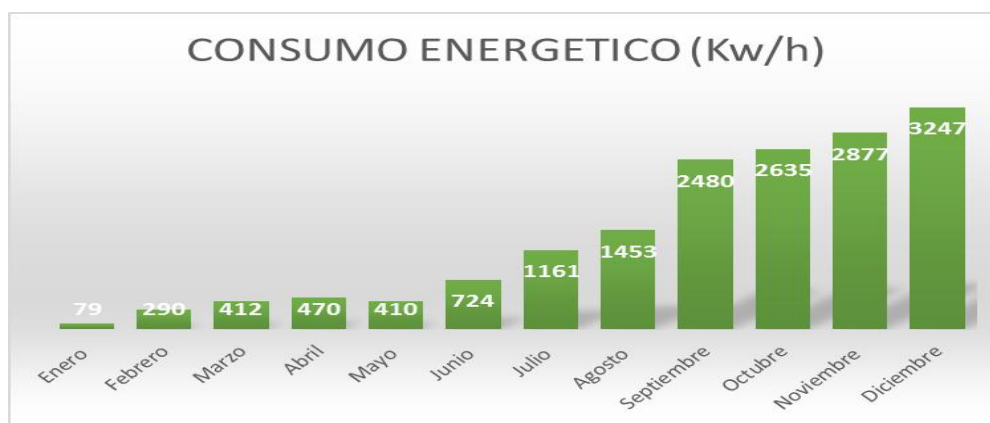


Figura 37. Consumo Energético mes a mes de San Agustín Torre Club

Fuente. Elaboración Propia.

Se observa que el consumo energético ha ido incrementando mes a mes, en especial en los últimos cuatro meses del año 2017, notándose un aumento significativo en la demanda de energía a partir de septiembre. Por consiguiente, el gasto económico también aumenta.

La empresa a la hora de cobrar el uso de energía tiene en cuenta el consumo por el costo unitario que varía mensualmente de acuerdo al nivel de tensión y otras variables como la frecuencia y el horario en el que se utiliza.

Seguidamente veremos estimados los valores de costo unitario, el consumo y el valor a pagar de los tres últimos meses del año 2017 en el edificio.

Tabla 10.

Características del Consumo de los últimos tres meses del año 2017

MES	CONSUMO	VALOR UNITARIO	VALOR EN \$
OCTUBRE	2635	485,1	1278239
NOVIEMBRE	2877	485,73	1397445
DICIEMBRE	3247	487,17	1581841

Fuente: Autor del proyecto

4.3.2. Calcular el Presupuesto de inversión a través de Cotizaciones. Ya con el dimensionado del sistema se realizaron las respectivas cotizaciones a la empresa colpilas que permitieron calcular el presupuesto de inversión requerido para cubrir la zona social del edificio.

Tabla 11.

Presupuesto

ITEM	DESCRIPCION	CANT	VR. UNITARIO	VR. TOTAL
01.	PRIMER PISO ZONA COMERCIAL			\$ 6.411.000,00
01.01	Panel solar Policristalino 24V 275W marca TRINA SOLAR	2	\$ 650.000,00	\$ 1.300.000,00
01.02	Batería seca sellada libre de mantenimiento VRLA AGM 12V 155AH Marca MTEK	2	\$ 950.000,00	\$ 1.900.000,00
01.03	Controlador de carga MPPT 12/24V 30AH VICTRON ENERGY	1	\$ 900.000,00	\$ 900.000,00
01.04	INVERSOR ONDA PURA 12/24V 250W Marca VICTRON ENERGY	1	\$ 411.000,00	\$ 411.000,00
01.05	Temporizador programable	1	\$ 100.000,00	\$ 100.000,00
01.06	Soporte para los paneles	2	\$ 400.000,00	\$ 800.000,00
01.07	Tablero de control	1	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00
01.08	Mano de Obra	1	\$ 500.000,00	\$ 500.000,00
01.09	Rollo de cable N° 8	1	\$ 300.000,00	\$ 300.000,00
02.	SEGUNDO PISO			\$ 6.411.000,00
02.01	Panel solar Policristalino 24V 275W marca TRINA SOLAR	2	\$ 650.000,00	\$ 1.300.000,00
02.02	Batería seca sellada libre de mantenimiento VRLA AGM 12V 155AH Marca MTEK	2	\$ 950.000,00	\$ 1.900.000,00
02.03	Controlador de carga MPPT 12/24V 30AH VICTRON ENERGY	1	\$ 900.000,00	\$ 900.000,00
02.04	INVERSOR ONDA PURA 12/24V 250W Marca VICTRON ENERGY	1	\$ 411.000,00	\$ 411.000,00
02.05	Temporizador programable	1	\$ 100.000,00	\$ 100.000,00
02.06	Soporte para los paneles	2	\$ 400.000,00	\$ 800.000,00
02.07	Tablero de control	1	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00
02.08	Mano de Obra	1	\$ 500.000,00	\$ 500.000,00
02.09	Rollo de cable N° 8	1	\$ 300.000,00	\$ 300.000,00
05.	OCTAVO PISO			\$ 11.160.000,00
05.01	Panel solar Policristalino 24V 325W marca TRINA SOLAR	3	\$ 720.000,00	\$ 2.160.000,00
05.02	Batería seca sellada libre de mantenimiento VRLA AGM 12V 255AH Marca MTEK	2	\$ 1.700.000,00	\$ 3.400.000,00
05.03	Controlador de carga MPPT 12/24V 30AH VICTRON ENERGY	2	\$ 900.000,00	\$ 1.800.000,00
05.04	INVERSOR ONDA PURA 12/24V 500W Marca VICTRON ENERGY	1	\$ 700.000,00	\$ 700.000,00
05.05	Temporizador programable	1	\$ 100.000,00	\$ 100.000,00
05.06	Soporte para los paneles	3	\$ 400.000,00	\$ 1.200.000,00
03.	TERCER PISO			\$ 7.740.000,00
03.01	Panel solar Policristalino 24V 325W marca TRINA SOLAR	2	\$ 720.000,00	\$ 1.440.000,00

Continuación Tabla 11. Presupuesto

03.02	Batería seca sellada libre de mantenimiento VRLA AGM 12V 205AH Marca MTEK	2	\$ 1.400.000,00	\$ 2.800.000,00
03.03	Controlador de carga MPPT 12/24V 30AH VICTRON ENERGY	1	\$ 900.000,00	\$ 900.000,00
03.04	INVERSOR ONDA PURA 12/24V 500W Marca VICTRON ENERGY	1	\$ 700.000,00	\$ 700.000,00
03.05	Temporizador programable	1	\$ 100.000,00	\$ 100.000,00
03.06	Soporte para los paneles	2	\$ 400.000,00	\$ 800.000,00
03.07	Tablero de control	1	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00
03.08	Mano de Obra	1	\$ 500.000,00	\$ 500.000,00
03.09	Rollo de cable N° 8	1	\$ 300.000,00	\$ 300.000,00
04.	PRIMER PISO ZONA RESIDENCIAL			\$ 5.511.000,00
04.01	Panel solar Policristalino 24V 275W marca TRINA SOLAR	2	\$ 650.000,00	\$ 1.300.000,00
04.02	Batería seca sellada libre de mantenimiento VRLA AGM 12V 205AH Marca MTEK	1	\$ 1.400.000,00	\$ 1.400.000,00
04.03	Controlador de carga MPPT 12/24V 30AH VICTRON ENERGY	1	\$ 900.000,00	\$ 900.000,00
04.04	INVERSOR ONDA PURA 12/24V 250W Marca VICTRON ENERGY	1	\$ 411.000,00	\$ 411.000,00
04.05	Temporizador programable	1	\$ 100.000,00	\$ 100.000,00
04.06	Soporte para los paneles	1	\$ 400.000,00	\$ 400.000,00
04.07	Tablero de control	1	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00
04.08	Mano de Obra	1	\$ 500.000,00	\$ 500.000,00
04.09	Rollo de cable N° 8	1	\$ 300.000,00	\$ 300.000,00
06.	SOTANO 1 Y 2			\$ 24.050.000,00
06.01	Panel solar Policristalino 24V 275W marca TRINA SOLAR	9	\$ 650.000,00	\$ 5.850.000,00
06.02	Batería seca sellada libre de mantenimiento VRLA AGM 12V 255AH Marca MTEK	5	\$ 1.700.000,00	\$ 8.500.000,00
06.03	Controlador de carga MPPT 12/24V 30AH VICTRON ENERGY	3	\$ 900.000,00	\$ 2.700.000,00
06.04	INVERSOR ONDA PURA 12/24V 500W Marca VICTRON ENERGY	2	\$ 700.000,00	\$ 1.400.000,00
06.05	Temporizador programable	1	\$ 100.000,00	\$ 100.000,00
06.06	Soporte para los paneles	6	\$ 400.000,00	\$ 2.400.000,00
06.07	Tablero de control	1	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00
06.08	Mano de Obra	4	\$ 500.000,00	\$ 2.000.000,00
06.09	Rollo de cable N° 8	3	\$ 300.000,00	\$ 900.000,00
07.	GRADAS			\$ 8.740.000,00
07.01	Panel solar Policristalino 24V 325W marca TRINA SOLAR	2	\$ 720.000,00	\$ 1.440.000,00
07.02	Batería seca sellada libre de mantenimiento VRLA AGM 12V 255AH Marca MTEK	2	\$ 1.700.000,00	\$ 3.400.000,00

Continuación Tabla 11. Presupuesto

07.03	Controlador de carga MPPT 12/24V 30AH VICTRON ENERGY	1	\$ 900.000,00	\$ 900.000,00
07.04	INVERSOR ONDA PURA 12/24V 500W Marca VICTRON ENERGY	1	\$ 700.000,00	\$ 700.000,00
07.05	Temporizador programable	1	\$ 100.000,00	\$ 100.000,00
07.06	Soporte para los paneles	3	\$ 400.000,00	\$ 1.200.000,00
07.07	Tablero de control	1	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00
07.08	Mano de Obra	1	\$ 500.000,00	\$ 500.000,00
07.09	Rollo de cable N° 8	1	\$ 300.000,00	\$ 300.000,00
08.	CONTROLADOR CORRIENTE	1	\$ 500.000,00	\$ 500.000,00
TOTAL			\$70.523.000,00	
Imprevistos 5%			\$ 3.526.000,00	
VALOR TOTAL DEL PROYECTO			\$ 4.049.150,00	

Fuente: Autor del proyecto

4.3.3. Evaluar la tasa interna de retorno (TIR), la tasa de recuperación contable (TRC), el periodo de la inversión (PRI).

Cuadro 3.

Flujo de Caja

AÑO	DESEMPEÑO DEL PANEL	PRODUCCION ENERGETICA ANUAL Kwh/Año	VALOR COSTO UNITARIO AL AÑO	COSTO PRODUCCION ENERGETICA \$	INCENTIVO \$	DEPRECIACION DE ACTIVOS \$	INVERSION \$	
0							-74049150	-74049150,00
1	100%	2874,37	507,67	1459231,42	37024575	2014136,8		40497943,22
2	99%	2845,63	528,17	1502976,40		2014136,8		3517113,20
3	98%	2816,88	548,67	1545537,55		2014136,8		3559674,35
4	97%	2788,14	569,17	1586925,64		2014136,8		3601062,44
5	97%	2788,14	589,67	1644082,51		2014136,8		3658219,31
6	96%	2759,39	610,17	1683697,00				1683697
7	95%	2730,65	630,67	1722139,04				1722139,04
8	94%	2701,91	651,17	1759402,73				1759402,73
9	94%	2701,91	671,67	1814791,89				1814791,89
10	93%	2673,16	692,17	1850281,16				1850281,16
11	93%	2673,16	712,67	1905080,94				1905080,94
12	93%	2673,16	733,17	1959880,72				1959880,72
13	92%	2644,42	753,67	1993020,02				1993020,02
14	92%	2644,42	774,17	2047230,63				2947230,63
15	92%	2644,42	794,67	2101441,24				2101441,24
16	91%	2615,67	815,17	2132215,71				2132215,71
17	91%	2615,67	835,67	2185836,95				2185836,95
18	91%	2615,67	856,17	2239458,18				2239458,18
19	90%	2615,67	876,67	2293079,42				2293079,42
20	90%	2615,67	897,17	2346700,65				2346700,65
					TIR	0,03	3%	

Fuente: Autor del proyecto

A la hora de analizar la factibilidad de este proyecto se tuvo en cuenta los siguientes aspectos:

- Valor Costo Unitario: Este aumenta en nuestro país anualmente el 4,21%, el cual es el valor promedio de la inflación en Colombia para el 2017.
- Producción Energética Anual: a la hora de calcular este valor debe tenerse en cuenta la potencia nominal de la planta.

En este caso el valor de potencia que será usado únicamente para la zona social del edificio San Agustín Torre Club, de acuerdo a los valores de consumo de la edificación es de: 2,5Kw.

La producción energética se calculará de la siguiente manera:

$$E_{ea} = \frac{(P_n)(e)(R_c)}{H_{pr}} * 365 \text{ dias}$$

Donde:

E_{ea} = Producción anual energética

PN = Potencia nominal de la planta solar

e = Eficiencia de la planta solar o $e = 1 - \%Perdidas$. Para la evaluación se calculó un porcentaje de perdidas igual a 10%

R_c = Radiación solar de la ciudad donde se evalúa el potencial energético anual de la planta solar.

H_{pr} = Irradiación solar promedio en condiciones nominales de ensayo (1000 W/m²).

Esta producción energética varía anualmente pues el sistema el primer año trabajara con el 100%, los demás disminuirán un poco debido a que al año 25 de su vida útil el fabricante garantiza un 80% de su potencia nominal.

Estos valores de producción energética se encuentran en la tabla 14 donde vemos el flujo de caja.

Además de esto se tendrán en cuenta los beneficios tributarios de incentivo y depreciación del 20%. Por consiguiente, siendo el valor inicial de \$74049150 para el año 1 se compensará el 50% de dicha inversión.

Para la depreciación se hará la diferencia entre el valor a 10 y 5 años, el cual va multiplicado por la tasa tributaria del 34%, durante los primeros 5 años como lo dice la ley 1715.

En este caso:

$$59239320/10 = 5923932$$

$$59239320/5 = 11847864$$

$$(118478664 - 5923932) * 34\% = 2014136,8$$

Luego de esto conoceremos el valor de la TIR, el cual para mayor facilidad fue calculado en Excel dando como resultado un valor de 3%

Ahora habiendo obtenido el TIR se dispone a calcularse el TRC

$$TRC = \frac{TIR}{1 - \left(\frac{1}{1 + TIR}\right)^2}$$

$$TRC = \frac{0,03}{1 - \left(\frac{1}{1 + 0,03}\right)^2}$$

$$TRC = 0,523$$

De esta forma sabemos que se recupera el 52,3% de la inversión, y esto lo llevamos a términos de PRI para saber en cuanto tiempo se recupera la misma

$$PRI = \frac{1}{TRC}$$

$$PRI = \frac{1}{0,523}$$

$$PRI = 1,91$$

Es de vital importancia resaltar que no se incluyó costos asociados a mantenimiento pues para sistemas fotovoltaicos son muy bajos dado a que se basa solo en limpieza de la superficie de los paneles.

Conclusiones

La implementación de un sistema solar como generador de energía es rentable puesto que el sol que es fuente de energía renovable es decir inagotable no es de difícil acceso. Por consiguiente, se ven ya en uso los paneles fotovoltaicos a nivel mundial y nacional, en especial en los lugares alejados donde no tienen electricidad.

Es de vital importancia realizar los cálculos de los elementos de un sistema solar fotovoltaico teniendo en cuenta los factores del lugar donde se implementará, como lo son el valor de la latitud, la altitud, la irradiancia y el consumo energético, puesto que se tendrán datos exactos lo cual permitirá hacer un análisis proporcionado que a su vez hará que la inversión no sea más costosa de lo necesario.

Cabe resaltar que a la hora de realizar una inversión en un sistema solar fotovoltaico se debe tener conocimientos de las leyes y normas que en el país se implementan para la instalación de dicho sistema en especial la ley 1715 de 2014.

Se pudo analizar de acuerdo a toda la información requerida que el mantenimiento de un sistema solar fotovoltaico es muy económico puesto que es solo limpieza de los módulos para evitar que la energía generada no sea la adecuada para cubrir los gastos del lugar.

De acuerdo al estudio de factibilidad se pudo conocer la tasa interna de retorno (TIR), la tasa de recuperación contable (TRC) y el periodo de la inversión, teniendo en cuenta los beneficios tributarios que se estipulan en la ley 1715 previamente estudiada.

Recomendaciones

Al momento de llevar a cabo un sistema solar fotovoltaico se debe: Evaluar la zona de instalación, saber cuánta energía se consume y conocer perfectamente la orientación que necesitaran.

A la hora de instalar el sistema fotovoltaico es recomendable mantener una adecuada ventilación hacia el panel que mantenga la temperatura en valores convenientes para que genere la potencia necesaria.

Se estimula como mínimo una revisión anual de carácter preventivo que incluirá las labores de mantenimiento de todos los equipos de la instalación con los procedimientos aconsejados por los diferentes fabricantes.

Referencias

- Alzate, C. A. (2012). Normatividad sobre Energía Solar Térmica y Fotovoltaica . Medellín.
- Bate., S. G. (2014). Beneficios de la utilización de energía solar en la Escuela Básica N°4765 de la comunidad indígena La Promesa en el departamento de Presidente Hayes. Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación.
- Bioenergía. (2016). Normatividad para las Energías Renovables en Colombia . Camara de Comercio de Cali.
- C., J. R. (2015.). *Análisis del funcionamiento de paneles fotovoltaicos y su utilización en las regiones de la costa y sierra del Ecuador*. Caso de estudio: Biblioteca Pompeu Fabra de. Barcelona.
- CALDERÓN, C. Y. (2015). Energías Alternativas ANÁLISIS DE VIABILIDAD DEL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA A LA GRANJA LA FORTALEZA UBICADA EN MELGAR-TOLIMA MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO. BOGOTA.
- Camilo Uzquiano, M. S. (2016). CAPACITACIÓN E INSTALACIÓN DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EN LAS COMUNIDADES DE CARMEN DEL EMERO Y YOLOSANI.. Bolivia .
- Carballo, G. A. (2016). La importancia del uso de paneles solares en la generación de energía eléctrica . *REDVET - Revista electrónica de Veterinaria*.
- Chamas, S. M. (2017). ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACION DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS COMO FUENTE DE ENERGÍA EN EL SECTOR INDUSTRIAL DE COLOMBIA . Bogota.
- CUELLAR, M. A. (2016). ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO COMO ALTERNATIVA RURAL SOSTENIBLE DE LA

- VEREDA SAN ROQUE EN EL MUNICIPIO DE ORTEGA-TOLIMA. Manizales .
- EnDev/GIZ, P. (2013). Instalacion de Sistemas Fotovoltaicos. Lima, Peru.
- Energia, R. (2012). ENERGIAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES (ERNC).
Revista Energia .
- EPSA. (2016). nnovador proyecto social lleva energía hasta Punta Soldado (Buenaventura)
con paneles solares, baterías y trabajo comunitario . EPSA.
- ESPINOSA, K. (14 de Enero de 2018). Instituto Técnico Industrial cuenta con paneles
solares. Guanenta Vanguardia.
- Forero, D. M. (2016). ANÁLISIS DE CONVENIENCIA PARA LA IMPLEMENTACIÓN
DE PANELES FOTOVOLTAICOS EN EL CONDOMINIO "EL CABRERO"
UBICADO EN EL MUNICIPIO DE OCAÑA EN EL DEPARTAMENTO NORTE
DE SANTANDER . Bogota .
- Gallego, J. S. (2013). PROYECTO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
GENERACION SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LA POBLACION WAYUU EN
NAZARETH CORREGIMIENTO DEL MUNICIPIO DE URIBIA.
DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA COLOMBIA., La Guajira.
- Garcia, S. A. (2014). DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA AUTÓNOMA
PARA LA FINCA MIS DELIRIO EN PEREIRA . Pamplona, Colombia.
- GRAJALES, M. T. (24 de Abril de 2017). LA ENERGIA SOLAR ENCIENDE EL
PROGRESO EN BUENAVENTURA . VALLE.
- Guerrero, M. A. (2012). PROYECTO DE FACTIBILIDAD PARA USO DE PANELES
SOLARES EN GENERACION FOTOVOLTAICA DE ELECTRICIDAD EN EL
COMPLEJO HABITACIONAL "SAN ANTONIO DE RIOBAMBA". Riobamba
Ecuador.
- Isaza, V. M. (2016). MANUAL DE IMPLEMENTACION DE ENERGIA SOLAR

- FOTOVOLTAICA EN VIVIENDAS “ECO”. . Bogota.
- J, D. R. (2012). ORGANIZACION Y CONTROL DEL MANTENIMIENTO DE
INSTALACIONES SOLARES FOTOVOLTAICAS . . ESPAÑA.
- LÓPEZ, R. E. (2012). *EFICIENCIA ENERGÉTICA : LA ENERGÍA RENOVABLE POR
EXCELENCIA* . Bogota.
- MANTILLA, K. J. (05 de Enero de 2016). Sena aprovechará energía solar con la instalación
de paneles. Vanguardia Liberal.
- Merino, L. (. (s.f.). LAS ENERGIAS RENOVABLES PARA TODOS. España: ENERGIAS
RENOVABLES .
- Paul, C. G. (2013). ENERGIAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES PARA USO
DIMICILIARIO. . Santiago, Chile.
- PERDOMO., I. C. (2015.). RASPORTE Y ALMACENAMIENTO DE AGUA PARA LAS
COMUNIDADES WAYÚU DE JUJULEKAT, SIRMANA Y PANTERRAMANA
EN EL MUNICIPIO DE MANAURE, GUAJIRA MEDIA. . Santiago de Cali.
- Renovables, E. (2016). REPORTE DE LA SITUACIÓN MUNDIAL. REN 21.
- REPUBLICA, C. D. (2014). LEY 1715 DE 2014. BOGOTA.
- RODRÍGUEZ, E. J. (2015). BANCO DE PRUEBAS DE ENERGÍA SOLAR
FOTOVOLTAICA CON EL FIN DE GENERAR ENERGÍA ELÉCTRICA PARA
LAS LUMINARIAS DE LA PLAZOLETA A LA VIDA DE LA UNIVERSIDAD
FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA. Ocaña .
- ROJAS, J. F. (2015). ENERGIAS ALTERNATIVAS EN COLOMBIA BAJO LA LEY
1715. Bogota.
- SALGADO, S. A. (2013). CONFIGURACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO PARA
LA COMERCIALIZACIÓN DE SISTEMAS DE ENERGÍA FOTOVOLTAICOS EN
COLOMBIA . . Envigado.

SÁNCHEZ, D. F. (2017). DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE SUMINISTRO DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA A UNA VIVIENDA UBICADA EN LA VEREDA GOLCONDA (ANAPOIMA CUNDINAMARCA) . FUSAGASUGA.

SRC., S. (2015). Santiago de Chile.

TODOS, E. L. (25 de Octubre de 2015). ENERGIA SOLAR ROMPE RECORD EN LATINOAMERICA. REVISTA TECNICOS MINEROS .

TRASLAVIÑA., J. L. (2015). ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA CREACION DE UNA NUEVA LINEA DE SERVICIOS DE ENERGIA RENOVABLE EN LA EMPRESA GAMMA LAB. . Bucaramanga.

UPME. (2015). Integración de las energías renovables no convencionales en Colombia. UPME.

USAID(CEEP). (2016). PROGRAMA DE ENERGÍA LIMPIA DE COLOMBIA . USAID.

Valencia., L. H. (2017). Análisis de factibilidad de un proyecto de autogeneración eléctrica fotovoltaica en Colombia para áreas productivas menores de 10.000 m². . Medellin.

Apéndices

Apéndice 1. Catalogo Paneles Solares de 275W

Mono
Multi
Solutions

THE Honey^M

MODULE

60 CELL

MONOCRYSTALLINE MODULE

265-275W

POWER OUTPUT RANGE

16.8%

MAXIMUM EFFICIENCY

0~+5W

POSITIVE POWER TOLERANCE

As a leading global manufacturer of next generation photovoltaic products, we believe close cooperation with our partners is critical to success. With local presence around the globe, Trina is able to provide exceptional service to each customer in each market and supplement our innovative, reliable products with the backing of Trina as a strong, bankable partner. We are committed to building strategic, mutually beneficial collaboration with installers, developers, distributors and other partners as the backbone of our shared success in driving Smart Energy Together.

Trina Solar
Smart Energy Together

Maximize limited space with top-end efficiency

- Up to 165 W/m² power density
- Low thermal coefficients for greater energy production at high operating temperatures

Good aesthetics for residential applications

- Solid color dark mono cells

Excellent low light performance on cloudy days, mornings and evenings

- Advanced surface texturing
- Back surface field
- Selective emitter

Highly reliable due to stringent quality control

- Over 30 in-house tests (UV, TC, HF, and many more)
- In-house testing goes well beyond certification requirements
- 33mm cell strings at 97 km/h
- PID resistant

LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

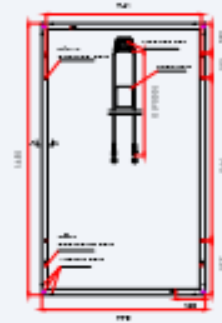
10 Year Product Warranty • 25 Year Linear Power Warranty

The graph shows a linear decrease in power output over 25 years. The y-axis is 'Output (Wp/m²)' from 0 to 100. The x-axis is 'Years' from 0 to 25. A blue shaded area represents the 'Additional value from Trina Solar's linear warranty' above the 'Industry Standard' (grey shaded area). The blue area starts at 100Wp/m² at year 0 and ends at approximately 75Wp/m² at year 25. The grey area starts at 100Wp/m² at year 0 and ends at approximately 80Wp/m² at year 25.

THE Honey MODULE

PRODUCTS	POWER RANGE
TSM-00001.00	270-070V
TSM-00001.02	240-070V

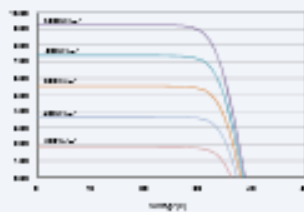
DIMENSIONS OF PV MODULE (mm)



Back View



I-V CURVES OF PV MODULE(270W)



CERTIFICATION



ELECTRICAL DATA (DC)

Peak Power (Watt)/Power (kg)	240	270	310
Power Output Tolerance/Power (%)	0 ~ +0		
Maximum Power Voltage/Volts (V)	32.7	32.8	31.2
Maximum Power Current/Amps (A)	6.48	6.77	6.80
Open Circuit Voltage/Volts (V)	39.2	39.4	38.7
Short Circuit Current/Amps (A)	7.10	7.08	7.04
Module Efficiency (%) (%)	14.2	14.2	14.2

STC Irradiance 1000 W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass 1.5 (AM1.5) according to IEC 60904-9.

ELECTRICAL DATA (AC)

Maximum Power/Fuse (kg)	197	221	250
Maximum Power Voltage/Volts (V)	28.6	28.8	27.1
Maximum Power Current/Amps (A)	4.88	6.77	7.08
Open Circuit Voltage/Volts (V)	32.7	32.7	32.7
Short Circuit Current/Amps (A)	7.02	7.12	7.18

NOCT Irradiance of 800 W/m², Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1 m/s.

MECHANICAL DATA

Cells size (s)	Monocrystalline 156 × 156 mm (6 inches)
Cell orientation	40 cells (4 × 10)
Module dimensions	1620 × 990 × 30 mm
Weight	18.4 kg
Class	3.0 mm High Transmission, AR Coated Tempered Glass
Backsheet	White (00001.00) Black (00001.02)
Frame	Black anodized aluminum alloy
J-Box	IP 65 or IP 67 rated
Cables	Photovoltaic Technology cables 4.0 mm ² , 1000 mm
Connector	MCA Compatible

TEMPERATURE RATINGS

Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	47°C (117°F)
Temperature Coefficient of Power	+0.40%/°C
Temperature Coefficient of Voc	+0.31%/°C
Temperature Coefficient of Isc	-0.002%/°C

MAXIMUM RATINGS

Operational Temperature	+15 ~ +60°C
Maximum System Voltage	1000V DC (MCA)
Max Series Fuse Rating	10A

WARRANTY

- 10 year Product Warranty (Material)
- 25 year Linear Power Warranty
- (Please refer to product warranty certificate)

PACKAGING CONFIGURATION

- Modules per pallet: 30 pieces
- Modules per 40' container: 240 pieces



TSU-001-2013



CAUTION: READ WARRANTY AND INSTALLATION INSTRUCTIONS BEFORE USING THE PRODUCT.
© 2013 Trina Solar Limited. All rights reserved. Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.

Fuente: Colpilas

Apéndice 2. Catálogo Paneles Solares de 325W

Mono
Multi
Solutions

THE TALLMAX

MODULE



72 CELL
MULTICRYSTALLINE MODULE

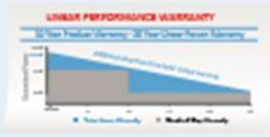
310-325W
POWER OUTPUT RANGE

16.8%
MAXIMUM EFFICIENCY


0~+5W
POSITIVE POWER TOLERANCE


As a leading global manufacturer of half generation photovoltaic products, we believe close cooperation with our partners is critical to success. With local presence around the globe, Trina is able to provide exceptional service to each customer in each market and supplement our innovative, reliable products with the backing of Trina as a strong, bankable partner. We are committed to building strategic, mutually beneficial collaboration with retailers, developers, distributors and other partners as the backbone of our shared success in driving Smart Energy Together.


LINEAR PERFORMANCE WARRANTY
30 Year Product Warranty / 25 Year Linear Power Warranty



Trinasolar
Smart Energy Together

-  **Ideal for large scale installations**
 - High power footprint reduces installation time and BOS costs
 - 1000V UL1000V ISO certified


-  **One of the industry's most trusted modules**
 - Field proven performance
 - Strong, reliable supplier

-  **Highly reliable due to stringent quality control**
 - Over 50 in-house tests (UV, TC, HF, and many more)
 - In-house testing goes well beyond certification requirements
 - 100% EL double inspection

-  **Certified to withstand challenging environmental conditions**
 - 2400 Pa wind load
 - 5400 Pa snow load
 - 55 mm hail stones at 97 km/h
 - PID resistant

Comprehensive products and system certificates

- ISO 61215/ ISO 61790/ UL 1709/ ISO 61701/ IEC 62716
- ISO 9001: Quality Management System
- ISO 14001: Environmental Management System
- ISO 16064: Greenhouse Gases Emissions Verification
- OHSAS 18001: Occupational Health and Safety Management System



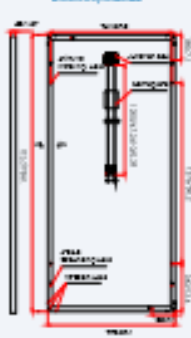

THE TALLMAX MODULE
TSM-PD14

THE ALLMAX MODULE

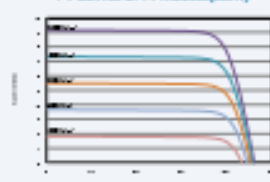
TSM-PD14

DIMENSIONS OF PV MODULE

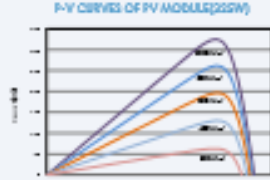
mil/mm/inches

I-V CURVES OF PV MODULE(330W)



P-V CURVES OF PV MODULE(330W)



ELECTRICAL DATA (STC)

Peak Power (Watt-Peak) (P _{mp})	310	310	320	320
Power Output Tolerance-Peak (W)	± 0.5			
Maximum Power Voltage (V)	37.0	37.1	37.1	37.0
Maximum Power Current (A)	8.38	8.31	8.48	8.70
Open Circuit Voltage (V)	42.0	42.4	42.8	42.7
Short Circuit Current (A)	9.80	9.80	9.70	9.80
Module Efficiency (%)	16.0	16.0	16.0	16.0

STC: Irradiance 1000 W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5, Test Reference: 60°C

ELECTRICAL DATA (NOCT)

Maximum Power (W)	330	334	338	340
Maximum Power Voltage (V)	34.3	34.5	34.4	34.2
Maximum Power Current (A)	4.70	4.80	4.81	4.70
Open Circuit Voltage (V)	40.0	40.3	40.2	40.4
Short Circuit Current (A)	7.10	7.07	7.00	7.07

NOCT: Irradiance of 800 W/m², Ambient Temperature 25°C, Wind Speed 1 m/s

MECHANICAL DATA

Cell Size	Multicrystalline 126 × 126 mm (4 inches)
Cell Orientation	T2 cells (6 × 10)
Module Dimensions	1524 × 975 × 40 mm (57.2 × 38.1 × 1.57 inches)
Weight	22.2 kg (48.9 lb)
Glass	3.0 mm (0.12 inches), High Transmission, IR Coated Tempered Glass
Backsheet	White
Frame	Silver Anodized Aluminum Alloy
J-Box	IP 67 or IP 68 rated
Cells	Photovoltaic Technology Cells 4.0cm ² (0.004 sqm), 1200 mm (47.2 inches)
Connector	MCA Compatible or Equivalent MC4
Pin Type	Type 1 or Type 2

TEMPERATURE RATINGS

Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	47°C (117°F)
Temperature Coefficient of Power	-0.41%/°C
Temperature Coefficient of Voltage	-0.300%/°C
Temperature Coefficient of Isc	0.002%/°C

MAXIMUM RATINGS


Operational Temperature	-10 to 60°C
Maximum System Voltage	1000V DC (60)
Max Series Fuse Rating	12A

WARRANTY

10 year Product Workmanship Warranty
25 year Linear Power Warranty
(Please refer to product warranty for details)

PACKAGING CONFIGURATION

Modules per case: 24 pieces
Modules per 40' container: 272 pieces

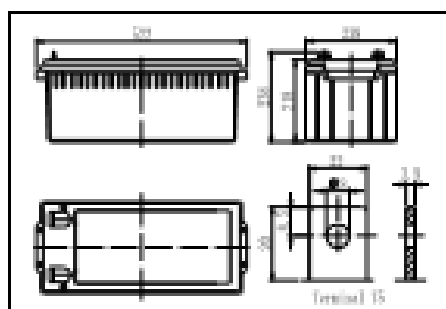


TSM-PD14_C

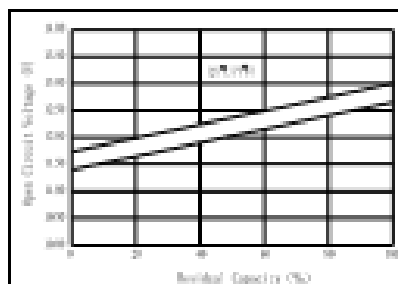
Fuente: Colpilas

Apéndice 3. Mt 12V 200Ah

Dimensions



The Relationship for Open Circuit Voltage and Residual Capacity (25°C)



Specifications

Nominal Voltage		12 V
Capacity(20HR, 25°C)		200Ah
Dimension	Length	320mm (20.5inch)
	Width	170mm (6.7inch)
	Height	110mm (4.3inch)
	Total Height	120mm (4.7inch)
Approx. Weight		65kg (143.2lbs)
Internal resistance (Fully charged, 25°C)		Approx. 5mΩ
Capacity affected by temperature (20HR)	-40°C	100%
	25°C	100%
	0°C	85%
	-15°C	65%
Self-discharge (25°C)	3 month	Remaining Capacity: 91%
	6 month	Remaining Capacity: 83%
	12 month	Remaining Capacity: 65%
Nominal operating temperature		25°C ±3°C (77°F ±5°F)
Operating temperature range		-15°C ~ 50°C (5°F ~ 122°F)
Float charging voltage(25°C)		13.50 to 13.80V
Cyclic charging voltage(25°C)		14.50 to 14.80V
Maximum charging current		60A
Terminal material		Copper
Maximum discharge current		1600A(5 sec.)

- Absorbent glass mat technology;
- Recognized by UL & CE;
- ABS container.

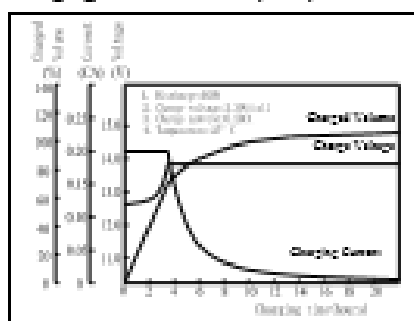
Constant Current Discharge Characteristics (A, 25°C)

FW/TIME	5min	10min	15min	30min	60min	1h	5h	10h	20h
9.80V	640	459	374	211	121	55.0	26.2	20.3	16.4
10.2V	650	477	389	225	126	55.5	27.0	20.1	16.5
10.6V	590	420	341	199	120	55.4	26.5	20.0	16.3

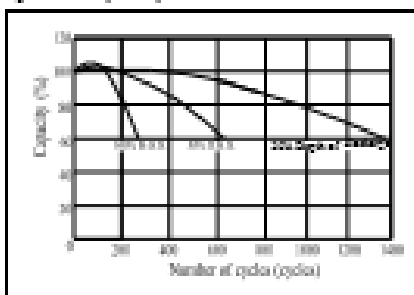
Constant Power Discharge Characteristics (Watt, 25°C)

FW/TIME	5min	10min	15min	30min	60min	1h	5h	10h	20h
9.80V	6962	4737	4103	2380	1497	639	444	343	234
10.2V	6615	4500	3939	2285	1457	639	457	340	235
10.6V	6217	4280	3742	2170	1445	637	429	340	232

Charging Characteristics(25°C)




Cycle Life(25°C)



Note: Floating life at 25°C designed for 7 to 10 years.

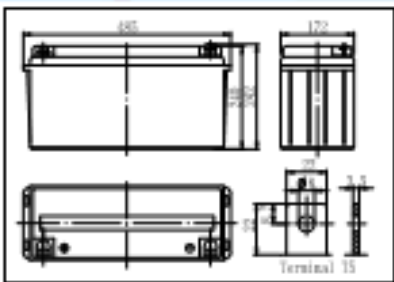
Fuente: Colpilas

Apéndice 4. MT 12v155Ah



MT121550(12V155Ah)

Dimensions

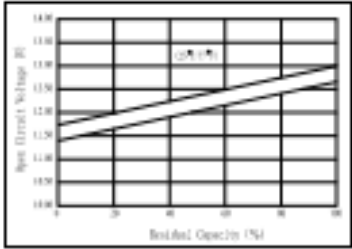


Specifications

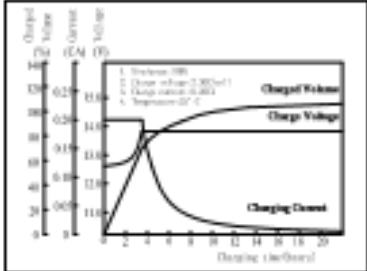
Nominal Voltage		12 V
Capacity(10HR, 25°C)		155 Ah
Dimension	Length	485mm (19.09inch)
	Width	172mm (6.77inch)
	Height	240mm (9.45inch)
	Total Height	262mm (9.53inch)
Approx. Weight		66kg (145 lbs)
Internal resistance (Fully charged, 25°C)		Approx. 3.5mΩ
Capacity affected by temperature (10HR)	40°C	102%
	25°C	100%
	0°C	85%
	-25°C	65%
Self discharge (25°C)	3 month	Remaining Capacity: 91%
	6 month	Remaining Capacity: 82%
	12 month	Remaining Capacity: 65%
Nominal operating temperature		25°C (77°F) (5°~45°)
Operating temperature range		-15°C~50°C (5°F~122°F)
Float charging voltage(25°C)		13.50 to 13.80V
Cyclic charging voltage(25°C)		14.50 to 14.90V
Maximum charging current		45A
Terminal material		Copper
Maximum discharge current		1200A(5 sec.)

- = AGM and VRLA technology;
- = Recognized by UL & CE;
- = ABS container. Orange, Blue or Black Color.

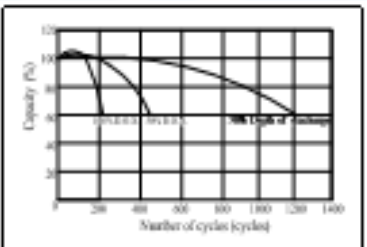
The Relationship for Open Circuit Voltage and Residual Capacity (25°C)



Charging Characteristics(25°C)



Cycle Life(25°C)



Note: Floating life at 20°C designed 10 years.

Constant Current Discharge Characteristics (A, 25°C)

F.V/TIME	5min	10min	15min	30min	60min	3h	5h	10h	20h
9.60V	450	330	270	160	97.5	39.6	27.6	15.3	7.90
10.2V	428	314	259	154	93.6	39.0	27.2	15.2	7.90
10.8V	402	295	246	146	89.9	38.2	26.7	15.0	7.80

Constant Power Discharge Characteristics (Watt, 25°C)

F.V/TIME	5min	10min	15min	30min	60min	3h	5h	10h	20h
9.60V	4725	3564	2965	1795	1112	466	326	183	94.8
10.2V	4494	3391	2844	1728	1067	459	322	181	94.8
10.8V	4221	3186	2701	1638	1013	450	316	179	93.6

2006

Fuente: Colpilas