

**MÓDULO SOLAR PARA CARGA DE CELULARES Y CONEXIÓN WIFI  
EN LA INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO**

**ANDERSON ELEAZAR MADRID MEZA  
GIOVANNI ANDREI GIRÓN PÉREZ  
FERNANDO LEÓN PARRA DURÁN**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA  
MEDELLÍN  
2015**

**MÓDULO SOLAR PARA CARGA DE CELULARES Y CONEXIÓN WIFI  
EN LA INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO**

**ANDERSON ELEAZAR MADRID MEZA  
GIOVANNI ANDREI GIRÓN PÉREZ  
FERNANDO LEÓN PARRA DURÁN**

**Trabajo De Grado Para Optar Por El Título De  
Ingeniero Electricista**

**Asesor**

**Ing. Samuel Álvarez Arboleda**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA  
MEDELLÍN  
2015**

## CONTENIDO

RESUMEN .....	V
INTRODUCCIÓN.....	6
1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	8
2 JUSTIFICACIÓN.....	9
3 OBJETIVOS .....	11
3.1 OBJETIVO GENERAL .....	11
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
4 REFERENTE TEÓRICO .....	12
4.1 LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.....	12
4.1.1 Aislados (Pueden ser con o sin baterías).....	12
4.1.2 Híbridos (Combinados con otro tipo de generación de energía eléctrica). ..	12
4.1.3 Conectados a la red.....	13
4.2 INSTALACIONES CONECTADAS A LA RED ELÉCTRICA.....	13
4.2.1 Instalación Fotovoltaica conectada a la red.....	13
4.2.2 Elementos que componen la instalación.....	15
4.2.2.1 <i>Generador fotovoltaico</i> .....	15
4.2.2.2 <i>Inversor:</i> .....	16
4.2.2.3 <i>Regulador de Voltaje</i> .....	17
4.2.2.4 <i>Baterías</i> .....	18
4.2.2.5 <i>Protecciones</i> .....	19
4.2.2.6 <i>Estructura de soporte de las placas</i> .....	21
4.2.2.7 <i>Cableado de Interconexión</i> .....	21
4.2.2.8 <i>Elementos de protección del circuito</i> . .....	22
5 DISEÑO METODOLÓGICO.....	23
5.1 TIPO DE PROYECTO.....	23
5.2 MÉTODO.....	23
5.2.1 Método Inductivo .....	23
5.3 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN .....	23

5.3.1	Fuentes Primarias.....	23
5.3.2	Fuentes Secundarias.....	24
5.4	ACTIVIDADES DESARROLLADAS.....	24
6	RESULTADOS.....	25
6.1	CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA.....	25
6.1.1	Base.....	25
6.1.2	Columna.....	25
6.1.3	Brazos.....	26
6.1.4	Libros.....	26
6.1.5	Pintura.....	26
6.1.6	Detalles de Diseño.....	26
6.1.7	Detalles de Instalación de los Componentes y el Cableado.....	26
6.1.8	Imágenes de Diseño de Estructura del Módulo Solar de Carga.....	28
6.1.9	Detalles de Diseño del Módulo Solar de Carga.....	35
6.1.10	Componentes Eléctricos y Electrónicos del Módulo Solar.....	47
6.1.11	Diagrama Eléctrico.....	48
6.2	MANUAL DE CONEXIÓN PARA EL FUNCIONAMIENTO.....	49
6.2.1	Elementos Necesarios para la Puesta en Marcha de Módulo.....	49
6.2.1.1	<i>Ubicación.....</i>	49
6.2.1.2	<i>Conexión de las Baterías al Controlador de Carga Solar.....</i>	49
6.2.1.3	<i>Conexión de la Carga al Controlador de Carga Solar.....</i>	50
6.2.1.4	<i>Conexión de los Paneles Solares al Controlador de Carga Solar.....</i>	50
6.2.1.5	<i>Esquema Completo de Conexión del Controlador de Carga Solar.....</i>	51
6.2.1.6	<i>Instalación del Inversor de Potencia.....</i>	52
6.2.1.7	<i>Encendido del Inversor.....</i>	53
6.2.1.8	<i>Conexión a las Salidas Eléctricas.....</i>	53
6.2.1.9	<i>Configuración del Equipo WiFi.....</i>	53
6.2.1.10	<i>Precauciones con la Manipulación de Baterías.....</i>	54
7	CONCLUSIONES.....	55
8	RECOMENDACIONES.....	56
9	BIBLIOGRAFÍA Y CIBERGRAFÍA.....	57

## LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Generador Fotovoltaico.....	15
Figura 2. Inversor.....	16
Figura 3. Regulador de Voltaje.....	17
Figura 4. Baterías .....	18
Figura 5. Vista Frontal del Módulo.....	28
Figura 6. Vista Posterior del Módulo .....	29
Figura 7. Vista Frontal Elevada del Módulo .....	30
Figura 8. Vista Diagonal Superior del Módulo.....	31
Figura 9. Vista Superior del Módulo .....	32
Figura 10. Vista Diagonal Inferior del Módulo .....	33
Figura 11. Detalle de la Base y Soportes del Módulo .....	34
Figura 12. Partes del Módulo.....	35
Figura 13. Partes de la Base .....	36
Figura 14. Especificaciones de la Base .....	37
Figura 15. Especificaciones de la Puerta de la Base del Módulo.....	38
Figura 16. Especificaciones de las Tapas Laterales/Posterior del Módulo .....	39
Figura 17. Especificaciones de la Tapa Superior del Módulo.....	40
Figura 18. Especificaciones de la Torre o Columna del Módulo .....	41
Figura 19. Especificaciones de las Tapas de la Torre .....	42
Figura 20. Especificaciones del Brazo de Apoyo de la Base Acrílica .....	43
Figura 21. Especificaciones Base Acrílica de Apoyo .....	44
Figura 22. Especificaciones del Brazo para fijación del Panel Solar .....	45
Figura 23. Especificaciones del Soporte Base del Panel Solar .....	46
Figura 24. Componentes Eléctricos y Electrónicos del Módulo.....	47
Figura 25. Diagrama Eléctrico .....	48
Figura 26. Conexión de las Baterías al Controlador de Carga Solar .....	49
Figura 27. Conexión de la Carga al Controlador de Carga Solar .....	50
Figura 28. Conexión de los Paneles Solares al Controlador de Carga Solar .....	51

Figura 29. Esquema Completo de Conexión del Controlador de Carga Solar .....	51
Figura 30. Esquema de Conexión del Inversor .....	52

## RESUMEN

En este proyecto se realizó un sistema innovador de carga de energía eléctrica para celulares y equipos portátiles que beneficiará a toda la comunidad estudiantil de la Institución Universitaria Pascual Bravo, adicionalmente permitirá a la institución mejorar la cobertura de conexión a internet a través de la señal WiFi<sup>1</sup>, debido a que esta innovación contará con un equipo amplificador de señal.

La generación de energía eléctrica se realizará a través de módulos fotovoltaicos policristalinos, en un proceso en donde se involucra una regulación de tensión, carga de baterías y el control automático del sistema de iluminación por medio de un equipo regulador-controlador solar, adicionalmente se contará con un grupo de acumuladores de energía como reserva para las horas de ausencia de radiación solar, para tener acceso a la energía el módulo tendrá habilitadas varias salidas de corriente directa "VDC" a través de puertos USB<sup>2</sup> y tomas de energía con corriente alterna "VAC" energizados por equipos de electrónica de potencia conocidos como inversores, todo esto con la calidad del servicio de energía que ofrece una empresa de servicio público.

---

<sup>1</sup> WiFi (mecanismo de conexión a internet de dispositivos electrónicos de forma inalámbrica)

<sup>2</sup> USB. El Universal Serial Bus es un estándar industrial desarrollado a mediados de los años 1990

## INTRODUCCIÓN

Las nuevas tecnologías en la generación de energía y sus diferentes elementos y aplicaciones existentes brindan posibilidades más eficientes para el desarrollo de proyectos que brinden soluciones a necesidades que existen en nuestro entorno y que requieran ser resueltas.

En el caso de la Institución Universitaria Pascual Bravo es evidente que el acceso a la información es fundamental para la formación de sus estudiantes, por consiguiente el suministro de energía y el acceso de los dispositivos móviles a navegación de internet se constituyen herramientas necesarias para los estudiantes, profesores y visitantes quienes deben desarrollar trabajos, consultas y búsquedas generales de información relevantes tanto para su crecimiento educativo como para sus momentos de ocio, logrando además la optimización de los tiempos de todas sus actividades en este medio y mejorando la calidad y cumplimiento de los compromisos adquiridos con las diferentes asignaturas de la institución. Por todas éstas razones es realmente importante contar con un sistema de respaldo de energía alternativa que, mediante la integración de la generación de energía eléctrica con módulos solares y alimentación de dispositivos de navegación que permitan el acceso instantáneo y continuo de la información en internet, además de un suministro de energía eléctrica para los diferentes dispositivos de baja demanda, portátiles, móviles, tabletas, etc., logrando tener un recurso importante para la institución debido a que es una solución de energía autogenerada.

La integración de los diferentes equipos electrónicos surge gracias a los conocimientos adquiridos en el tiempo de la preparación como ingenieros electricistas, y ha permitido diseñar esta solución innovadora, que responde a requerimientos específicos de la



comunidad estudiantil, de tal manera que se mejoren los tiempos de permanencia dentro de los espacios de la planta educativa en pro de aumentar la calidad de la educación gracias a este recurso.

## 1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La Institución Universitaria Pascual Bravo cuenta con espacios y áreas aptas para que los estudiantes tengan buenos espacios de estudio, sin embargo no siempre son utilizadas para este fin, pues no cuentan con los recursos adecuados para tener una señal WiFi<sup>3</sup> con acceso a internet y adicional a esto un suministro de energía adecuado para los equipos portátiles y equipos móviles de comunicación, herramientas fundamentales con las cuales se desenvuelven en sus actividades de estudio e investigación.

Un gran número de los estudiantes y personal adscrito a la Institución requieren de fuentes de energía eléctrica que alimenten sus dispositivos electrónicos, móviles portátiles, etc., por lo general para resolver esta necesidad las personas deben recorrer gran parte de la Institución tratando de encontrar sitios adecuados para trabajar en donde se tengan estos recursos, desafortunadamente solamente existe una única zona que cuenta con tomas de energía y señal WiFi con acceso internet verdaderamente funcionales, con mejor cobertura y capacidad de conectividad.

Este proyecto que se plantea brinda una solución alternativa a estos requerimientos que tanto estudiantes como el personal adscrito a la institución y visitantes consideran un recurso básico y necesario.

---

<sup>3</sup> WiFi (mecanismo de conexión a internet de dispositivos electrónicos de forma inalámbrica)

## 2 JUSTIFICACIÓN

En 2001, se promulgó la Ley 697<sup>4</sup> que promueve el uso eficiente y racional de energía y las energías alternas. Esta Ley fue regulada mediante el Decreto 3683, emitido en 2003. La Ley y el Decreto contemplan aspectos importantes tales como el estímulo a la educación e investigación en fuentes de energía renovable (FER). No obstante, el programa creado por esta Ley carece de aspectos fundamentales para impulsar el desarrollo de FER's de manera significativa, como por ejemplo un sistema de apoyo regulativo para fomentar la inversión, la definición de políticas para promover energía renovable, o el establecimiento de metas cuantitativas para sobre el porcentaje de energía renovable. (*www.isa.com.co*)

El empleo de energías alternas contribuye a la conservación del medio ambiente, ayudando a mantener el ecosistema y evitando el deterioro actual del planeta. La energía que nos brinda el sol es inmensamente abundante, no tiene ningún costo comparado con otras fuentes energéticas, es de resaltar su uso como un recurso para satisfacer las necesidades energéticas que tiene la humanidad. (*El Congreso de Colombia, 2001*)

Hoy en día se habla de construir edificaciones auto sostenibles que reduzcan el daño ambiental, y en donde intervienen importantes factores y tecnologías a tener en cuenta en el uso eficiente de la energía eléctrica haciendo una adecuada gestión y reutilización de este recurso.

Este proyecto pretende brindar a la institución la posibilidad de transmitir a los estudiantes el conocimiento adecuado sobre el funcionamiento de las fuentes de energía FV (Foto-Voltaica), adicionalmente y gracias a la Ley 1715 del 2014<sup>5</sup> podrán promover la mejor utilización de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas que son renovables.

Adicional y técnicamente este proyecto tiene como propósito realizar la integración de un

---

<sup>4</sup> Ley 697. <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=4449>

<sup>5</sup> Ley 1715. [http://www.upme.gov.co/Normatividad/Nacional/2014/LEY\\_1715\\_2014.pdf](http://www.upme.gov.co/Normatividad/Nacional/2014/LEY_1715_2014.pdf)

sistema fotovoltaico y la red de navegación de internet, destinado a una instalación de uso final, en donde se tendrá una prioridad sobre la energía suministrada por la fuente fotovoltaica para cargas básicas tales como portátiles, equipos celulares, tabletas, etc., estaríamos entonces autogenerando nuestra propia energía y por ende contribuyendo a mejorar la calidad del medio ambiente ya que utilizaríamos una fuente renovable como base de nuestro proyecto que brindará una mayor eficiencia y disponibilidad en el tiempo pues nuestra fuente de energía es inagotable.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Construir un módulo solar de alimentación de energía para carga de equipos móviles como celulares, tabletas y portátiles, adicionalmente con conexión WiFi<sup>6</sup> con acceso a internet, con el objetivo de prestar un servicio totalmente útil y práctico, de fácil acceso a toda la comunidad educativa de la Institución Universitaria Pascual Bravo.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar el Análisis de Precios Unitarios del proyecto (APU)
- Investigar tecnologías y productos en el mercado actual para aplicarlas en el diseño del módulo.
- Establecer equipos y elementos necesarios para la construcción del módulo.
- Establecer el origen de los recursos económicos para la financiación del proyecto.
- Realizar el diseño del módulo.
- Adquirir los elementos, ejecutar y desarrollar la construcción del módulo.
- Crear manual de operación y manipulación del módulo.

---

<sup>6</sup> WiFi (mecanismo de conexión a internet de dispositivos electrónicos de forma inalámbrica)

## **4 REFERENTE TEÓRICO**

### **4.1 LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS**

Un sistema fotovoltaico es el conjunto de componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos que concurren para captar energía solar disponible y transformarla en utilizable como energía eléctrica.

Estos sistemas independientemente de su utilización y del tamaño de potencia, se pueden clasificar en:

#### **4.1.1 Aislados (Pueden ser con o sin baterías)**

Tienen como objeto satisfacer total o parcialmente la demanda de energía eléctrica de aquellos lugares donde no existe red eléctrica de distribución o esta es de difícil acceso.

Los sistemas aislados normalmente están equipados con sistemas de acumulación de energía durante el día y la demanda se produce a lo largo del día y de la noche. Esto implica que el campo fotovoltaico ha de estar dimensionado de forma que permita, durante horas de insolación, la alimentación de la carga y la recarga de las baterías de acumulación.

#### **4.1.2 Híbridos (Combinados con otro tipo de generación de energía eléctrica).**

En algunos casos el sistema fotovoltaico aislado se puede complementar con otro a fin de tener mayores garantías de disponer de electricidad.

Cuando un sistema fotovoltaico además del generador incorpora otro generador de energía se denomina sistema híbrido, y en general se utiliza la energía eólica o los grupos electrógenos.

Estas combinaciones se dan para aprovechar algún recurso energético localizado cerca de la

instalación o para tener mayor fiabilidad en el suministro de energía.

#### **4.1.3 Conectados a la red.**

Los sistemas conectados a red no tienen sistemas de acumulación, debido a que la energía producida durante horas de insolación es canalizada a la red eléctrica.

Estas instalaciones cuentan con sistemas de seguimiento del estado de tensión de la red de distribución, de manera que se garantice el correcto funcionamiento de las mismas en lo referente a la forma de entregar la energía, tanto en modo como en tiempo, evitando situaciones peligrosas.

Por otra parte, se eliminan las baterías que son la parte más costosa y compleja de una instalación (ciclos de carga, vida útil, mantenimiento, etc.) *(Cuervo García, Méndez Muñiz, & ECA INSITUTO DE TECNOLOGÍA Y FORMACIÓN S.A.U.)*

## **4.2 INSTALACIONES CONECTADAS A LA RED ELÉCTRICA**

### **4.2.1 Instalación Fotovoltaica conectada a la red**

Más de un 90% de los generadores fotovoltaicos están conectados a la red de distribución eléctrica y vierten a ella su producción energética. Esto evita el uso de baterías y constituyen una aplicación más directa y eficiente de la tecnología. Ya hay cientos de miles de sistemas fotovoltaicos conectados a la red que demuestran que la conexión a red es técnicamente factible y muy fiable. En países como Alemania, Japón o EE.UU., un número cada vez más de personas y empresas están interesadas en instalar un sistema fotovoltaico y conectado a la red. Las motivaciones para dar un paso semejante son diversas algunos lo hacen para ganar dinero con la venta de la electricidad solar; otros para ahorrar electricidad en los picos de demanda o para dar estabilidad al consumo si el suministro que reciben es inestable; muchos otros justifican en todo o parte la inversión por conciencia ambiental. En todos los casos existe la motivación de contribuir al desarrollo de esta tecnología limpia. *(Univesitat Politècnica de Catalunya)*

Para la conexión a red se utiliza un inversor que convierte la corriente continua de los paneles

en corriente alterna. El inversor cumple además otras funciones monitoriza el sistema y lo desconecta de la red si hay algún funcionamiento anormal.

La mayoría de los sistemas fotovoltaicos en edificios (viviendas, centros comerciales, industrias) se montan sobre tejados y cubiertas, pero se espera que un creciente número de instalaciones se integren directamente en el cerramiento de los inmuebles, incorporándose a tejas y otros materiales de construcción.

Los sistemas fotovoltaicos también pueden reemplazar directamente a los componentes convencionales de las fachadas. Las fachadas solares son elementos enormemente fiables que aportan un diseño moderno e innovador al edificio y, al mismo tiempo, producen electricidad. En varios países son elementos que contribuyen a la imagen de prestigio y al prestigio corporativo de las empresas. Así mismo la fotovoltaica puede integrarse en otros elementos de la construcción: lamas parasoles, lucernarios, pérgolas, marquesinas, etc.



## 4.2.2 Elementos que componen la instalación

### 4.2.2.1 Generador fotovoltaico

**Figura 1. Generador Fotovoltaico.**



*Recuperado de: Digital Vision./Digital Vision/Getty Images*

Que transforma la energía solar en energía eléctrica. Está constituido por paneles solares y estos a su vez están formados por varias células iguales conectadas eléctricamente entre sí, en serie y/o en paralelo, de forma que la tensión y corriente suministradas por el panel se incrementa hasta ajustarse al valor deseado. La mayor parte de los paneles solares se construyen asociando primero células en serie hasta conseguir el nivel de tensión deseado, y luego asociando en paralelo varias asociaciones serie de células para alcanzar el nivel de corriente deseado. Además, el panel cuenta con otros elementos a parte de las células solares, que hacen posible la adecuada protección del conjunto frente a los agentes externos; asegurando una rigidez suficiente, posibilitando la sujeción a las estructuras que lo soportan y permitiendo la conexión eléctrica. *(Solar Plus Energy)*

#### 4.2.2.2 Inversor:

**Figura 2. Inversor.**

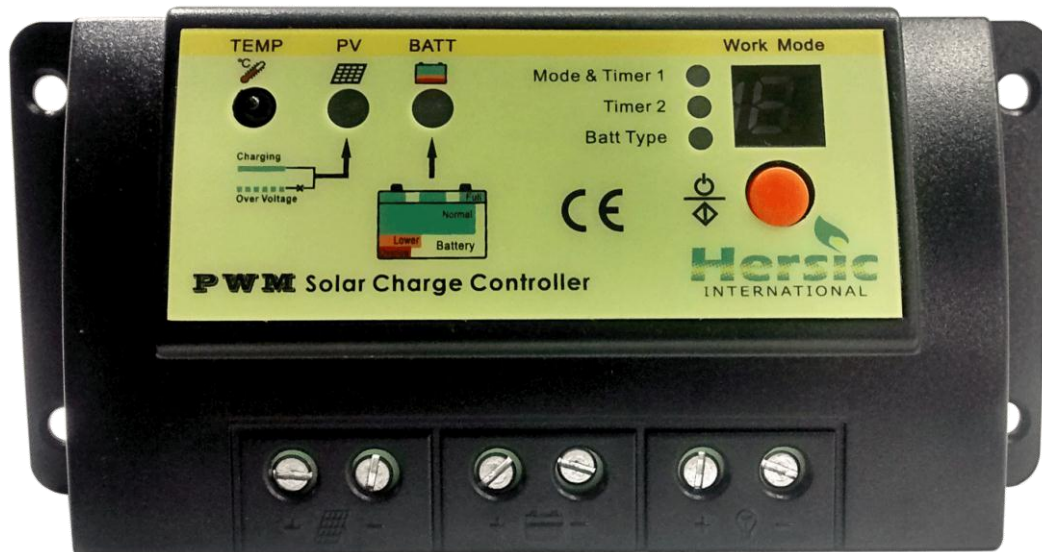


Recuperado de: <http://www.bse-usv-technik.de/Victron-Sinus-Wechselrichter-350-VA>

Es el equipo encargado de transformar la energía recibida del generador fotovoltaico (en forma de corriente continua) y adaptarla a las condiciones requeridas según el tipo de cargas, normalmente en corriente alterna y el posterior suministro a la red. Los inversores vienen caracterizados principalmente por la tensión de entrada, que se debe adaptar al generador, la potencia máxima que puede proporcionar y la eficiencia. Esta última se define como la relación entre la potencia eléctrica que el inversor entrega a la utilización (potencia de salida) y la potencia eléctrica que extrae del generador (potencia de entrada). (Victron Energy)

### 4.2.2.3 Regulador de Voltaje

Figura 3. Regulador de Voltaje.



Recuperado de: <http://www.hersic.com/#!c9-controladoresjc-hls1024rjc-hls1524r/c24n8>

Los reguladores proporcionan el control necesario de la carga y descarga del acumulador en un sistema fotovoltaico.

El diseño de esta serie de regulación responde a sistemas de pequeña potencia en los que no es necesaria instrumentación adicional y se pretende implementar un completo sistema de regulación que sea fiable, de muy bajo consumo y de bajo costo, se dispone entonces de una única versión de bi-tensión de 12 y 24 voltios.

Este sistema de control construido con tecnología SMD, utiliza un algoritmo de carga por etapas en función del tipo de batería, que permite una sofisticada carga del acumulador con compensación por temperatura.

Utiliza un método PWM de regulación de carga para conmutar las líneas de carga y de consumo, con relés de estado sólido, lo que proporciona una fiabilidad de funcionamiento y una duración muy superior a los sistemas electromecánicos. (Hersic International)

#### 4.2.2.4 Baterías.

**Figura 4. Baterías**



Recuperado de: <http://www.hersic.com/#/jcm---deep-cycle-series/cibr>

Tipos de baterías estacionarias de ciclo profundo:

- Acido abiertas o de mínimo mantenimiento.
  - ✓ Tienen la ventaja de poder ser rellenadas con agua destilada.
  - ✓ Como desventaja tienen que tener un mínimo de mantenimiento.
  
- Acido selladas (cerradas) o libres de mantenimiento.
  - ✓ Tienen la ventaja de no necesitar mantenimiento.
  - ✓ Desventaja: tienen muchas veces una vida más corta que las baterías con

mantenimiento, porque por su válvula escapa cierta cantidad de vapor de agua e hidrógeno ( $2H_2 + O_2$  gas). Una vez "evaporado" el electrolito, la batería (o la celda) está seca o dañada.

- GEL selladas (cerradas) o libre mantenimiento.
  - ✓ Tienen la ventaja, que no necesitan mantenimiento, son protegidas contra salida de ácido, tampoco necesitan diferentes funciones de recarga.
  - ✓ Desventajoso es, que no aguanten una corriente mayor de lo especificado.
- AGM selladas (cerradas) o AGM (Fibra de vidrio absorbido) libre mantenimiento.
  - ✓ Tienen las ventajas de los dos anteriores, que no necesitan mantenimiento, son protegidas contra salida de ácido, VRLA (valve regulated lead acid=batería de plomo ácido con regulación de válvula), tampoco necesitan diferentes funciones de recarga. Además catalizan hasta el 95 % del hidrógeno y oxígeno gasificado ( $2H_2 + O_2$  gas) otra vez en agua ( $H_2O$ ) y logran así una vida útil más larga.
  - ✓ Desventaja: todavía son caras en la adquisición. (*Codeso Equipos Fotovoltaicos*)

#### 4.2.2.5 Protecciones.

- Cortocircuitos en consumo

La salida de consumo dispone de un sistema de protección contra cortocircuitos. Cuando se detecta esta situación, se desconecta la salida de consumo. Una vez desaparezca el cortocircuito, la salida de consumo vuelve a disponer de corriente de forma automática.

- Cortocircuitos en línea de paneles

El equipo dispone de un circuito especializado que impide que un cortocircuito en la línea de paneles dañe al regulador.

- Sobretensiones

En un sistema fotovoltaico se pueden producir picos de sobretensiones debido a distintas causas, las más frecuentes son las inducidas durante tormentas atmosféricas. Se dispone de protección contra sobretensiones en la línea de entrada mediante varistores.

Este tipo de protección permite absorber sobretensiones inducidas de hasta un cierto nivel, no permite garantizar la protección frente a la caída de un rayo directamente sobre la instalación.

- Sobrecargas

Una carga excesiva de la batería de la instalación provoca la pérdida de electrolito y la reducción de su vida. El equipo dispone de protección frente a cargas excesivas de batería, realizando la desconexión de la línea de panel.

- Descarga Profunda

El sistema de regulación evita la descarga profunda de la batería, realizando la desconexión de la línea de consumo.

- Inversión de la polaridad

El equipo está protegido frente a inversiones de polaridad en las conexiones de panel y batería. Si se produce una inversión de polaridad en la batería, el regulador desconecta la entrada de panel sin que se produzcan averías.

- Temperatura

Si la temperatura interna del equipo supera los 70 °C (Ej. ventilación deficiente, funcionamiento con una intensidad excesiva en régimen continuo,...), se abren los relés para evitar que se dañen los componentes electrónicos. Esta situación se avisa con los LEDs de Batería y Consumo encendidos de modo fijo. Una vez se recupere un nivel de temperatura adecuado, el control vuelve a su funcionamiento normal.

- Desconexión de Batería

Si accidentalmente se desconecta la batería, estando en funcionamiento, existe el peligro de suministrar una tensión elevada al consumo, por lo que el Regulador desconecta todo automáticamente. Para restablecer el funcionamiento normal, es necesario volver a conectar la batería.

- Contra Corriente Inversa (Función Diodo Bloqueo)

El regulador posee una protección mediante circuitería electrónica con Mosfets que impide que la batería se descargue a través del panel por la noche. Esta circuitería proporciona una mejora en el rendimiento respecto al uso de diodos convencionales de bloqueo. *(Codeso Equipos Fotovoltaicos)*

#### *4.2.2.6 Estructura de soporte de las placas.*

El bastidor es el encargado de sujetar el panel solar, y muchas veces será un kit de montaje para instalarlo adecuadamente. En el caso de que no se suministrara en kit el instalador lo realizará de acuerdo a la normativa existente, además de tener en cuenta la fuerza del viento entre otras cosas. La estructura deberá soportar como mínimo una velocidad del viento de 150 Km/h. Esta estructura es la que fijará la inclinación de los paneles solares.

#### *4.2.2.7 Cableado de Interconexión.*

Es el encargado de conectar los distintos paneles solares con las cajas de interconexión y con otra instrumentación.

Este cableado de paneles se realizará con materiales de alta calidad para que se asegure la durabilidad y la fiabilidad del sistema a la intemperie. El cableado evidentemente tendrá que cumplir con el reglamento técnico de baja tensión.

Los cables utilizados tendrán una última capa de protección con un material resistente a la intemperie y la humedad, de tal forma que no le afecten internamente los agentes atmosféricos.

#### 4.2.2.8 *Elementos de protección del circuito.*

Son dispositivos necesarios para la protección del sistema eléctrico contra las descargas y sobrecargas a las que están expuestos los equipos.



## **5 DISEÑO METODOLÓGICO**

### **5.1 TIPO DE PROYECTO**

El Tipo de Proyecto a desarrollar es Teórico – Práctico.

### **5.2 MÉTODO**

Se define el Método Inductivo para el presente proyecto.

#### **5.2.1 Método Inductivo**

En el presente proyecto se implementara una estructura en su mayor parte metálica, varios equipos eléctricos y un dispositivo inalámbrico, por lo tanto se requiere de constantes ajustes en su construcción, de la verificación de datos técnicos, del monitoreo y correcciones necesarias para poner a punto el funcionamiento del módulo.

La construcción de este módulo contribuye a resolver una necesidad colectiva dentro de la Institución en cuanto a los espacios para el fomento del estudio y la investigación del personal de la Universidad.

### **5.3 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN**

#### **5.3.1 Fuentes Primarias**

Como fuentes primarias se mencionan las siguientes:

- Asesor: Bayron Álvarez Arboleda, Ingeniero Electricista
- Proveedores

### **5.3.2 Fuentes Secundarias**

- Sitios web, Revistas técnicas, Profesionales del sector de Energías Alternativas, Libros de Energía Solar.

### **5.4 ACTIVIDADES DESARROLLADAS**

- Por medio de la información recolectada del mercado del sector de energías alternativas, se determinaron los equipos y elementos que mejor cumplían con los estándares requeridos para la construcción y fabricación del Módulo Solar, además los costos de los elementos utilizados fueron evaluados teniendo en cuenta como base fundamental la calidad y las garantías ofrecidas por los proveedores.
- A través de los resultados arrojados de la investigación de las tecnologías en los campos de generación, regulación, acumulación de energía, accesorios eléctricos de control e inversión de potencia, nos permitimos seleccionar los equipos de mejor desempeño, calidad e innovación.
- Todos los recursos económicos, materiales, mano de obra y demás elementos que componen el proyecto, se suministraron por un grupo de tres aspirantes al título de Ingenieros Electricistas de La Institución Universitaria Pascual Bravo.
- Como elemento final se fue construido el manual de funcionamiento del Módulo Solar, el cual contiene la información fundamental para la puesta en marcha y manipulación de la infraestructura del módulo.

## **6 RESULTADOS**

Para hacer posible el funcionamiento del módulo solar se aplicaron conocimientos en las áreas de metalmecánica, eléctrica y electrónica, se aplicó el diseño al detalle de lo que inicialmente estaba plasmado en el papel y que surgió de la imaginación e investigación de quienes integraron este proyecto. Durante la elaboración se aplicó una serie de procesos constructivos que lograron dar forma a este proyecto, el ensamble, la estructuración de los diagramas eléctricos y distribución de los elementos, permitieron el éxito del funcionamiento del Módulo Solar para Carga de Dispositivos Móviles mediante el almacenamiento de energía por medio de fuentes de energía limpia, que para nuestro caso fue la energía tomada de la luz solar.

### **6.1 CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA**

#### **6.1.1 Base**

La estructura metálica está conformada por un gabinete inferior o base, hecha con un frame de ángulo de (2" x 1/4"), con una puerta frontal con chapa, una de las tres tapas de la base es una puerta abisagrada con chapa triangular, diseñada para la manipulación de los equipos del interior, las dos tapas restantes son de sobreponer con tornillería de ensamble.

#### **6.1.2 Columna**

La columna que une la base con los brazos que sostienen las láminas y que a su vez soportan los paneles solares, está construida con piezas troqueladas de sección (100 x 100 x 3 mm).

### **6.1.3 Brazos**

Los brazos están contruidos con tubería redonda de (3/4") con una curvatura que conforma un ángulo de 90°.

### **6.1.4 Libros**

Para las platinas en forma de libro abierto que soportan los paneles solares, se utilizaron láminas de (1/8").

### **6.1.5 Pintura**

Todos elementos están pintados mediante el proceso de aplicación de pintura electrostática con el propósito de que sea resistente a la exposición a la intemperie, además se tuvo muy presente el que los colores utilizados sean los mismos que los colores institucionales utilizados por la Institución Universitaria Pascual Bravo, con el fin de representar el vínculo directo entre el proyecto y la institución.

### **6.1.6 Detalles de Diseño**

El módulo fue diseñado con cuatro soportes laterales en acrílico de 200 mm de diámetro y 10 mm de espesor con el fin sostener los dispositivos móviles mientras se recargan, estos soportes están ubicados en cada una de las caras de la columna en donde también se encuentran las tomas de energía, adicionalmente y para las horas de la noche cuando hay ausencia de la luz natural se cuenta con un sistema de iluminación por medio de LED, el cual es encendido y apagado automáticamente por un dispositivo electrónico de regulación y control del sistema de generación de energía solar.

### **6.1.7 Detalles de Instalación de los Componentes y el Cableado**

Para la instalación del cableado de comunicaciones y de energía entre los diferentes elementos de control, encendido, potencia y protección se utilizaron conductores de cobre suave y flexible, ideales para aplicaciones en equipos especializados, gabinetes y tableros, debido a sus características de calidad, fabricación y diseño. Los diferentes componentes eléctricos y

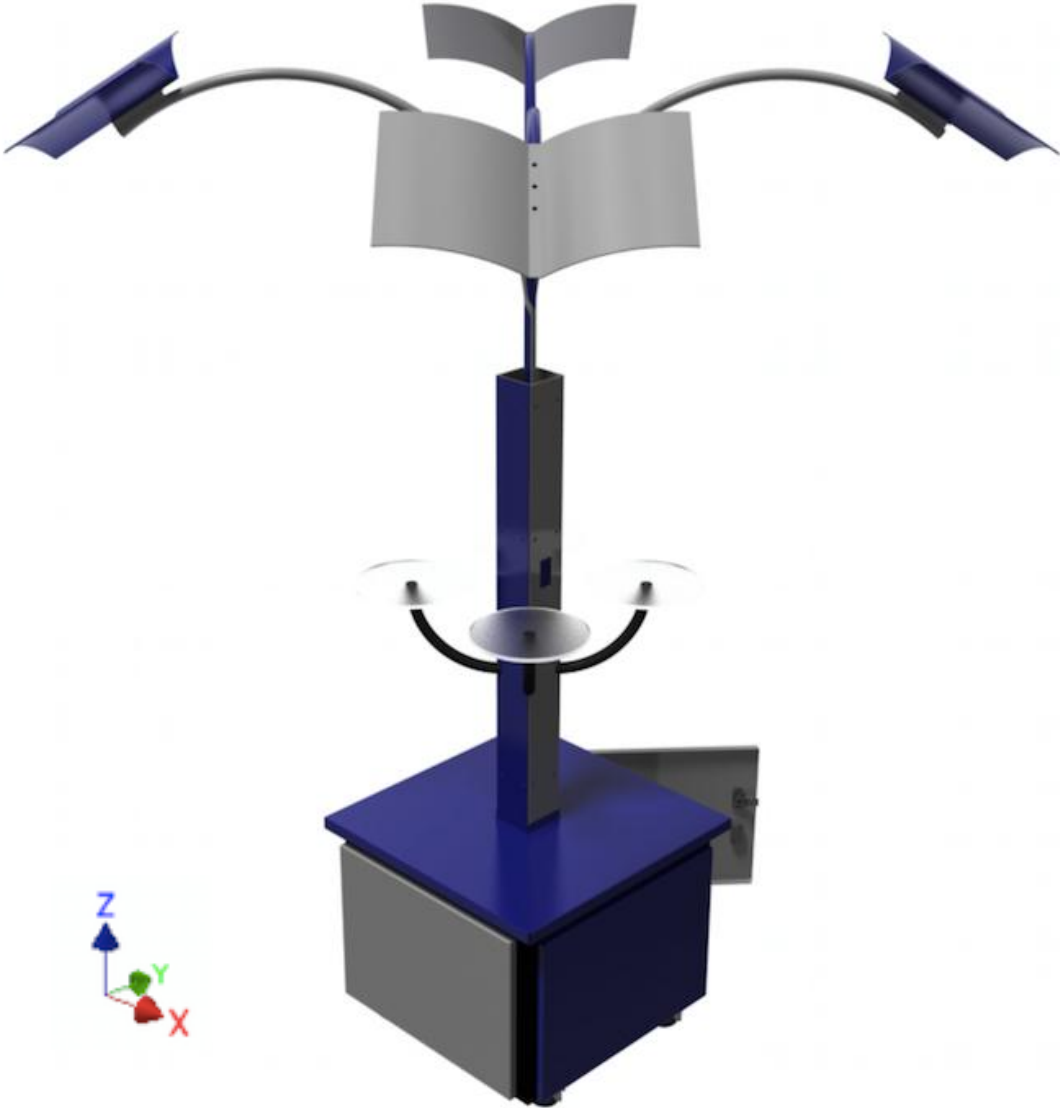
electrónicos se instalaron en un doble fondo en la parte interna de la base, procurando realizar una distribución organizada y visualmente estética de tal manera que se pueda apreciar la función de cada uno de los elementos que componen todo el sistema del módulo.

## 6.1.8 Imágenes de Diseño de Estructura del Módulo Solar de Carga

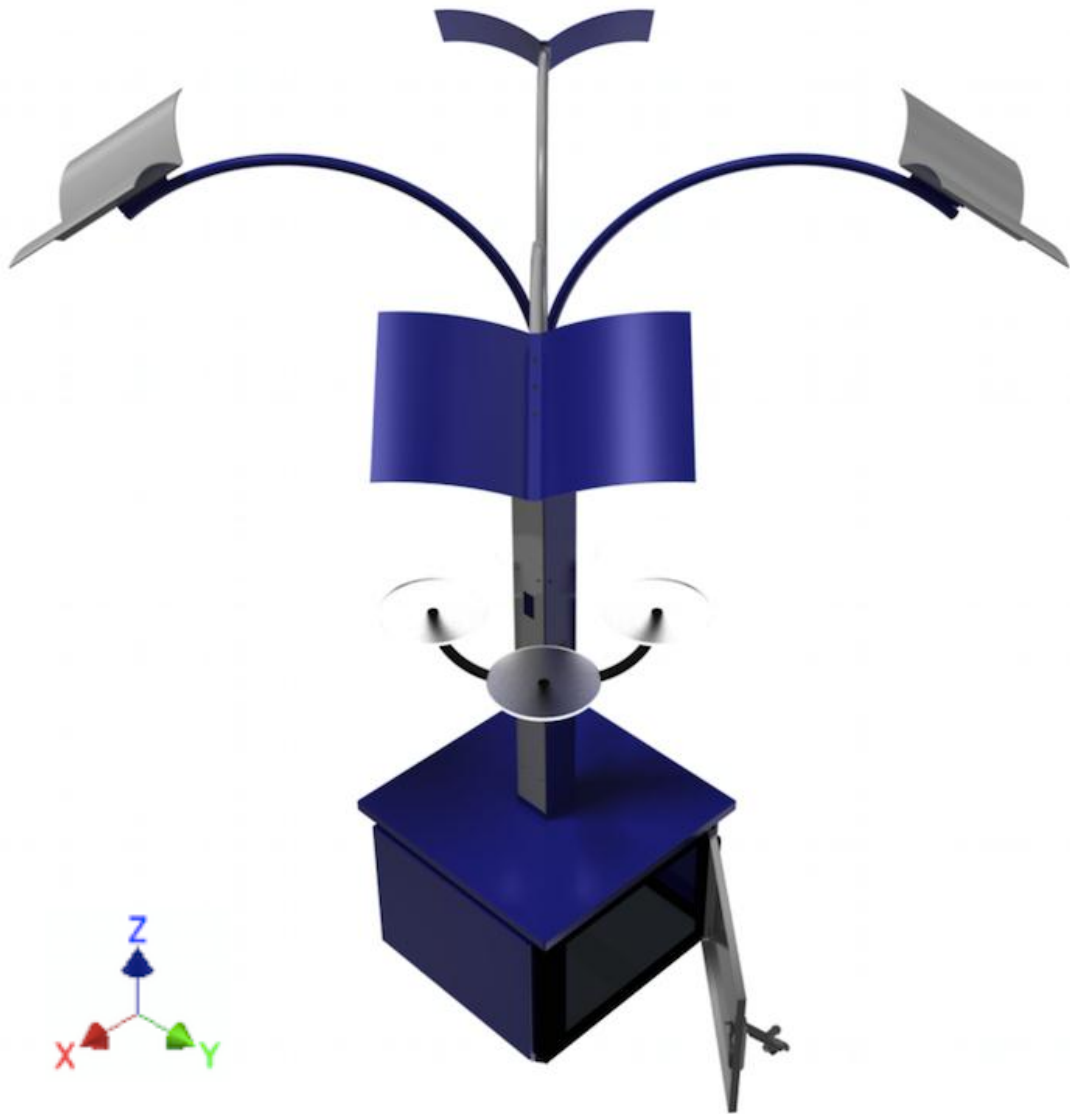
*Figura 5. Vista Frontal del Módulo*



Figura 6. Vista Posterior del Módulo



*Figura 7. Vista Frontal Elevada del Módulo*





**Figura 8. Vista Diagonal Superior del Módulo**

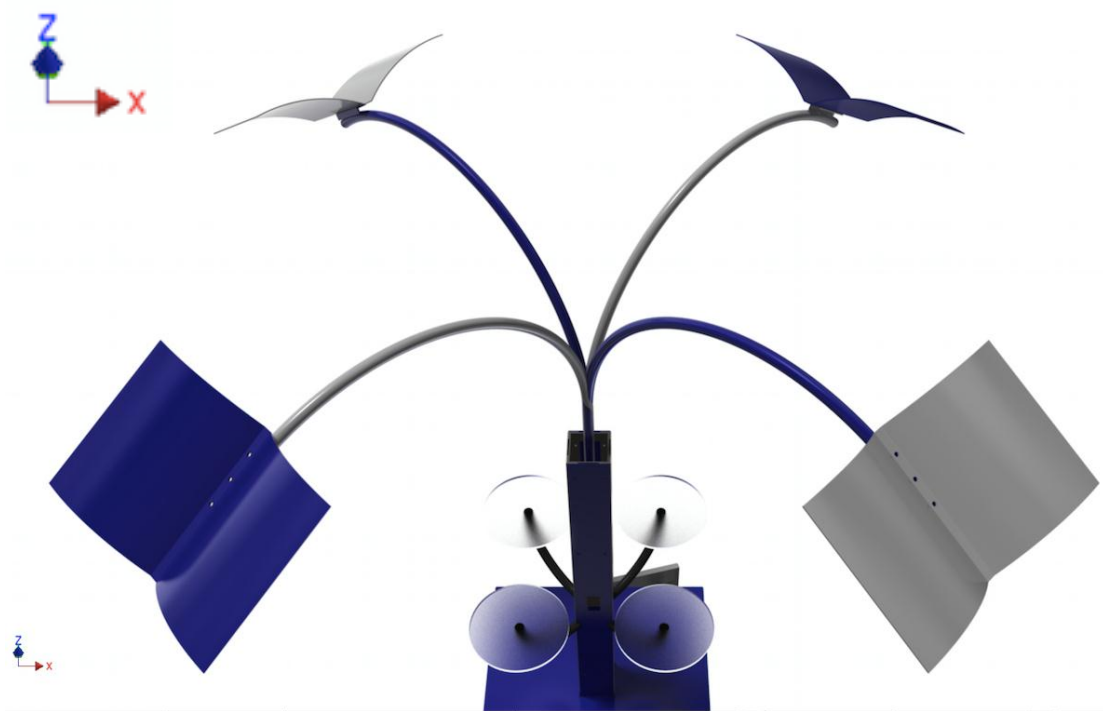
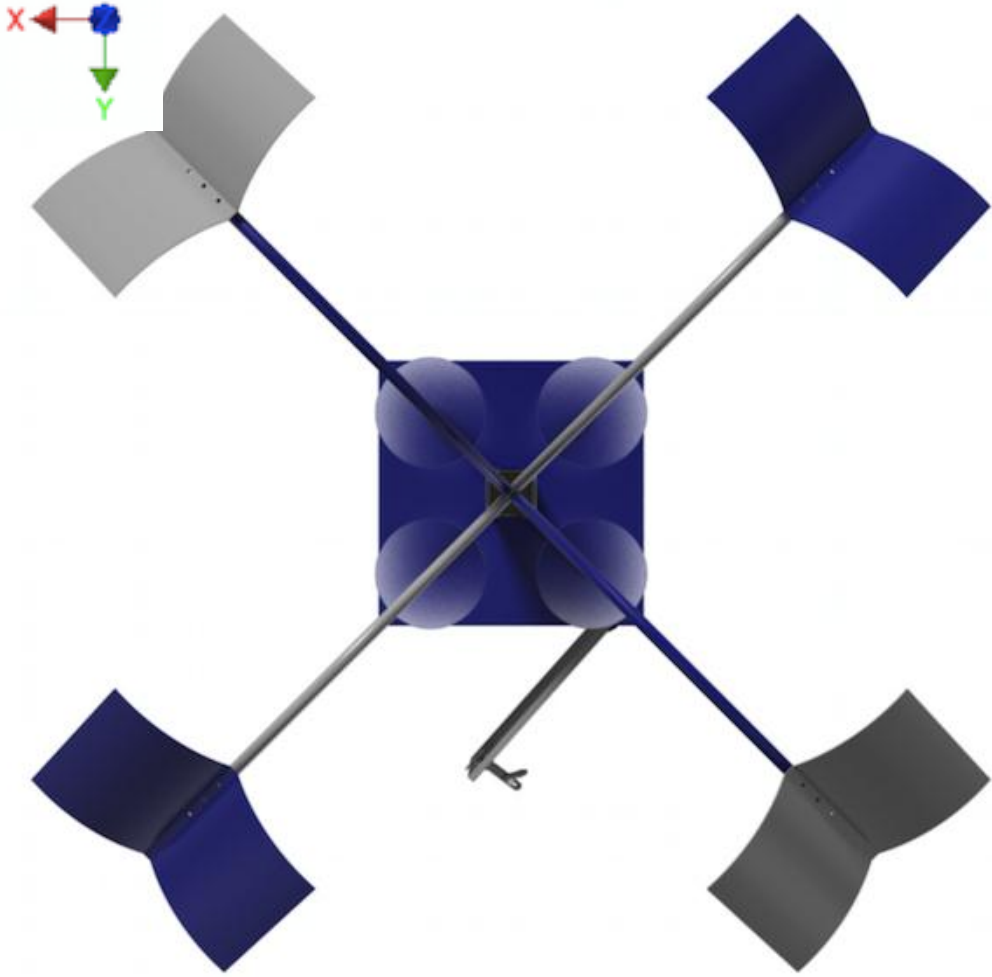
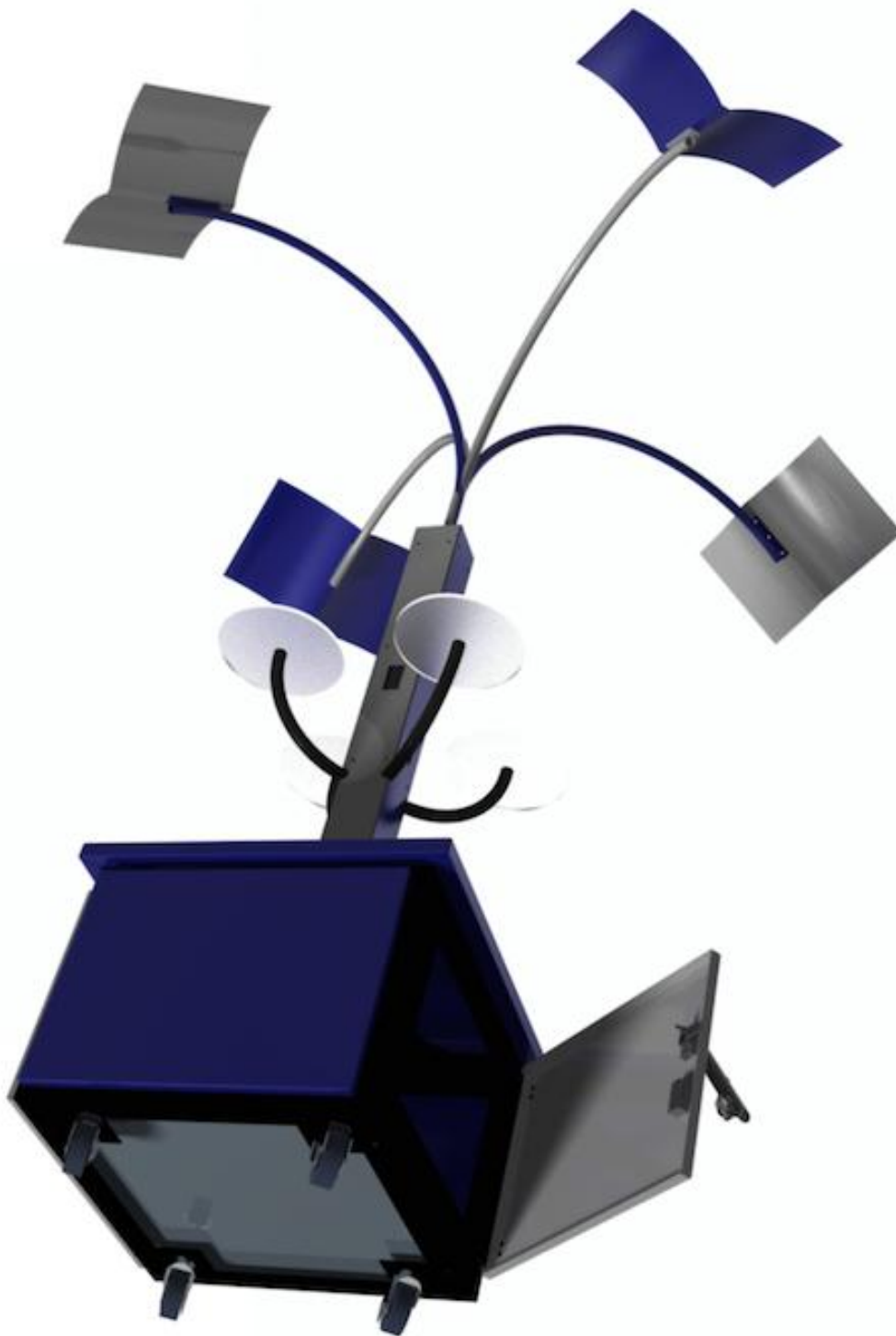


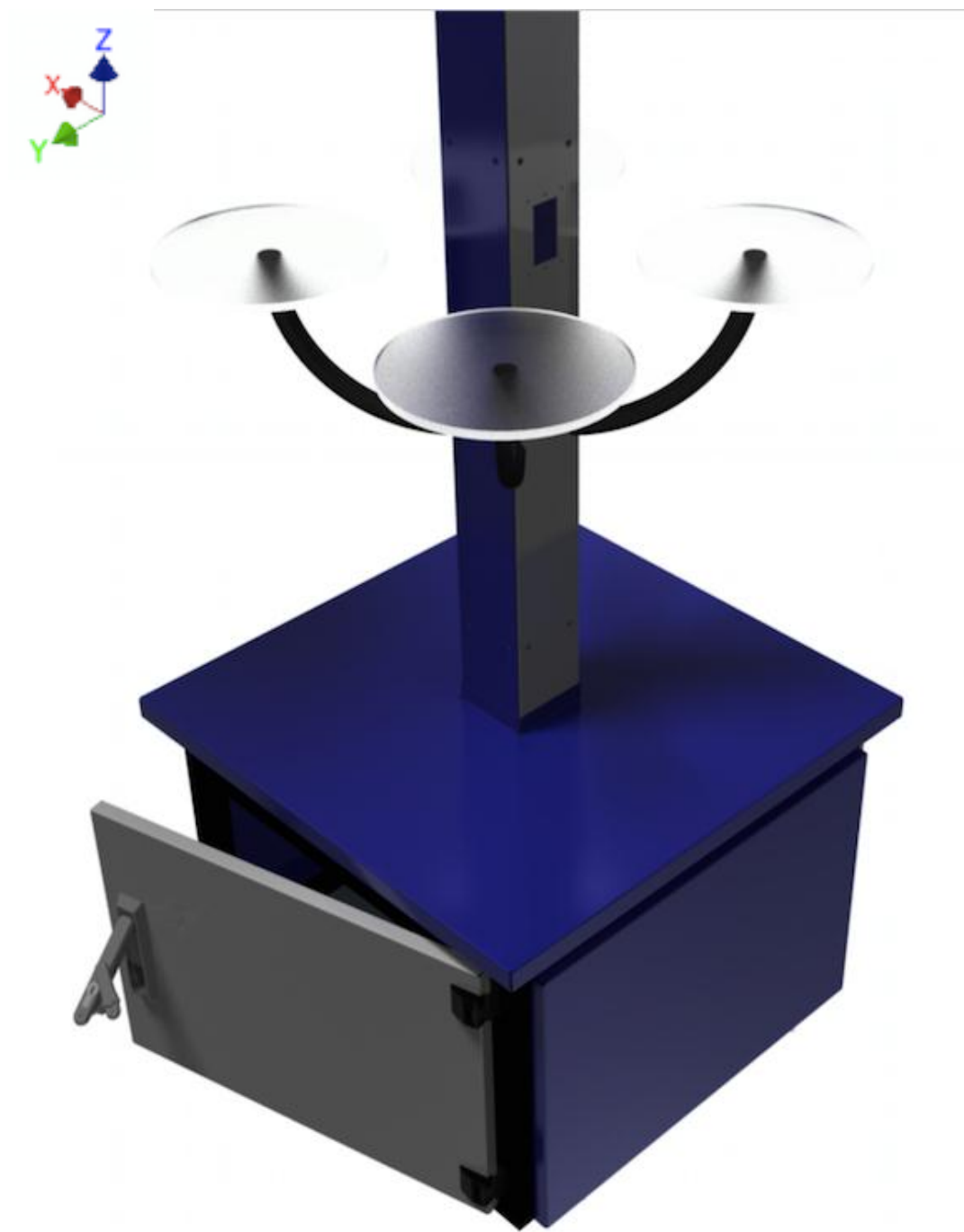
Figura 9. Vista Superior del Módulo



*Figura 10. Vista Diagonal Inferior del Módulo*



*Figura 11. Detalle de la Base y Soportes del Módulo*



## 6.1.9 Detalles de Diseño del Módulo Solar de Carga

Figura 12. Partes del Módulo

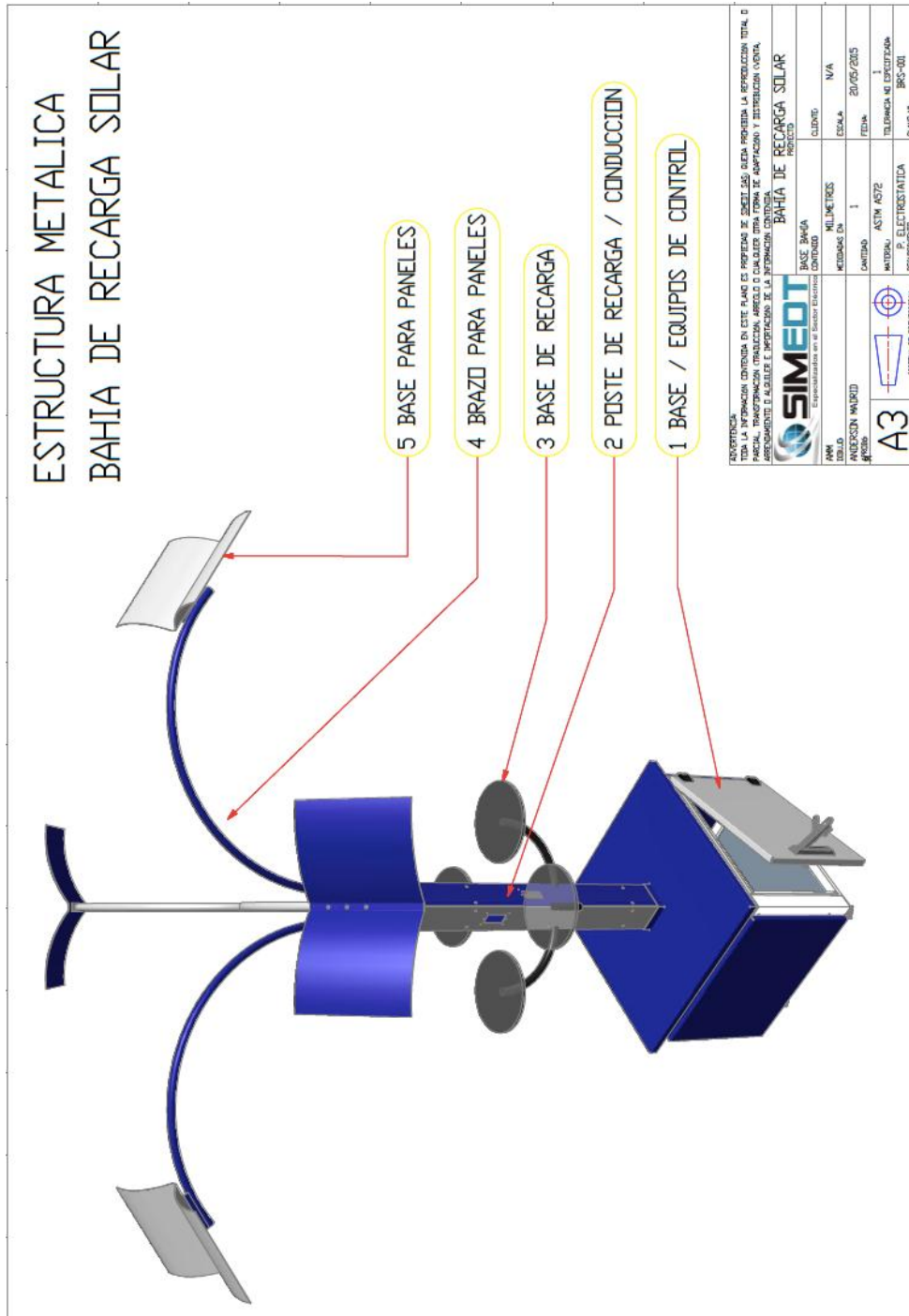
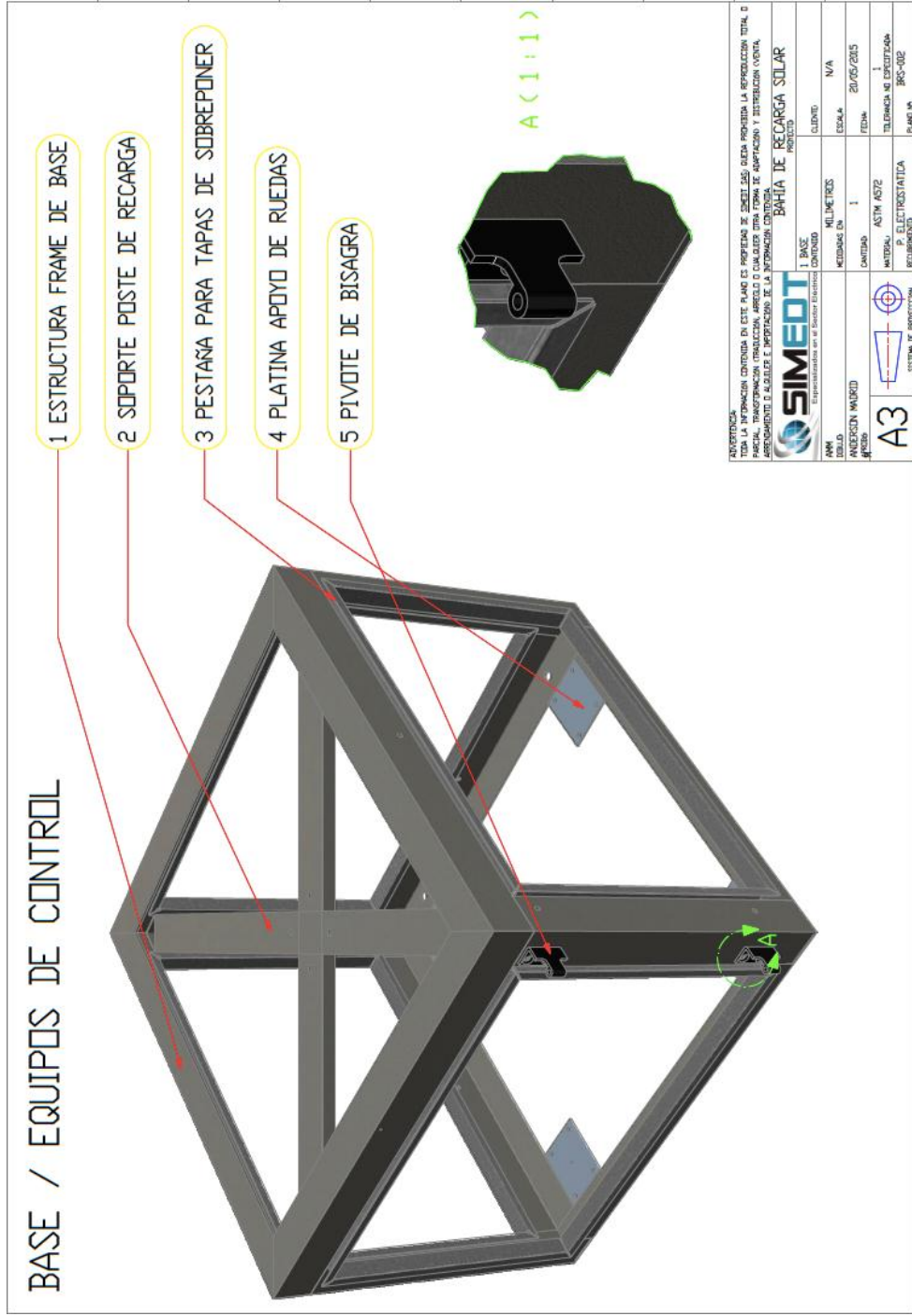


Figura 13. Partes de la Base



INFORMACIÓN  
TODA LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE PLANO ES PROPIEDAD DE SIMEDT SAS. Queda prohibida la reproducción total o parcial, transformación, reproducción, arreglo o cualquier otra forma de adaptación y distribución, copia, modificación o cualquier otro uso no autorizado sin el consentimiento escrito de SIMEDT SAS.

**SIMEDT**  
Sistemas de Solares Estacionarios

BAHIA DE RECARGA SOLAR  
PROYECTO

CLIENTE	1 BASE
ESCALA	N/A
FECHA	20/05/2015
TOLERANCIA DE EXECUCION	± 0.2
PLANO Nº	REC-102

UNIDADES: MILIMETROS

UNIDADES EN: N/A

QUANTIDAD: 1

ESTANDAR: ASTM A572

REQUERIMIENTOS: P. ELECTROSTATICA

PROYECTO: SISTEMA DE PRODUCCION

A3

Figura 14. Especificaciones de la Base

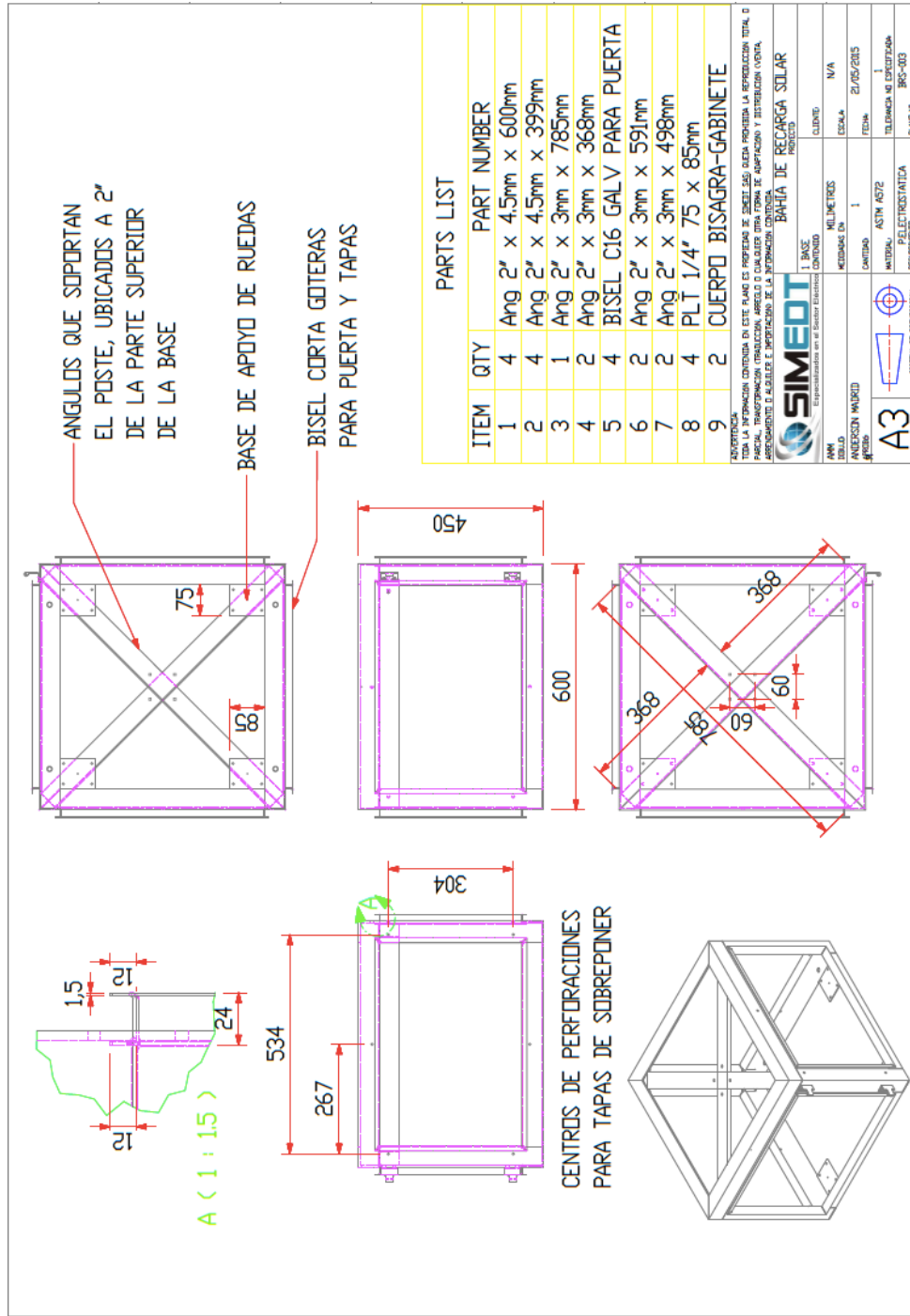


Figura 15. Especificaciones de la Puerta de la Base del Módulo

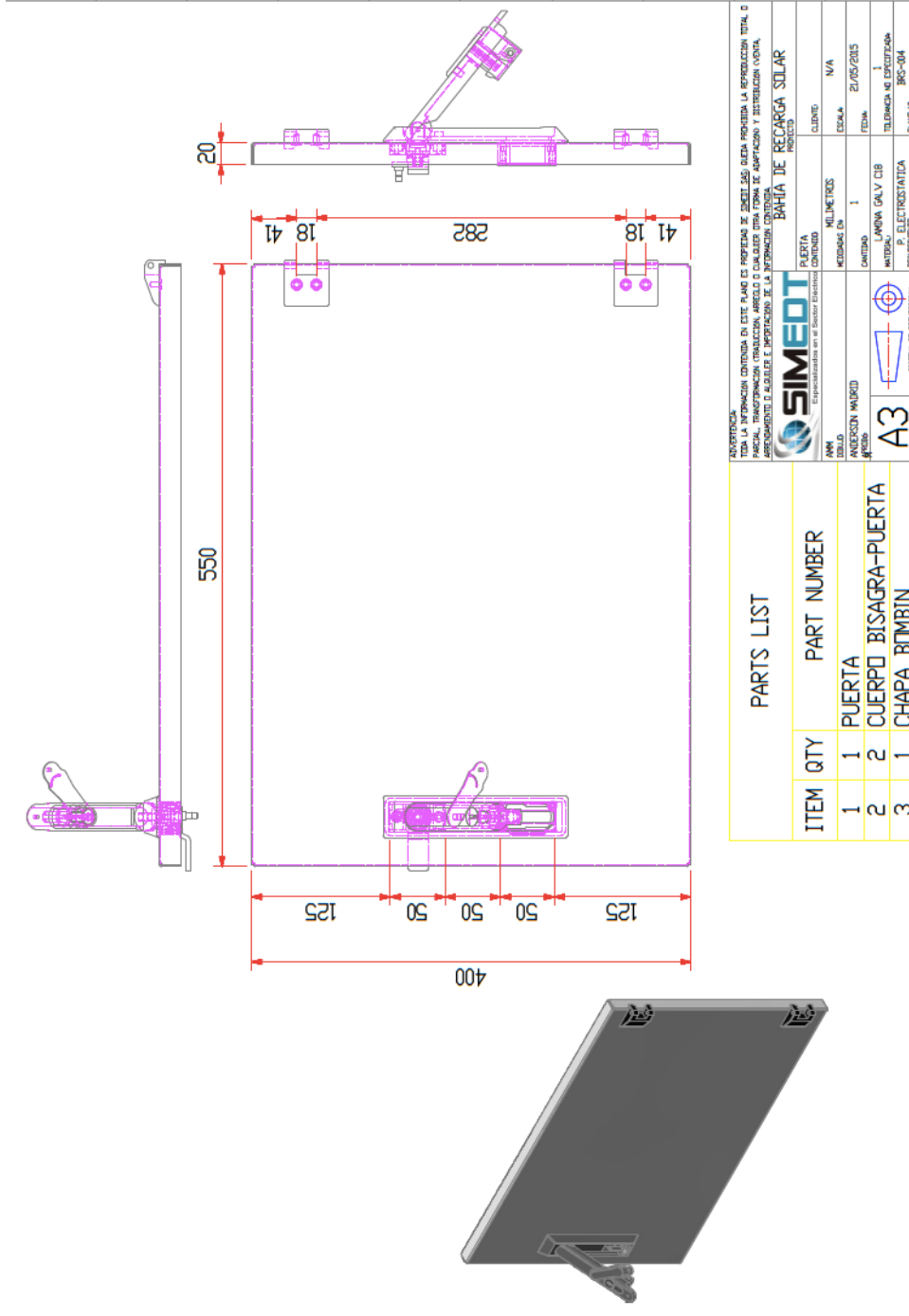
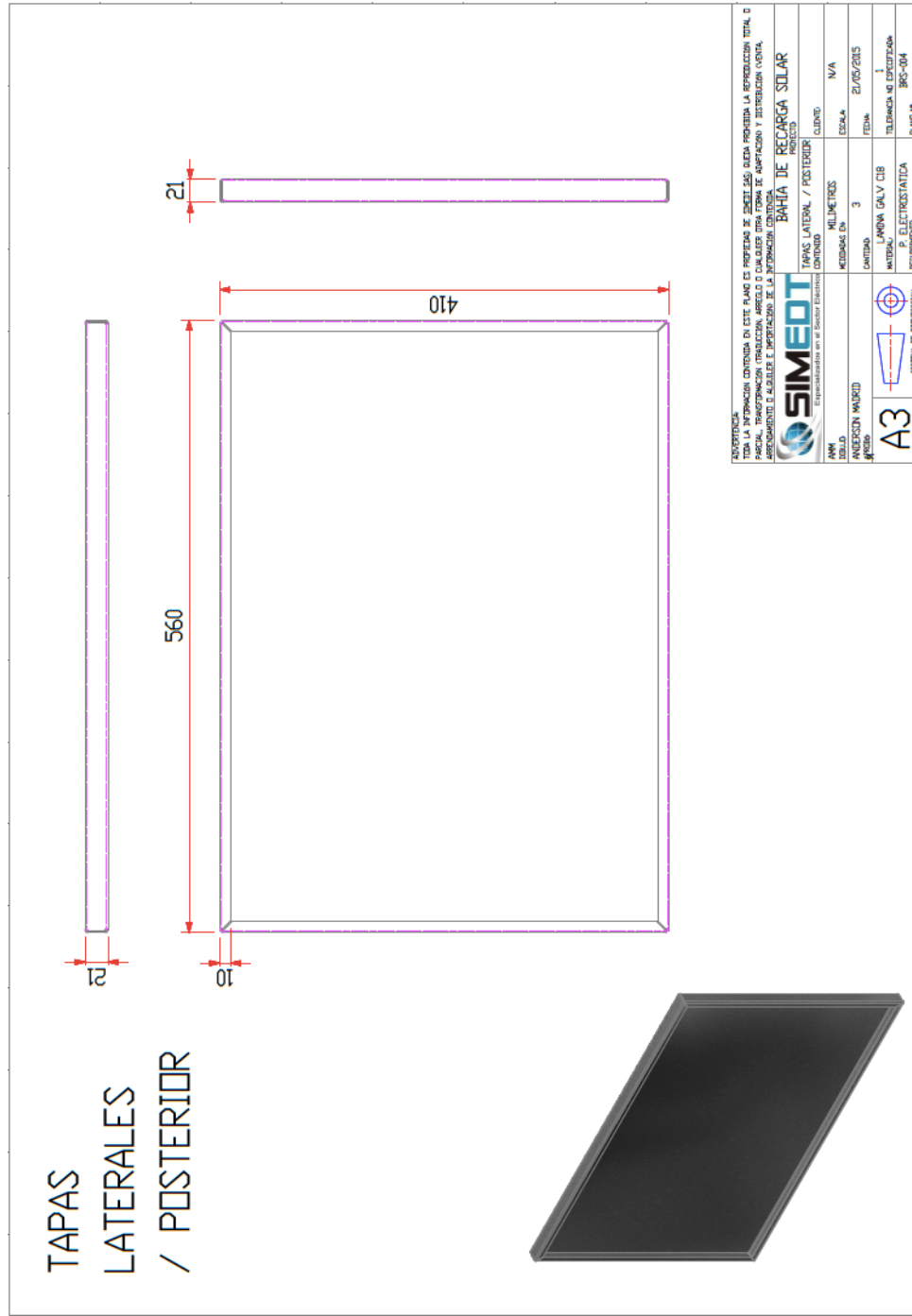




Figura 16. Especificaciones de las Tapas Laterales/Posterior del Módulo



IMPORTANCIA: INFORMACIÓN CONTINUA EN ESTE PLANO DE PROYECTO DE SERVICIO. SE DEBE PERSEGUIR LA EJECUCIÓN TOTAL O PARCIAL, TRANSFERENCIA (TRADUCCIÓN, ARREGLO O CALIFICAR PARA FORMA DE ADECUACIÓN Y INTEGRACIÓN VISUAL, ADECUAMIENTO DE MATERIALES E IMPLEMENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN CONTINUA.

**SIMEDOT**  
Especialización en el Sector Eléctrico

BAHIA DE RECARGA SOLAR

PROYECTO	TAPAS LATERAL / POSTERIOR	CLIENTE	
UNIDAD	MILIMETROS	ESCALA	N/A
PROYECTO	3	FECHA	21/05/2015
PROYECTO	LAMINA GALV CIB	TOLERANCIA DE EJECUCIÓN	1
PROYECTO	P. ELECTROSTATICA	PROYECTO	BRS-004
PROYECTO	PROYECTO	PROYECTO	PROYECTO

A3

ESTERNA DE PROYECTO

**Figura 17. Especificaciones de la Tapa Superior del Módulo**

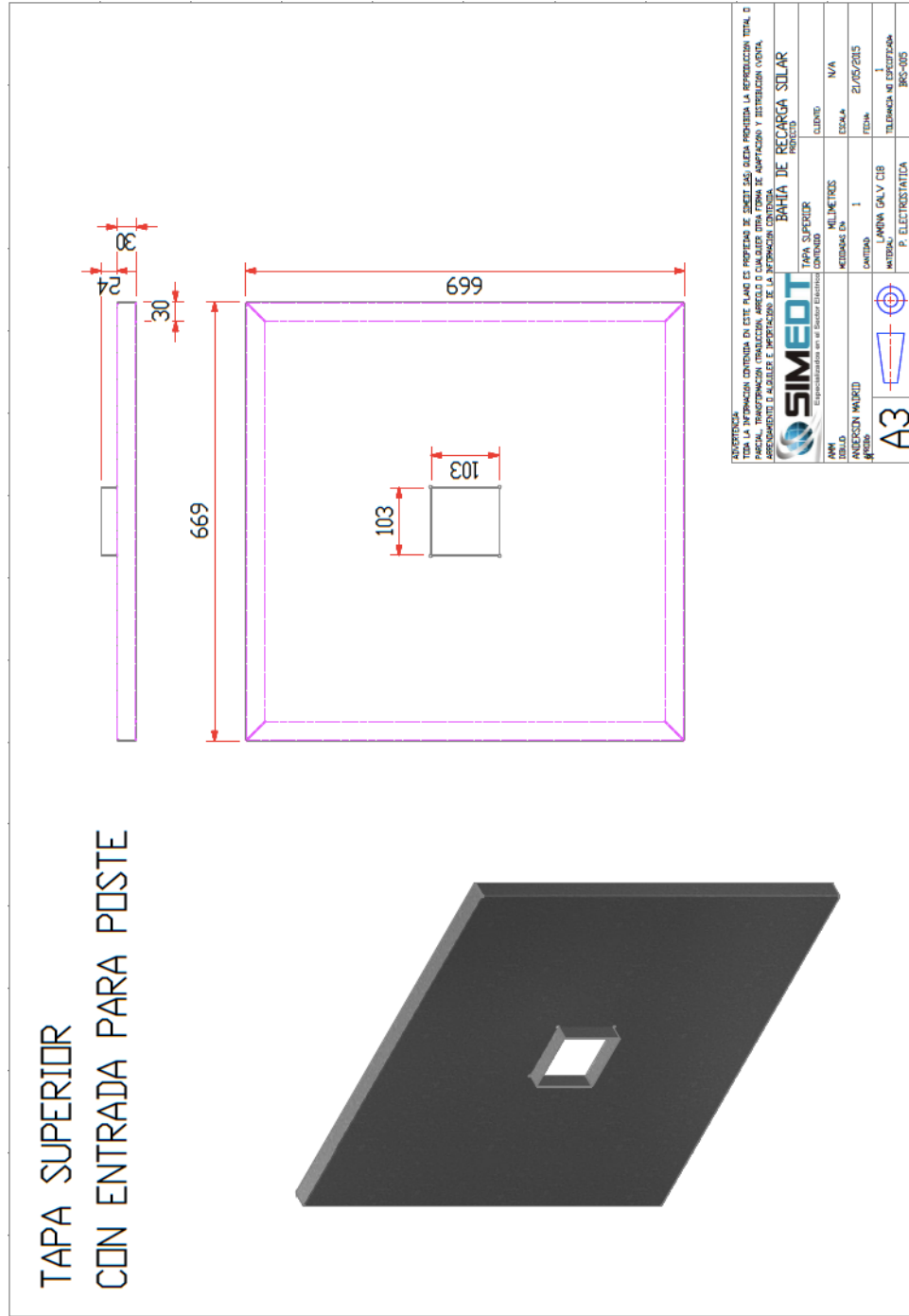


Figura 18. Especificaciones de la Torre o Columna del Módulo

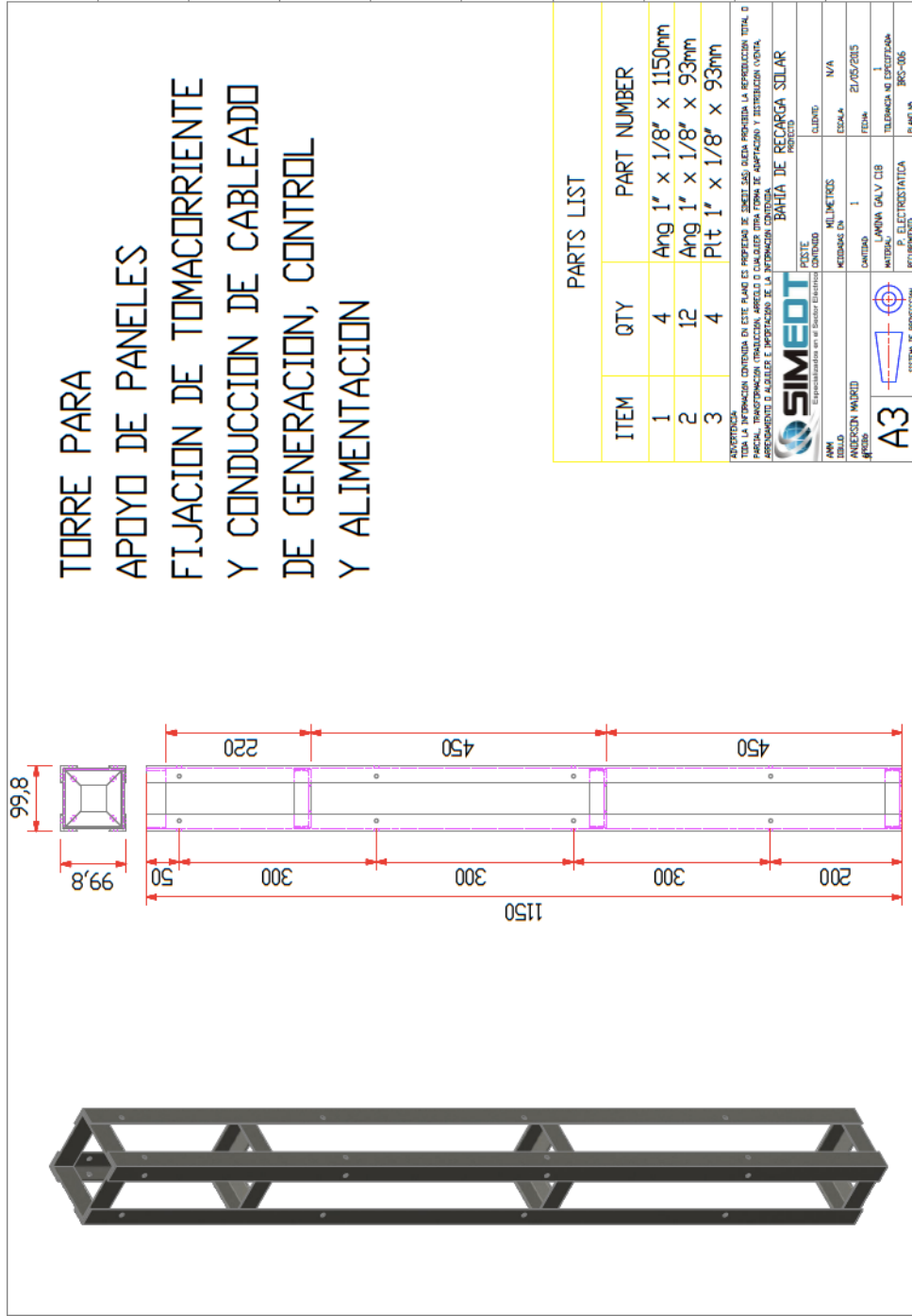
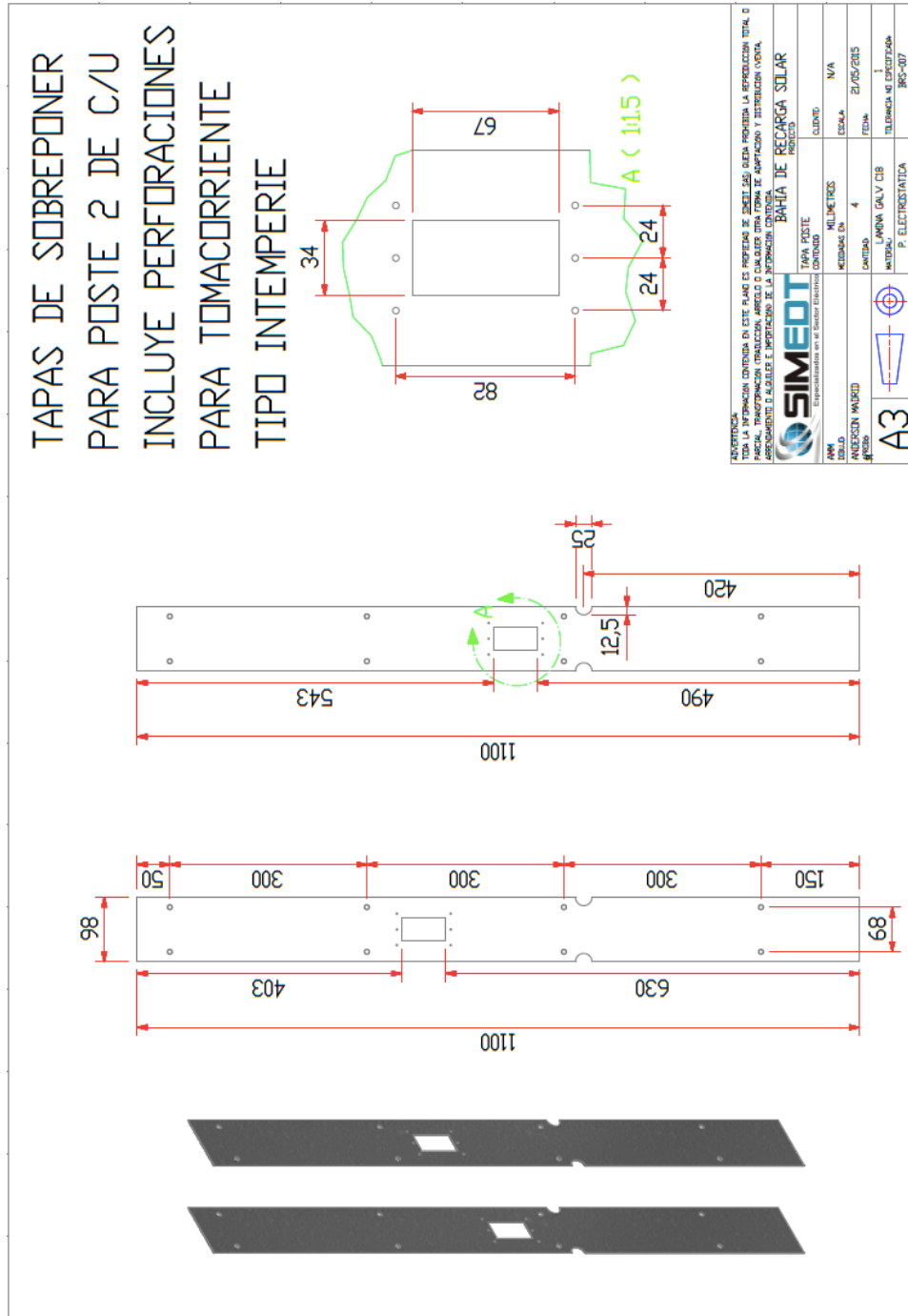
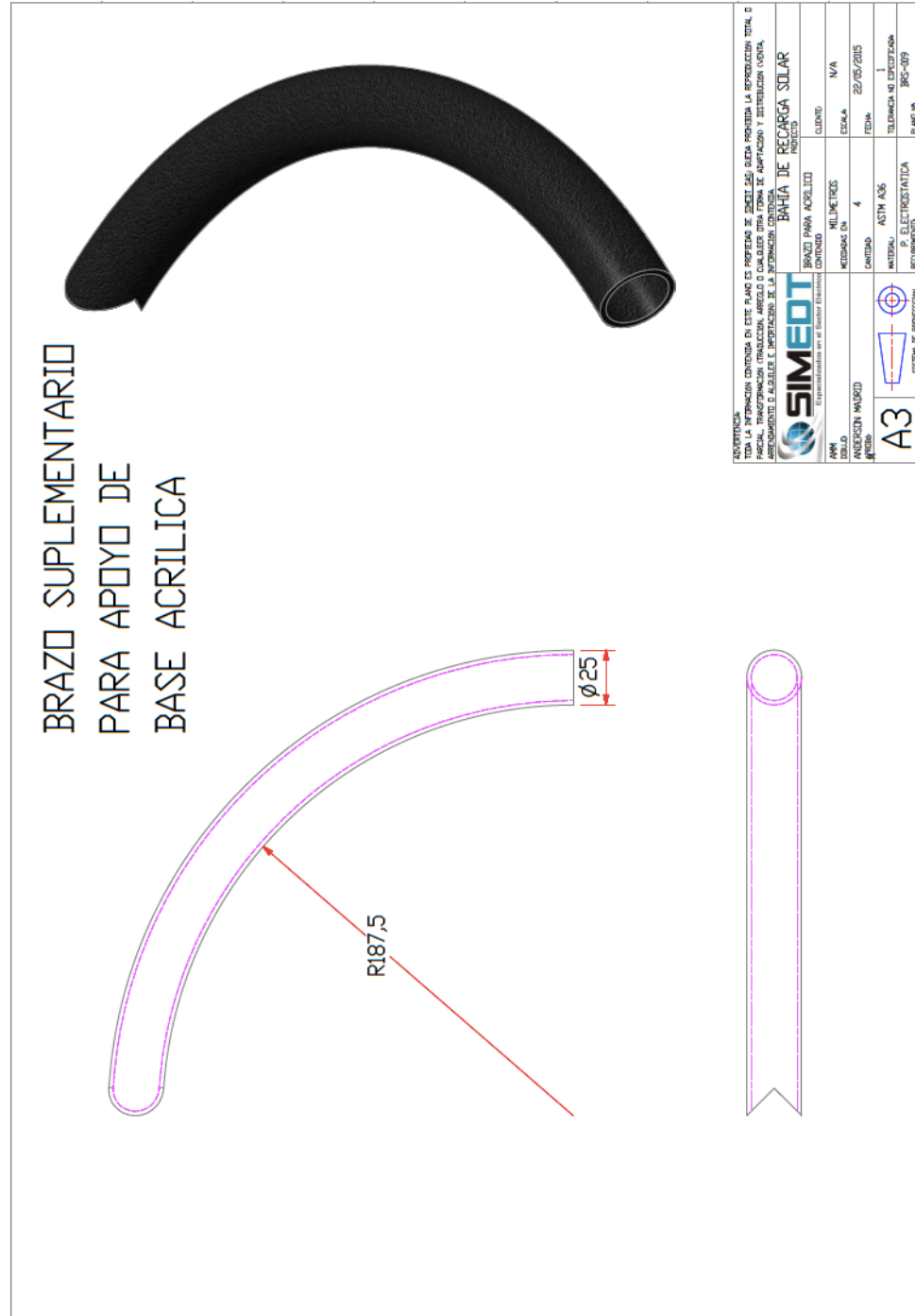


Figura 19. Especificaciones de las Tapas de la Torre



**Figura 20. Especificaciones del Brazo de Apoyo de la Base Acrílica**



**Figura 21. Especificaciones Base Acrílica de Apoyo**

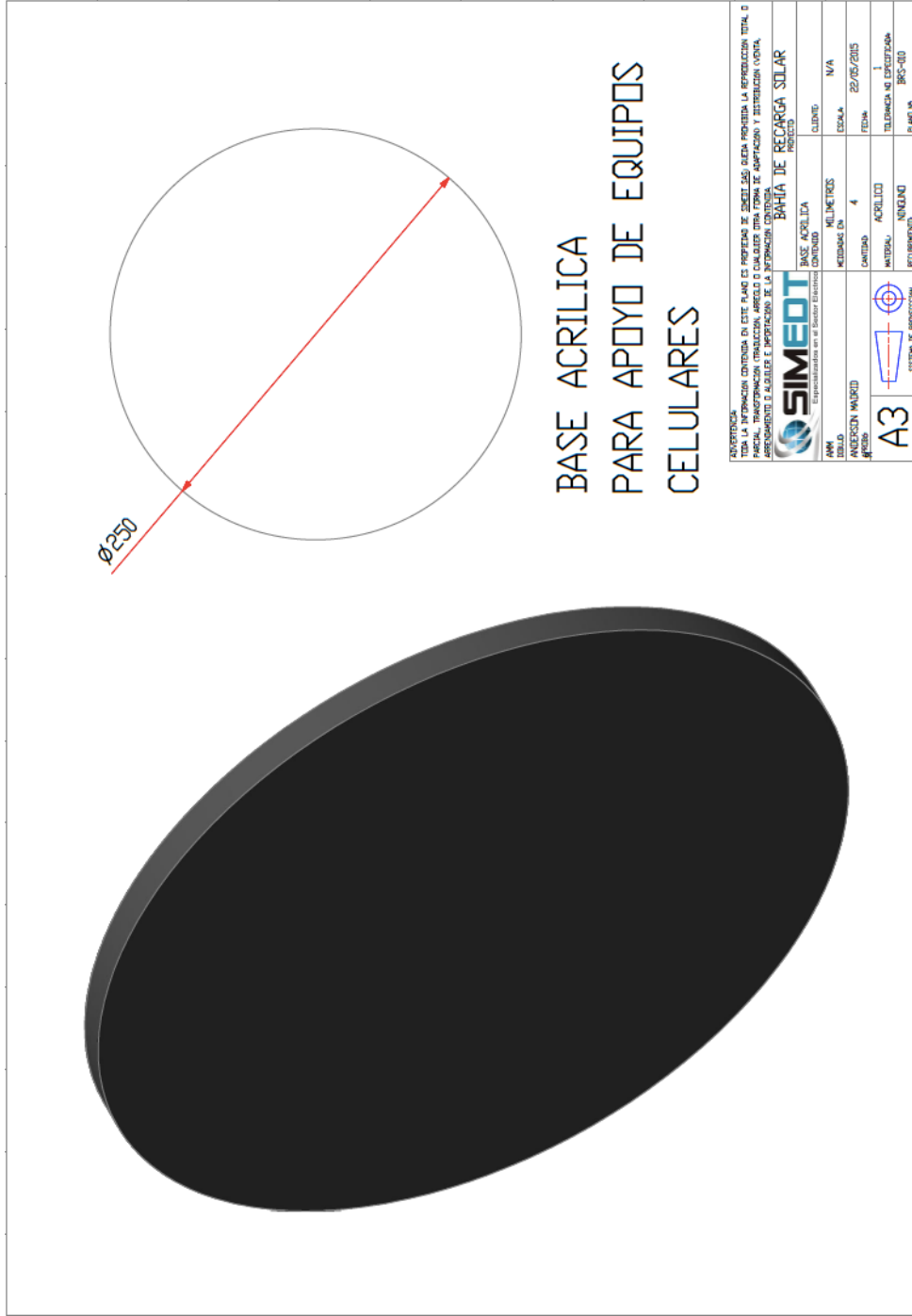


Figura 22. Especificaciones del Brazo para fijación del Panel Solar

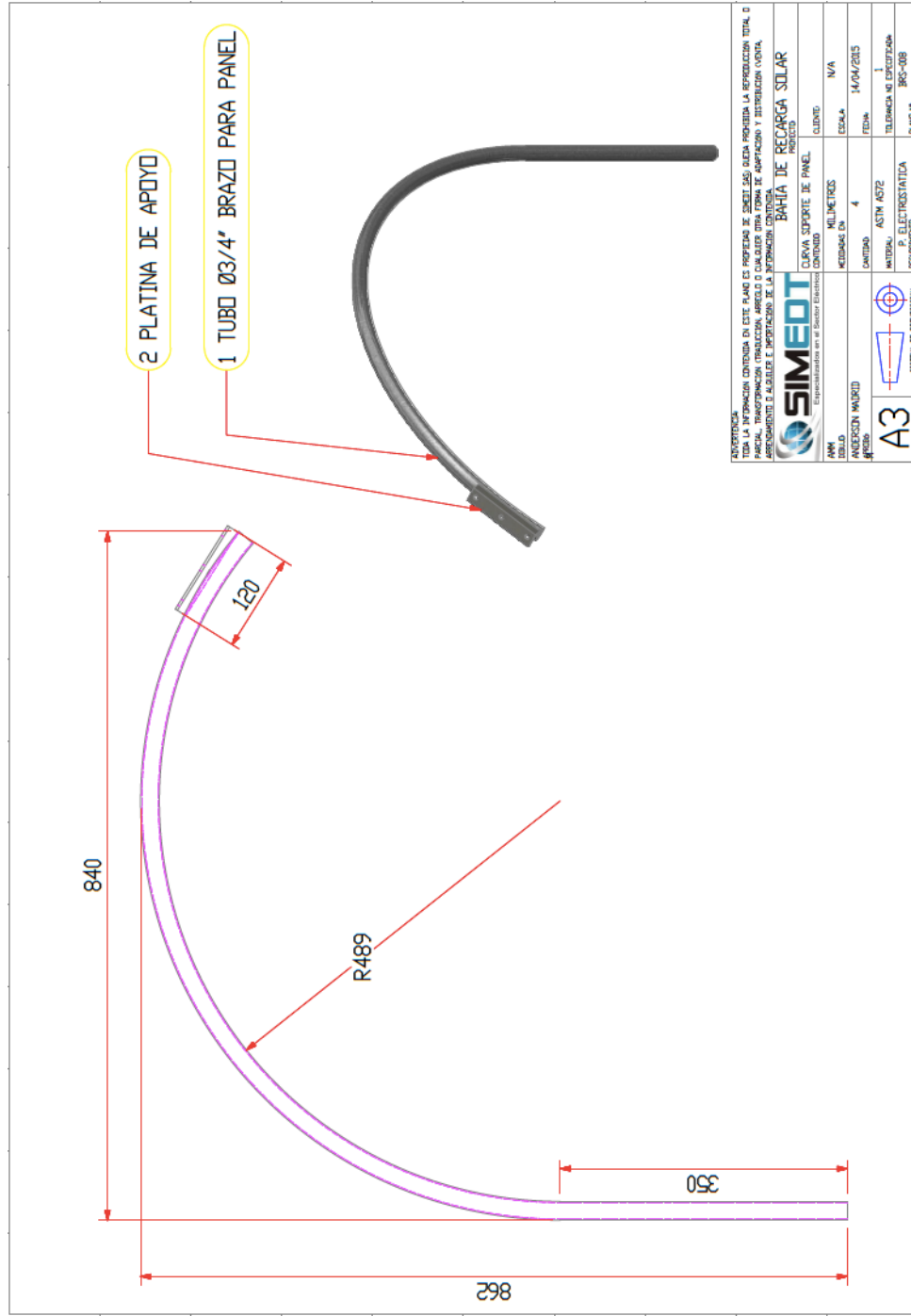
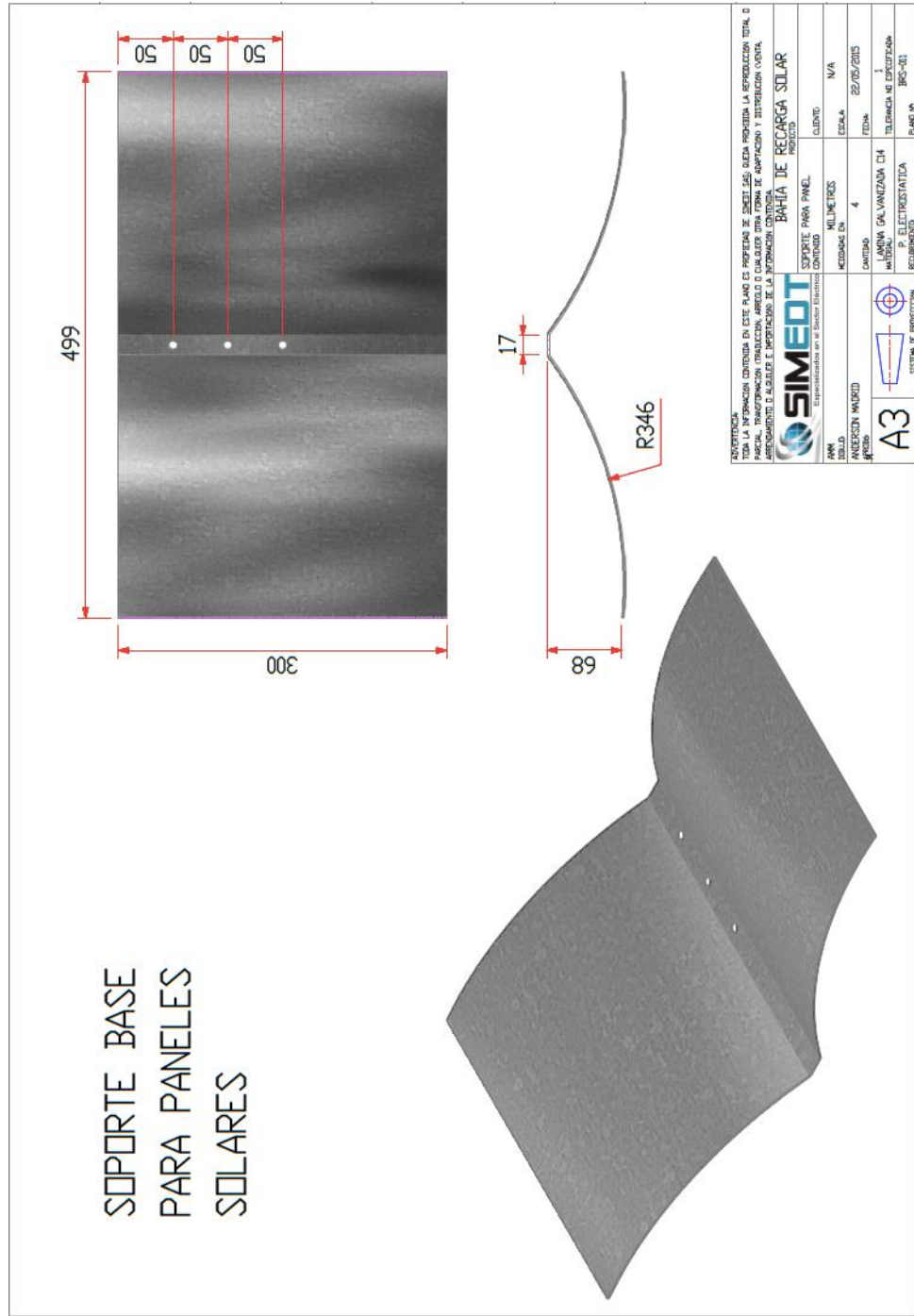


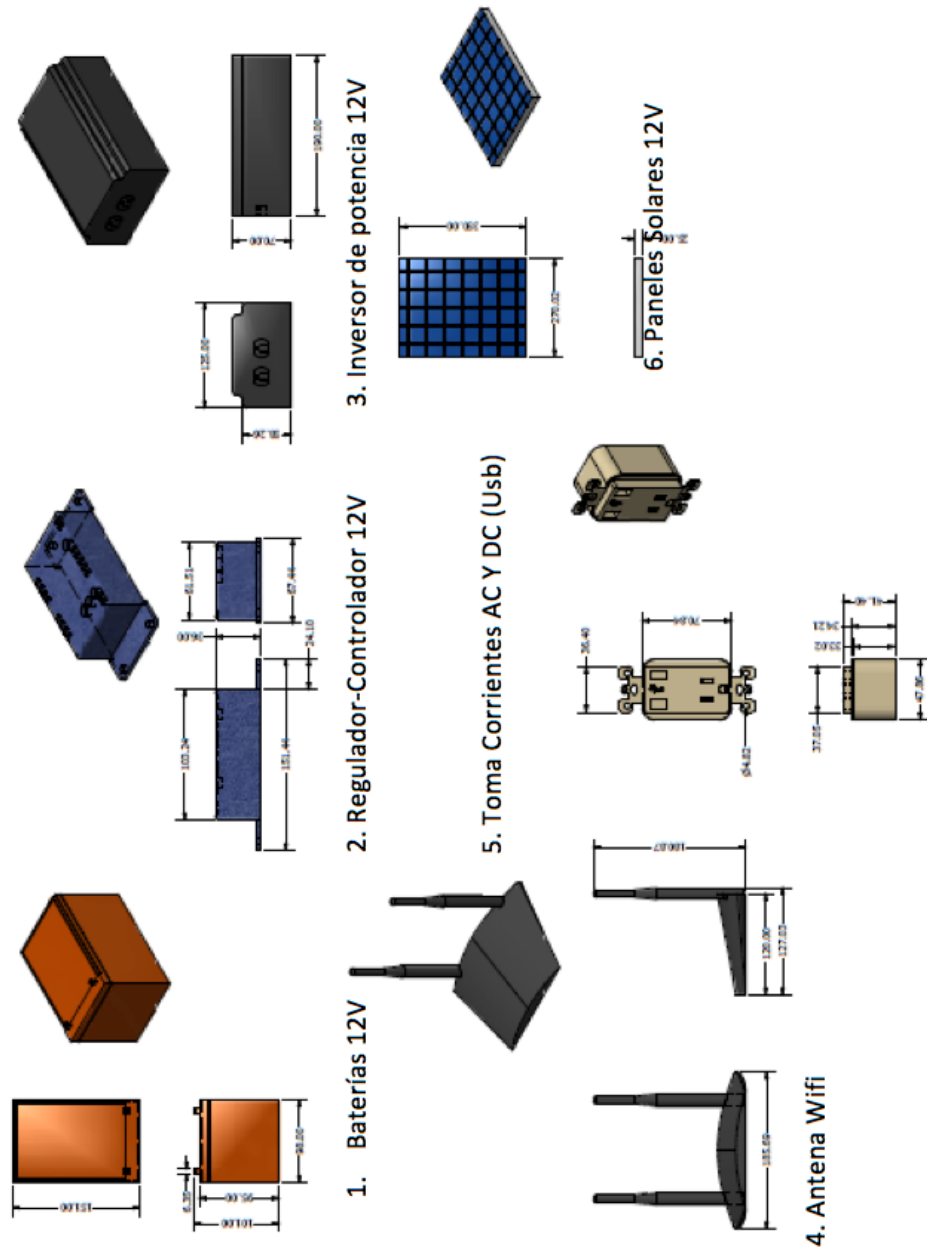
Figura 23. Especificaciones del Soporte Base del Panel Solar





## 6.1.10 Componentes Eléctricos y Electrónicos del Módulo Solar

Figura 24. Componentes Eléctricos y Electrónicos del Módulo



## 6.1.11 Diagrama Eléctrico

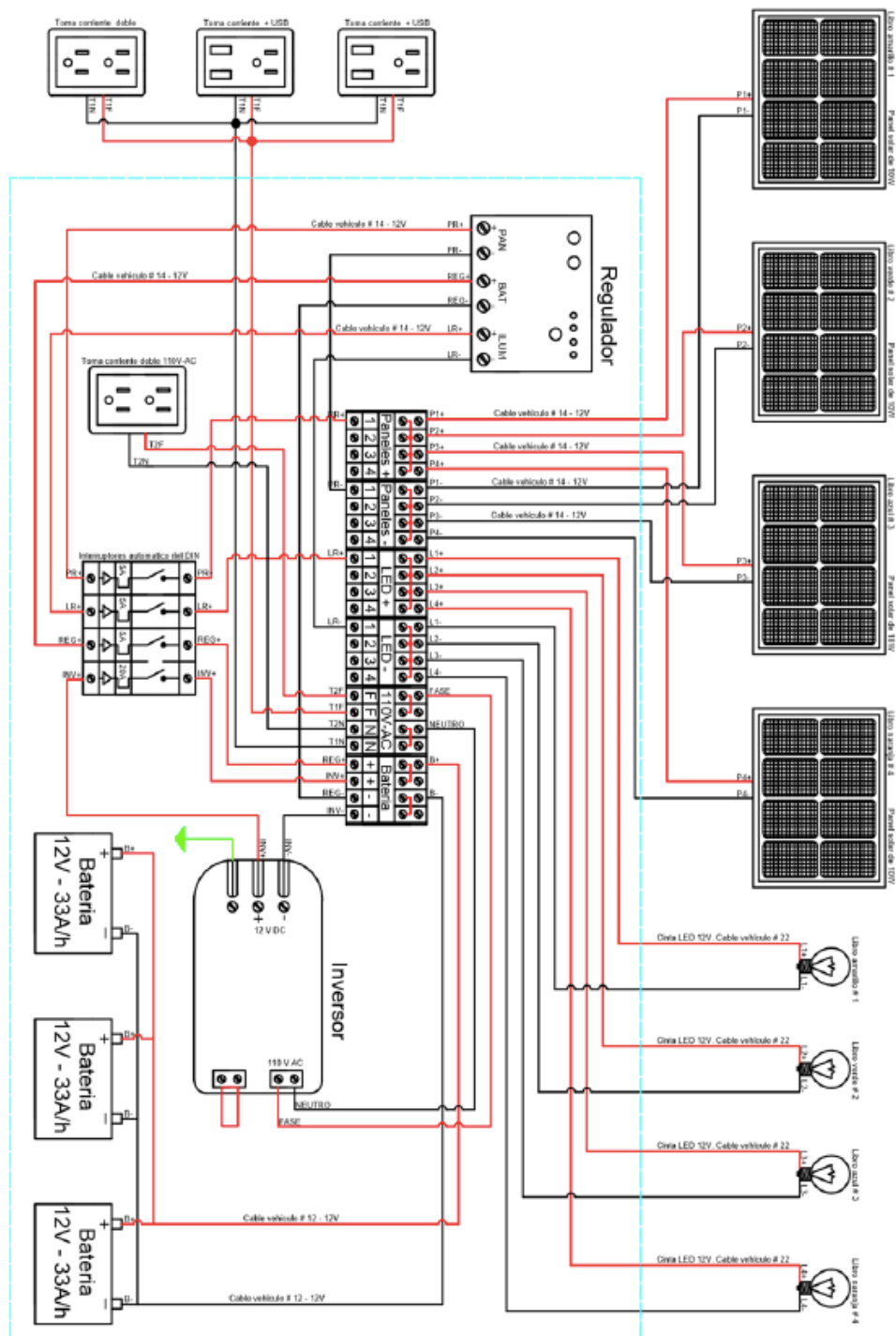


Figura 25. Diagrama Eléctrico

## 6.2 MANUAL DE CONEXIÓN PARA EL FUNCIONAMIENTO

### 6.2.1 Elementos Necesarios para la Puesta en Marcha de Módulo

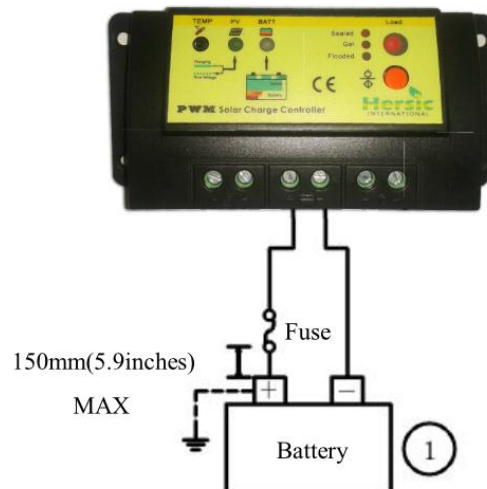
#### 6.2.1.1 Ubicación

Se debe de seleccionar un área despejada para la ubicación del módulo sin sombras producidas por edificaciones o árboles, lo que garantizará la influencia de la luz solar en la mayor parte del día, también es importante tener en cuenta que el piso o terreno sea firme y estable.

#### 6.2.1.2 Conexión de las Baterías al Controlador de Carga Solar

En el momento en que el equipo ya se encuentre ubicado en el sitio adecuado de trabajo, se puede proceder a iniciar su funcionamiento conectando las baterías al Controlador de Carga Solar el cual automáticamente se configura reconociendo las tensiones de trabajo y activando el sistema de protecciones. (Figura 26). Cuando el controlador recibe la energía de las baterías el LED indicador de batería se torna de color verde.

**Figura 26. Conexión de las Baterías al Controlador de Carga Solar**

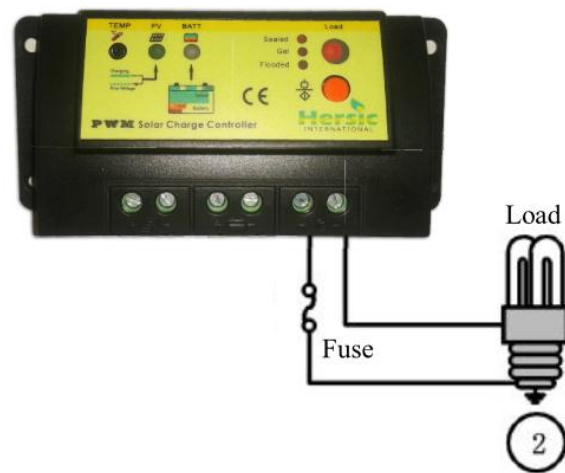


Recuperado de: <http://www.hersic.com/#!c9-controladoresjc-h02987jc-h05032jc-/c1ueh>

### 6.2.1.3 Conexión de la Carga al Controlador de Carga Solar

El circuito que alimentará la carga debe de conectarse al regulador según se muestra en la siguiente figura (Figura 27) en la salida de DC (Corriente Directa). Para la conexión de las cargas se debe tener presente la polaridad de los bornes del regulador, respetando el diagrama de conexión e instrucciones de cualquier aparato eléctrico o electrónico suministrado por el fabricante, lo que garantizará un excelente desempeño y prolongará la vida útil de los equipos.

**Figura 27. Conexión de la Carga al Controlador de Carga Solar**

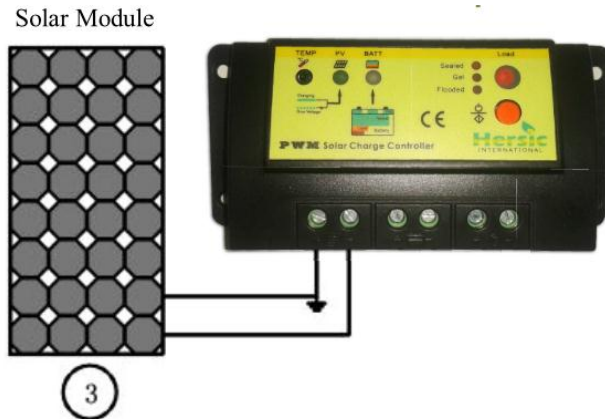


Recuperado de: <http://www.hersic.com/#/c9-controladoresjc-h02987jc-h05032jc-/c1ueh>

### 6.2.1.4 Conexión de los Paneles Solares al Controlador de Carga Solar

Lo más importante para realizar esta conexión es que se debe de tener mucha precaución con el cableado de los paneles, ya que si estos quedan expuestos a la luz solar se inducirán corrientes que pueden ocasionar un accidente por descarga eléctrica. Luego de cerciorarse muy bien de la indicación anterior, se procede entonces a realizar la conexión de los cables de los paneles solares teniendo muy presente la polaridad de los mismos y aun algo más importante la conexión a tierra, tal como se muestra en la siguiente figura (Figura 28).

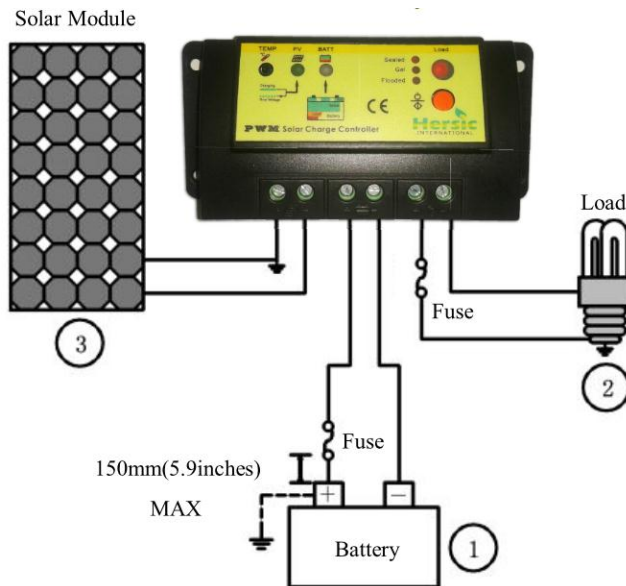
**Figura 28. Conexión de los Paneles Solares al Controlador de Carga Solar**



Recuperado de: <http://www.hersic.com/#!c9-controladoresjc-h02987jc-h05032jc-/c1ueh>

**6.2.1.5 Esquema Completo de Conexión del Controlador de Carga Solar**

**Figura 29. Esquema Completo de Conexión del Controlador de Carga Solar**



Recuperado de: <http://www.hersic.com/#!c9-controladoresjc-h02987jc-h05032jc-/c1ueh>

### 6.2.1.6 Instalación del Inversor de Potencia

El inversor de potencia debe instalarse directamente al banco de baterías, la razón de esto es que requiere una fuente de energía estable para soportar los arranques que genera la carga en las salidas de AC (Corriente Alterna).

**Figura 30. Esquema de Conexión del Inversor**



Recuperado de: <http://www.hispaniasolar.es/pdf/Catalogos%202010/Hispania-Inversores.pdf>

Para garantizar el correcto funcionamiento y vida útil del inversor, se deben seguir las siguientes indicaciones:

- Evitar que el dispositivo tenga contacto con el agua o la humedad por lo tanto no debe estar expuesto a lluvia o niebla.
- El Inversor no debe de colocarse en lugares expuestos al sol; la temperatura ambiente debe de estar entre  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  (humedad del aire  $<95\%$  sin condensación), en situaciones extremas, la caja del inversor puede alcanzar una temperatura de más de  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- Se debe evitar cualquier obstrucción en la circulación del aire de refrigeración alrededor del inversor, garantizando al menos 10 cm de espacio libre alrededor del mismo. Cuando el inversor alcanza una temperatura demasiado elevada, se apaga automáticamente, luego cuando la temperatura del inversor es de nuevo la de funcionamiento, el inversor se activa.

- Para seguridad del personal que requiera movilizar el modulo solar, se cuenta con protecciones tipo breakers, que permitirán realizar maniobras o cambios de configuración en los equipos sin tener algún riesgo de carácter eléctrico.

#### 6.2.1.7 Encendido del Inversor

- Para iniciar el funcionamiento del inversor de potencia, se debe pasar el botón de encendido a la posición “ON”, lo que inicia la alimentación eléctrica de las tomas de energía, tanto de AC (Corriente Alterna), como los puertos USB<sup>7</sup> de DC (Corriente Directa) dispuestos en la columna de la estructura.

#### 6.2.1.8 Conexión a las Salidas Eléctricas

- Para la conexión a la toma eléctrica, se deben de levantar las placas de protección para intemperie para luego poder conectar el dispositivo móvil o portátil que requiera la carga de energía.

#### 6.2.1.9 Configuración del Equipo WiFi<sup>8</sup>

- Para el funcionamiento el equipo WiFi, se debe configurar el dispositivo como repetidor ya que no cuenta con una señal cableada directa y por el contrario puede recibir y amplificar la señal inalámbrica del sitio de ubicación del módulo (el sitio deberá contar con este servicio).

Notas:

- La configuración se realiza una sola vez, luego el dispositivo funcionará automáticamente cada que se encienda el módulo, dado el caso de haberse apagado por alguna razón.
- Dado el caso en el que el módulo deba ser trasladado a otro sitio, se deberá realizar la configuración completa de nuevo, debido a que la señal a repetir tendrá un SSID<sup>9</sup> diferente.

---

<sup>7</sup> USB. El Universal Serial Bus es un estándar industrial desarrollado a mediados de los años 1990

<sup>8</sup> WiFi (mecanismo de conexión a internet de dispositivos electrónicos de forma inalámbrica)

<sup>9</sup> SSID. Del inglés Service Set Identifier. Un SSID también se denomina Nombre de la red, ya que básicamente consiste en un nombre que identifica una red inalámbrica

#### 6.2.1.10 Precauciones con la Manipulación de Baterías

- Trabajar cerca de baterías puede resultar peligroso, las baterías pueden producir gases explosivos, evite fumar, provocar chispas o encender fuego con llamas cerca de las baterías, asegúrese de disponer siempre de una ventilación adecuada.
- Utilice protección ocular y ropa adecuada, evite tocarse los ojos cuando haya trabajado con baterías, lávese las manos una vez haya terminado su trabajo.
- Si el ácido que contienen las baterías entra en contacto con su piel o su ropa, lave las partes afectadas inmediatamente con agua y jabón. Si el ácido entra en contacto con los ojos, láveselos inmediatamente con agua corriente. Realice esta operación durante 15 minutos y, si es necesario, acuda a un médico.
- Tenga prudencia cuando utilice herramientas metálicas cerca de las baterías. Si deja caer un objeto metálico sobre una batería, este puede provocar un cortocircuito y/o una explosión.
- No lleve objetos como anillos, brazaletes, relojes o cadenas cuando trabaje cerca de las baterías, en contacto con las baterías, estos objetos pueden provocar cortocircuitos que harán que se fundan totalmente y causarán graves quemaduras. *(Codeso Equipos Fotovoltaicos)*



## 7 CONCLUSIONES

- El proyecto se logró desarrollar exitosamente mediante la planeación estratégica y sistemática del análisis de costos y viabilidad del mismo.
- Gracias a la Investigación de energías alternativas y de productos orientados a su generación, logramos construir un proyecto con las mejores características de construcción y desempeño.
- El diseño logrado para el proyecto, apunta ser un ejemplo a tener en cuenta para futuros proyectos en su misma categoría.
- Con el manual de conexión logramos garantizar un manejo adecuado y por consiguiente la preservación de la vida útil del proyecto.
- El proyecto logra su objetivo principal, el de dar un servicio fundamental para el personal de la Institución Universitaria Pascual Bravo, lo que le garantizará a la Institución ampliar y mejorar la prestación de servicios de tecnología y acceso a la red de la comunidad estudiantil como de docencia e incluso para los visitantes.

## 8 RECOMENDACIONES

- El principal aspecto a mencionar es de la manipulación del proyecto por personal idóneo, garantizando así la preservación de la vida útil del módulo, además de la continuidad en la prestación de su servicio.
- Tener muy presente que el proyecto está diseñado solo para la conexión de dispositivos móviles, como tabletas, celulares y portátiles, cualquier otro dispositivo no contemplado dentro de lo mencionado anteriormente, podrá causar accidentes o daño permanente de los elementos que componen el módulo solar.
- Se debe implementar por parte de la institución un plan de mantenimiento adecuado para la conservación y buen funcionamiento del módulo solar y todos los elementos que lo componen.
- Se debe de seleccionar un área despejada para la ubicación del módulo sin sombras producidas por edificaciones o árboles, lo que garantizará la influencia de la luz solar en la mayor parte del día, también es importante tener en cuenta que el piso o terreno sea firme y estable.
- Aunque el proyecto está construido para ser operado en exteriores, es importante tener en cuenta que en las épocas de lluvia el módulo podría deteriorarse más rápidamente, lo que acortaría su vida útil, por lo tanto se recomienda ubicar el módulo en zonas que garanticen una mejor protección.

## 9 BIBLIOGRAFÍA Y CIBERGRAFÍA

Codeso Equipos Fotovoltaicos. (s.f.). *www.codeso.com*. Recuperado el 20 de 04 de 2015, de <http://www.codeso.com/EqBateria01.html>

Cuervo García, R., Méndez Muñoz, J., & ECA INSITUTO DE TECNOLOGÍA Y FORMACIÓN S.A.U. (s.f.). *Energía Solar Fotovoltáica. 2a Edición*. Madrid: FUNDACIÓN CONFEMETAL.

El Congreso de Colombia. (3 de 10 de 2001). *www.lawea.org*. Recuperado el 20 de 01 de 2015, de [http://www.lawea.org/documentos/Colombia\\_Ley\\_697.pdf](http://www.lawea.org/documentos/Colombia_Ley_697.pdf)

El Congreso de Colombia. (13 de 05 de 2014). *www.upme.gov.co*. Recuperado el 05 de 02 de 2015, de [http://www.upme.gov.co/Normatividad/Nacional/2014/LEY\\_1715\\_2014.pdf](http://www.upme.gov.co/Normatividad/Nacional/2014/LEY_1715_2014.pdf)

Hersic International. (s.f.). *www.hersic.com*. Obtenido de <http://www.hersic.com/#!c9-controladoresjc-h02987jc-h05032jc-/c1ueh>

Sistema Eléctrico Colombiano. (2005). *www.isa.com.co*. Recuperado el 10 de 12 de 2014, de [http://www.isa.com.co/pragma/documenta/ISA/secciones/ISA/HOME/IG/IDI/SEC/doc\\_868\\_HTML.html?idDocumento=868](http://www.isa.com.co/pragma/documenta/ISA/secciones/ISA/HOME/IG/IDI/SEC/doc_868_HTML.html?idDocumento=868)

Solar Plus Energy. (s.f.). *www.solarplusonline.com*. Recuperado el 12 de 04 de 2015, de <http://www.solarplusonline.com/paneles-solares/solar-plus>

Univesitat Politècnica de Catalunya. (s.f.). Recuperado el 14 de 03 de 2015, de <https://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/7170/1/MEMORIA%20TECNICA.pdf>

Victron Energy. (s.f.). *www.hispaniasolar.es*. Recuperado el 20 de 04 de 2015, de <http://www.hispaniasolar.es/pdf/Electricidad/ManualInversor180-350.pdf>

[http://www.isa.com.co/pragma/documenta/ISA/secciones/ISA/HOME/IG/IDI/SEC/doc\\_868\\_HTML.html?idDocumento=868](http://www.isa.com.co/pragma/documenta/ISA/secciones/ISA/HOME/IG/IDI/SEC/doc_868_HTML.html?idDocumento=868)

<http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/UserFiles/File/ENERGIA/URE/Resol-Proute-180919-01-06-2010.pdf>

Luis Guillermo Vélez Álvarez Economista, Docente Universidad EAFIT,  
<http://luisguillermovelezalvarez.blogspot.com/2011/09/breve-historia-del-sector-electrico.html>

PROYECTO DE GRADO "INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA CONECTADA A LA RED",  
AUTOR: E Carrillo Coll, Energía Solar fotovoltaica. Pg. 7., El efecto fotovoltaico. Pg. 7, 8., La radiación solar. Pg. 9., El panel fotovoltaico. Pg. 11., Historia de la energía solar fotovoltaica. Pg. 12,13., Ventajas e inconvenientes de las instalaciones fotovoltaicas. Pg. 13,14., Instalación fotovoltaica conectada a la red. Pg. 21., Elementos que componen la instalación. Pg. 23, 24 25.,  
<http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/7170/1/MEMORIA%20TECNICA.pdf>