

# Quetsol S.A.

**Ben Dana**

**2012**

(Comunidad Nueva Libertad, Huehuetenango, Guatemala.)



## **Manual de Instalación de Energía Solar Aislada Pequeña**

Una guía completa sobre cómo instalar un sistema solar F.V. aislada de hasta 235W (o con un solo panel.) Escrito con la colaboración de empresa instaladora Quetsol, sobre todo para aplicaciones en Guatemala.



## Contents

Glosario .....	3
Herramientas .....	4
Material.....	4
Resumen .....	5
A. Panel Solar. ....	5
B. Acomodación de Batería, Regulador e Inversor. ....	5
C. Circuito de Iluminación. ....	5
D. Puesto en Marcha del Sistema.....	6
Requisitos Generales para la Instalación .....	6
A. Panel Solar .....	7
1. Probar Voc con el Multímetro/ Tester Eléctrico .....	7
2. Selección del sitio del panel solar .....	7
2.1 Inclinación Óptima del Panel Solar .....	8
3. Anclaje del Panel Solar.....	9
3.1 Anclaje del Panel en un techo plano.....	11
4. Instalación de Cable del Panel Solar .....	13
4.1 Conexión del cable del Panel Solar .....	14
B. Acomodación de Batería, Regulador e Inversor. ....	16
1. Seleccionar el sitio de la batería .....	16
2. Montar el Regulador y el Inversor a la pared. ....	16
3. Preparar los cables entre la Batería y el Regulador. ....	17
4. Preparar los cables del Inversor.....	18
5. Conectar los cables a la Batería .....	19
5.1 Bornes de conexión de la batería.....	20
6. Conectar los cables de la Batería al Regulador .....	21
C. Circuito de Alumbrado (12Vdc).....	21
1. Instalación de la Línea de Distribución DC Principal. ....	21
2. Preparación de las Flaponeras. ....	21
3. Montar las plafoneras y empalmar con la línea negativa de distribución.....	23



## Manual de Instalación de Energía Solar Aislada Pequeña

4. Instalar los interruptores.....	24
D. Puesta en Marcha .....	26
1. Conectar los cables del Panel al Regulador .....	26
2. Conectar los cables del Alumbramiento DC al Regulador .....	26
3. Entrega al Cliente.....	26
Apéndice 1. Empalmes Eléctricos .....	26
A1.1 Unión de hilos sencilla .....	26
A1.2 Uniones de Prensado.....	27
A1.3 Empalmes con borneras .....	29
Apéndice 2. Inclinación Óptima de un Panel Solar en Guatemala .....	30
Apéndice 3. Instalaciones con más de una batería.....	30
Referencia .....	32

## Glosario

**AC Corriente Alterna.** También abreviada como C.A. La corriente eléctrica en la que la magnitud varía cíclicamente. Utilizada genéricamente, la A.C. se refiere a la forma en la cual la electricidad llega a los hogares y a las empresas, para conexión a la mayoría de aparatos; o sea 110 Voltios (V) en 60 Hz (en Guatemala.)

**Campo Solar:** 2 o más Paneles Solares conectados en conjunto. También 'Arreglo Solar.'

**Capacidad de Baterías (Amperios-horas, Ah):** El Valor de una batería. La capacidad se basa en la cantidad de energía necesaria para operar las cargas y cuantos días de energía almacenada será necesaria.

**Circuito de Iluminación DC:** Focos de 12V DC junto con sus plafoneras, interruptores y cableado. Se conecta este circuito al Regulador para desconexión automática si la batería esta descargada. Los focos deben ser de bajo consumo (>10W.) La corriente DC siempre mantiene la misma polaridad, entonces no hay que confundir las conexiones en las plafoneras.

**DC Corriente Directa:** También denominada como Corriente Continua (C.C.) Corriente eléctrica a través de un conductor entre dos puntos de distinto potencial. A diferencia de la corriente alterna ('A.C') las cargas eléctricas circulan siempre en la misma dirección (es decir, los terminales de mayor y de menor potencial son siempre los mismos). Lo que esto significa es que las posiciones del Positivo y Negativo son muy importantes. La energía producida por un panel solar, y almacenada por una batería, normalmente es almacenada en Corriente Directa ('DC').



## Manual de Instalación de Energía Solar Aislada Pequeña

**Inversor:** Aparato que cambia un voltaje de entrada de D.C. a un voltaje simétrico de salida de A.C. Un Inversor para uso en Guatemala convierta la corriente directa de la batería (normalmente 12V) a 110V; para uso de la mayoría de aparatos eléctricos comunes.

**Energía Solar Aislada ('Off-grid'):** Sistema de generación con paneles solares sin conexión a la red eléctrica. Necesita al menos una batería para que se pueda utilizar la energía cuando no hay sol. Esta manual se refiere a instalaciones de 1 solo Panel, o menor que 235W.

**Plafoneras:** Palabra Guatemalteca que se refiere a la base de la bombilla, en la cual se conecta la electricidad entrante

**Foco:** Bombilla/ lámpara. Normalmente en esta guía se refiere a bombillas DC.

**Isc - Corriente de Cortocircuito:** La corriente de cortocircuito es la corriente a través de la celda solar cuando el voltaje es cero (es decir, cuando la célula solar está en cortocircuito). Publicada en la placa técnica atrás del panel, es un de los parámetros principales del módulo. Normalmente esta cotizado según condiciones estandarizadas ('STC'); radiación de 1000 W/m<sup>2</sup>; temperatura de célula de 25 °C

**Panel Solar:** Un módulo que aprovecha la energía de la radiación solar. Esta guía se refiere a los paneles fotovoltaicos para generar electricidad.

**Regulador (Controlador de Carga):** Equilibra el voltaje del Panel Solar, Batería y Circuitos DC. Monitoree Estado de Carga (SOC) de la batería. Protege a la batería de sobrecarga del panel y de sobre-descarga, al desconectar automáticamente todas las cargas cuando el voltaje de la batería es muy bajo.

**Terminales MC4:** DC conectores para el cable solar. Por lo general son estándar en el sector.

**V<sub>oc</sub> Voltaje en Circuito Abierto:** Diferencia de potencial eléctrico entre dos terminales de un dispositivo cuando no hay carga externa conectada. En estas condiciones no hay corriente eléctrica externa entre las terminales. El Voc de un panel solar debe estar publicado en la placa técnica atrás del panel solar. Esta cotizado según condiciones estandarizadas ('STC'.)

## Herramientas

Brújula; Multímetro; Alicates; Herramienta de prensado; Martillo; Desarmadores; Llaves fijas; Corta-alambres; Nivel; Metro; Marcador; Cuchillo; Barreno inalámbrico (dos baterías cargados); sierra de arco (metal); brocas incluyendo broca de copa de 3/8" y broca desarmador; escalera.

## Material

*El éxito de la instalación depende de llegar preparado con todo el material adecuado.*

Panel Solar; Regulador; Inversor; Batería



## Manual de Instalación de Energía Solar Aislada Pequeña

Cable para diferentes partes de la instalación; Grapas de cable; Conectores MC4 (cable solar.)

Tornillos hexagonales de techo de 3 ½" y otras medidas; Clavos de 4"

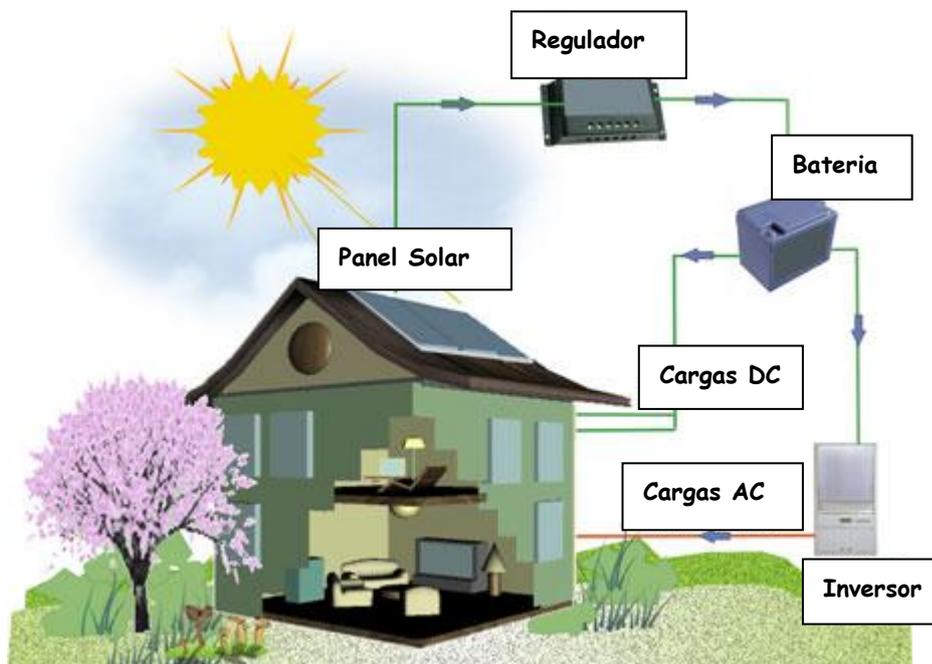
Tornillos hexagonales de rosca de 5/16 x 11/2". Tuercas y roldanas de 5/16. Silicona.

Aluminio angular de 50mm x 50mm x 2.5mm (3m.) Tabla de soporte (unos 30cm x 3cm x 160cm.)

Terminales/ conectores hembras de prensado para conexión a batería; Terminales de prensado para empalmes; Plafoneras; Apagadores; Bombillas de bajo consumo de 12V DC

Tornillos busca roscas; Tarugos; Cinchos para amarrar cable; Cintas aislante roja y negra.

## Resumen



Se puede dividir la instalación en cuatro partes:

### A. Panel Solar.

- Selección de sitio y anclaje del Panel Solar al techo.
- Conexión del cable del Panel Solar.
- Instalar el cable entre el Panel y el sitio del Regulador.

### B. Acomodación de Batería, Regulador e Inversor.

- Seleccionar el sitio de la batería.
- Montar el Regulador y el Inversor a la pared, u otra superficie sólida, segura y permanente.
- Preparar los cables entre la Batería y el Regulador
- Preparar los cables del Inversor
- Hacer las conexiones a la Batería.
- Conectar el cable de la Batería al Regulador

### C. Circuito de Iluminación.

- Instalación de las Líneas de Iluminación DC Principal.



## Manual de Instalación de Energía Solar Aislada Pequeña

- Preparación de las plafoneras.
- Montar las plafoneras y conectar a la línea DC principal.
- Instalar interruptores ("switch".)

### D. Puesto en Marcha del Sistema.

- Conectar cables del Panel al Regulador.
- Conectar cables del Alumbrado DC al Regulador.
- Entregar el sistema al cliente.

## Requisitos Generales para la Instalación

Es importante que la instalación del cable y el equipo principal se vea ordenada y no desaliñada. Cables horizontales y verticales deben estar rectos y por encima de vigas, para esconder de la vista. Donde los cables pasan por el mismo camino es preferible pasarlos juntos.

Los empalmes entre cables deben estar muy bien hechos para minimizar la posibilidad de un corto-circuito. Hay que protegerlos totalmente con cinta aislante.

Las líneas de distribución eléctrica deben estar muy bien aseguradas. Es mejor que pasen por el camino más alto disponible, para que estén fuera del alcance. Deben estar sujetos con grapas, con una distancia máxima de 1 metro entre cada grapa. Al instalar las grapas se debe tener mucho cuidado de no pelar/ perforar el cable.

Tener mucho cuidado de respetar polaridad en toda la instalación. El cable paralelo en Guatemala suele de ser de aislante blanco para ambos conductores. La política de Quetsol es de utilizar el lado corrugado como el positivo. De esta manera el conductor negativo es de aislante liso.



Si el cable es de dos colores, el blanco se trata de positivo, y el negro de negativo. Es preferible demarcar empalmes con cinta aislante (rojo para el cable positivo y negro para el cable negativo.) También se debe demarcar los 6 cables que entran el Regulador con cinta aislante, y los puntos de conexión a la batería - al menos los positivos, para mantener control de la polaridad.

### Señalización de la Polaridad



## Manual de Instalación de Energía Solar Aislada Pequeña

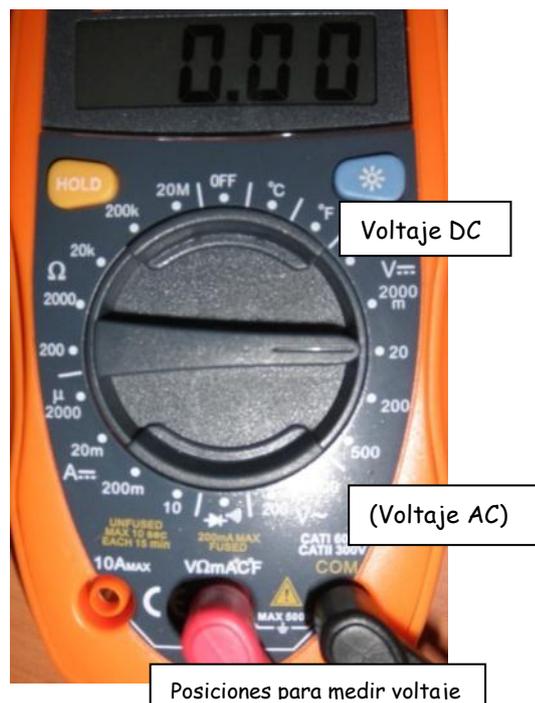


Evitar trabajar con cables bajo corriente, para reducir la posibilidad de un corto-circuito o un choque eléctrico. Por este motivo se estipula conectar el Circuito de Iluminación DC al Regulador cuando las otras partes de la instalación estén terminadas.

### A. Panel Solar

#### 1. Probar Voc con el Multímetro/ Tester Eléctrico

Exponer el panel al sol. Asegúrese que el seleccionador y los conductores eléctricos del Tester están en la posición de medir voltaje DC.



Hacer contacto entre los cables del panel solar y los conductores del Tester. Anotar el Voltaje. Debe estar dentro de un rango de variación con el VOC impreso atrás del panel (la variación depende de la irradiación solar en este momento.)

#### 2. Selección del sitio del panel solar

Es imprescindible de que el Panel este orientada lo más cerca posible a 0° Sur (si el país es al norte del ecuador; al sur del ecuador debe estar mirando al norte.) Utilice una brújula de buena calidad para determinar qué lado del techo toca al sur.

Este lado del edificio esta mirando al sur - flecha blanca (derivación unos 25° .)



No obstante es aun más importante de que no haya un objeto enfrente del Panel que pueda afectar su funcionamiento con su sombra - esto incluye construcción, árboles o topografía.

La sombra de un objeto depende de su altura, tamaño general y posición con respecto al Panel; entonces esta difícil prevenir su efecto sin hacer un cálculo con las medidas exactas. Pero si haya posibilidad de que la sombra pueda tocar al Panel (si el objeto es más alto), mejor que esté ubicado en otro sitio. Es preferible que esté orientado al oeste o al este, si al sur va a estar afectado por sombra. Tener un buen sol (sin sombra) es más importante que la orientación al Sur.

## 2.1 Inclinación Óptima del Panel Solar

Hay más información en Apéndice 2. Sin embargo, la inclinación normalmente está determinada por el techo.

La inclinación óptima para generar ganancia solar máxima es una función de latitud, pero también del uso y rendimiento del sistema solar a lo largo del año.

**Latitud en Guatemala es 14° (37' 15" N)**

**Inclinación Óptima para Verano = ángulo de latitud - 20° → 5°** Para un sistema de bombeo por ejemplo

**Inclinación Óptima para Invierno = ángulo de latitud + 20° → 35°.** Para un sistema de energía solar aislada con demanda de luz todo el año, incluso invierno.

**Inclinación Óptima para la máxima generación total durante del año es igual al ángulo de latitud → 15°.** Para una instalación conectado a la red eléctrica por ejemplo.

### 3. Anclaje del Panel Solar



*Tomar mucha precaución siempre a trabajar al techo, para evitar accidentes. La lluvia hace un techo de lámina muy liso. Utilizar tablas para difundir el peso del instalador encima de la lámina. Solo pisar donde haya una viga interior por debajo (señalizada por una línea de tornillos.)*

Aquí se explican los pasos para anclar el Panel Solar a un techo de laminas de metal, con angulares de aluminio.



Cortar los dos angulares a la anchura del panel + 20 cm, dejando 10cm a cada lado del Panel.

Fijar un angular a cada extremo del panel.

1. Posicione el primer angular a la orilla del Panel para marcar las posiciones de tornillos. La parte horizontal del angular debe mirar hacia fuera del Panel, no posicionada debajo.



2. Los tornillos deben estar posicionados para que las cabezas, al interior del marco, no rasquen la parte de abajo del panel. Un rayón podría arruinar el panel. Asegúrese también que el angular esta nivelado con el marco del Panel, para que quede nivelado con la superficie del techo.



### Manual de Instalación de Energía Solar Aislada Pequeña

3. Perforar el aluminio con una broca 1mm más grande que el tornillo (en este caso 7mm.).
4. Se puede marcar el segundo angular según las posiciones de los agujeros en el primero.
5. Vuelva a presentar los angulares a los bordes del panel, para marcar las posiciones de los agujeros el marco antes de barrenar.
6. Utiliza tornillos hexagonales de rosca de 5/16 x 1½". Sostenga la cabeza del tornillo con unas pinzas en el interior del marco mientras aprieta la tuerca con una llave fija.



*En este punto es mejor empalmar el cable solar antes de que el panel este anclado al techo de una vez. Eso esta explicado en Sección 6.*

#### Anclar el panel al techo

1. Posicione el angular inferior del panel justo encima de una viga interior del techo. Se puede guiar con los tornillos de la lámina.

**Aunque en esta foto el panel está fijado con una tabla, se ve su posición encima de una viga del techo**



Los tornillos en el techo sirven de guía.

2. Marcar dos agujeros en la parte horizontal del angular para que queden encima de la parte superior del perfil de la lámina. Así se minimiza la entrada de lluvia. La fijación se hace con tornillos hexagonales de lámina. Perfora el angular con una broca de 3/16".



3. Ya se puede anclar el angular a la viga con tornillos de lamina de 3½". Utilice el barrenador inalámbrico con una broca de copa de 3/8". Si el tornillo patina sobre la lámina en vez de



### Manual de Instalación de Energía Solar Aislada Pequeña

perforar, perfora la lámina primero, con una broca de metal de 3/16". Si haces perforaciones que no se utilicen hay que rellenarlos con silicona.

Si el edificio cuenta con vigas de metal se utiliza tornillos roscados largos, con la tuerca al otro lado de la viga. Un instalador al techo sostiene fijo la cabeza del perno con tenazas, mientras que otro instalador al interior del techo aprieta la tuerca. Se necesitara una escalera al interior.

Fijación al techo del parte superior del panel es más complicada. Es posible que no haya una viga directamente debajo para fijación.

4. Otro instalador en la parte INTERIOR del techo, tiene que colocar una tabla de madera directamente debajo del borde superior del panel. La tabla debe ser la anchura del panel + 60 cm con un voladizo igual a cada lado. Esta persona tiene que sostener la tabla arriba contra la parte interior de la lámina, mientras que el instalador al techo mete (con barreno) tornillos de lamina ( $3\frac{1}{2}$ "") para sostener en su posición.

**Tabla de soporte instalado adentro del techo, para anclar la parte superior del panel solar**



5. Después se puede atornillar el angular superior a esta tabla (véase paso 3.) Es más fácil de conseguir buena fijación si la persona al interior continúa empujando para arriba. Si los tornillos de techo no son lo suficientemente largos, utilice clavos de 4".

### 3.1 Anclaje del Panel en un techo plano

Para un techo plano típico centroamericano, utiliza varillas de la construcción, como base del anclaje del Panel. En este ejemplo los soportes son tablas en vez de angulares de metal.

Varilla



Primero hay que atravesar los hierros con una tabla gruesa y sentar la tabla encima de la orilla del techo. Posicione bien los agujeros en la tabla para que casen con los hierros. Debe tener hierros para sostenerla a cada extremo. Se doblan los hierros horizontales encima de la tabla.



#### ***Como se monta la tabla de soporte al Panel Solar.***

Busca una tabla de aproximadamente 40cm x (ancho de panel + 60cm.) que esté en condiciones para aguantar los elementos. Con el cristal del Panel mirando hacia abajo, centrar la tabla encima la parte superior del marco. Fijarla en esta posición con 4 tornillos hexagonales de techo (de 1½" pero compruebe según la tabla.) Utilice el barreno inalámbrico con una broca de copa de 3/8".

La tabla tiene que quedar al ras con la superficie del marco del panel, pero es muy importante que los puntos de los tornillos no tocan la parte de abajo del panel. Esta parte es muy delicada y un rayón podría arruinar el panel. Primero compruebe que los tornillos son del tamaño adecuado para el panel (ya que el grosor del marco varía.) Es mejor hundir las cabezas de los tornillos en la tabla un poco con una broca gruesa, para que este bien sentada después.



## Manual de Instalación de Energía Solar Aislada Pequeña Tabla de soporte atornillado al panel



Se sienta el Panel en su posición según la inclinación querida. Luego se puede atornillar la tabla de soporte a la primera tabla. Utiliza tornillos suficientes largos para que suficiente rosca entre la primera tabla y asegura que haya buen contacto entre las dos superficies de madera.



Para aumentar la seguridad se puede utilizar alambre de amarrar entre los agujeros del marco del panel y los hierros del techo.

### 4. Instalación de Cable del Panel Solar

Para evitar una perforación en el techo, el cable se pasa a dentro de la casa por debajo del caballete de la lámina. La técnica más eficaz de meter el cable es de pasar una guía desde adentro y amarrar el cable a la punta.





## Manual de Instalación de Energía Solar Aislada Pequeña

Los empalmes del cable Solar tienen que estar protegidos de los elementos debajo de la madera.



### 4.1 Conexión del cable del Panel Solar



*Es mejor empalmar el cable solar antes de que el panel este anclado al techo de una vez. Selecciona el calibre de cable según la Guía Técnica de Quetsol: Selección de Cables en Instalaciones pequeñas de Energía Solar Aislada. Asegurarse que es suficiente largo para llegar al Regulador.*

Lo ideal es de hacer la conexión con terminales MC4, ya que los cables del panel vienen con estas terminales. Es la mejor manera de minimizar la posibilidad de ingreso de agua a las conexiones, y de minimizar caída de voltaje. Alternativamente terminales de prensado aportan una mejor resistencia mecánica y menos caída de voltaje que la unión sencilla de alambres (Apéndice A1.2.).



Después se lleva este cable al área designada para el regulador. Antes de la instalación del regulador se puede dejar el cable largo en esta zona.



*Una vez conectados al panel solar, los cables negativos y positivos nunca deben estar en contacto. Por eso, cuando se ha determinado la distancia al regulador, es aconsejable cortar un cable y luego el otro, en vez de los dos juntos.*

#### **Cortes separados en Cable de dos conductores con funda exterior (e.g. cable TSJ2).**

Se corta la funda exterior por todo su camino alrededor (sin rasgar los cables.)



Se tuerce la funda a los dos lados, halando para separar. Si falta corte donde todavía está unida.



Con los cables interiores expuestos (blanco y negro), corta cada uno y aísla las puntas con cinta





Muchas veces el cable pasa por la orilla de una lámina para entrar la casa. Es aconsejable proteger el área de contacto para prevenir daños con el filo de la lámina en el viento.

Cable protegido de la lámina con cinta aislante o una botella de plástico.



## **B. Acomodación de Batería, Regulador e Inversor.**

### **1. Seleccionar el sitio de la batería**

La ubicación de la batería debe minimizar la posibilidad de contacto con fuego, agua u otros daños. Así que tiene que estar abajo de un techo sin goteras y no en la cocina. No debe presentar una obstrucción a las actividades de la casa. Idealmente, se acomoda encima de una mesa ya que en suelo esta fácil de que la boten, y para reducir el cableado.

### **2. Montar el Regulador y el Inversor a la pared.**

El Regulador y el Inversor están atornillados en la pared encima de la batería. Es preferible que el Regulador y otros componentes, estén fuera del alcance de niños. Aunque también es el caso para el Inversor, antes de montarlo es importante mirar que los cables que trae van a alcanzar a la batería. Posiblemente habrá que instalar el Inversor boca abajo por eso.

- Montaje en Pared de Tablas: Se puede atornillar directamente a la tabla utilizando tornillos 'busca-rosca'.
- Montaje en Pared de Block. Es preferible montar una tabla pequeña primero.



La mejor fijación en pared de block sería con tarugos y tornillos:

- Agujerear la tabla, asegurando que los agujeros darán una posición nivelada.
- Marcar las posiciones de estos agujeros en la pared atrás, y barrenar la pared (con barrenador-martillo.) Los agujeros tienen que quedar justo a la medida del tarugo.
- Meter los tarugos, con martillo si hace falta.
- Atornillar la tabla, con tornillos suficientemente largos para travesar la tabla y penetrar todo el tarugo

Alternativamente, en Guatemala los blocks son suficiente suaves a veces para clavos, siempre asegurando que los clavos entren de todo. Tome en cuenta el espacio que ocupen el Regulador e Inversor.

- Montaje en Pared de Adobe. Tornillos 'busca-rosca' normalmente consiguen buena fijación en el adobe (así se puede montar Regulador e Inversor sin tabla.) Es importante empezar con el Regulador 'al ras' con la pared (en un parte de la pared que este al nivel.)

### 3. Preparar los cables entre la Batería y el Regulador.

Selecciona el calibre de cable según la Guía Técnica de Quetsol: [Selección de Cables en Instalaciones pequeñas de Energía Solar Aislada.](#)

Mide la distancia que hace falta para que el cable se vea bien alineado, tomando en cuenta los cambios de dirección. Preparar los extremos para conectar a la batería:

- Quite suficiente aislante exterior para que los alambres alcancen a los dos polos de la batería.
- Preparar los puntos con terminales hembras de prensado para conectar a la batería.
- Señalice la polaridad del cable a los puntos con cintas roja y negra.



## Manual de Instalación de Energía Solar Aislada Pequeña

Engrape el cable a la pared.

### 4. Preparar los cables del Inversor

Muchos inversores para energía solar aislada vienen junto con sus cables de conexión a la batería. Aquí se explica los pasos para conexión con terminales hembras de prensado. Compruebe durante la compra que las terminales son suficiente grandes para los puntos de conexión de la batería y el calibre del cable.

Quita las pinzas de cocodrilo de conexión a la batería. Presentan riesgo de conexión inversa.



Con el primer cable, medir y quitar el aislante para que el cable entre al fondo de la terminal. Enrolla los hilos del alambre para que queden juntos.



Al entrar el cable asegure que ningún hilo de cable esté saliendo del tubo metálico interior. Si el cable del Inversor es muy grueso, se puede quitar unos pocos hilos si hace falta. La punta debe pasar al fondo y no debe entrar la terminal con cable pelado.

Posicione la terminal a dentro de la herramienta de prensado. Posicionarla para prensar el tubo metálico interior (no solo el aislante exterior). Compruebe la fuerza de la unión con las manos.





## Manual de Instalación de Energía Solar Aislada Pequeña

Envuelva la orilla de la terminal y el cable con cinta aislante (negro negativo y rojo positivo.)

Repita todo el proceso con el otro cable. Engrape los cables a la pared en su camino al Inversor. Ya se puede conectar los otros extremos de los cables al Inversor (suele venir con terminales para eso.)



### 5. Conectar los cables a la Batería

Los cables del Inversor y Regulador ya están listos para colocar a las terminales enroscadas de la batería. Se coloca los cables positivos y negativos juntos.

**Conexión de cables Negativos y Positivos juntos a la Batería**



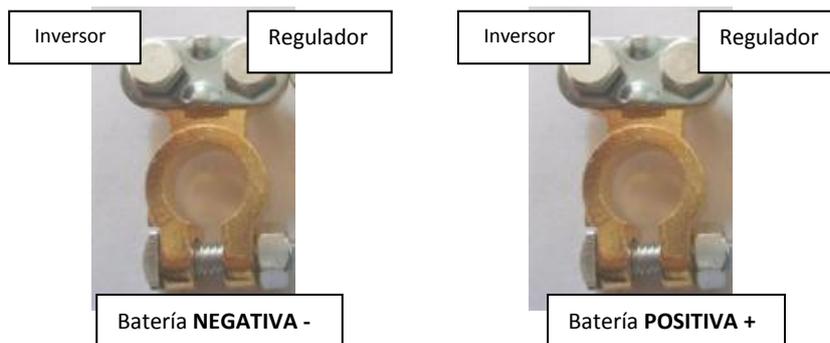
Aprieta completamente las tuercas de las terminales de la batería con una llave fija para asegurar buenas conexiones.



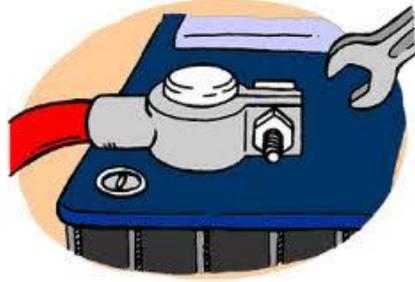
*Tener mucho cuidado con los puntos sueltos de los cables entre Regulador y Batería; ya llevan el voltaje de la batería. El cable negativo y positivo nunca debe entrar en contacto. Si no has conectado al Inversor todavía, también es el caso con los cables del inversor. Al apretar conexiones de la batería siempre mire que la herramienta metálica nunca toca el polo opuesto*

### 5.1 Bornes de conexión de la batería

La calidad de conexiones a la batería es importante para reducir caída de tensión y riesgo de sobre-calentamiento. Las terminales hembras de prensado se consideran preferibles, pero algunos instaladores utilizan estos bornes. En todo caso, para usar bornes es mejor preparar los cables con terminales hembras, en vez de conectar a los bornes con colochos de alambre.



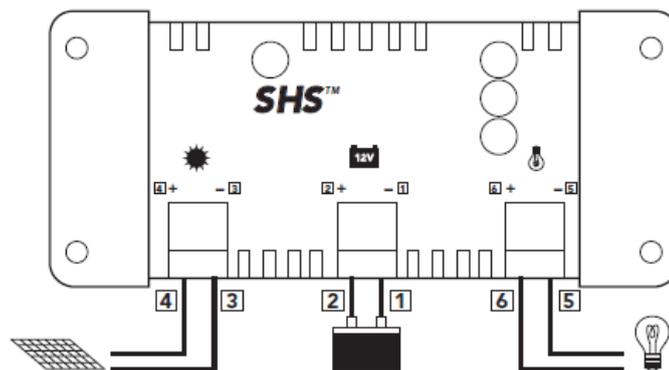
Primero se prepara el borne positivo con sus cables del Regulador e Inversor. Luego prepara el borne negativo de la misma forma. Para meter cada borne a la terminal gruesa de la batería se puede abrir con alicates y golpear con un martillo. Apretar las conexiones completamente con una llave fija o copa.



## 6. Conectar los cables de la Batería al Regulador

Siguiendo las indicaciones del Regulador que les denomina '1, 2'; las entradas desde la Batería deben estar conectados primero. Eso es para equilibrar el voltaje del sistema según el voltaje de la Batería. Cuando las conexiones de la batería están hechas los LEDs (verde, naranjada y rojo) se prenden uno tras otro, terminando con la iluminación constante del LED naranjada (para un Regulador *Morningstar SHS*.)

Orden de conexiones al Regulador (diagrama de Morningstar.)



Para conectar al Regulador:

- Utilizar un destornillador de tamaño adecuado.
- Primero abrir de todo los tornillos de las entradas del Regulador
- Asegurar que ningún hilo del cable queda fuera de las entradas
- Apretar completamente los tornillos.

## C. Circuito de Alumbrado (12Vdc).

### 1. Instalación de la Línea de Distribución DC Principal.

Una vez que el dueño ha aclarado la ubicación de sus cinco focos en la casa y afueras se instala el cable principal entre el Regulador y focos. Selecciona el calibre de cable según la Guía Técnica de Quetsol: [Selección de Cables en Instalaciones pequeñas de Energía Solar Aislada.](#)

### 2. Preparación de las Flaponeras.

Los Focos DC que Quetsol suministra tienen su punto de conexión positivo en el medio de la rosca, con el punto negativo en la parte del lado.



Positivo en medio



Negativo al lado

En consecuencia, la polaridad de la plafoneras tiene que ser:

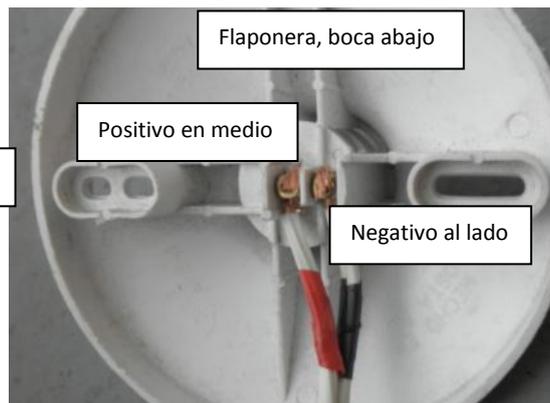
- Positivo - punto de conexión del medio
- Negativo - punto de conexión del lado



Plafonera, boca arriba

conexión negativa

conexión positiva



Flafonera, boca abajo

Positivo en medio

Negativo al lado

Para apagar la bombilla el interruptor desconecta la línea **positiva** del circuito. Entonces se tiene que preparar cada plafoneras con:

- Cable del interruptor - punto de conexión en el medio (se empalma el retorno del apagador al Positivo de la Línea Principal.)
- Cable de empalme al Negativo de la Línea Principal - punto de conexión del lado.

Los cables del interruptor y los que conectan una plafoneras con la línea principal tienen que conformar (de calibre) con la Guía Técnica de Quetsol: [Selección de Cables en Instalaciones pequeñas de Energía Solar Aislada.](#)

Evidentemente va a ser necesario verificar la distancia a la posición del interruptor primero para no conectar un alambre demasiado corto a la plafoneras. Es mejor tener los mínimos empalmes en todo el sistema. Cada empalme aumenta la carga total a la batería

### 3. Montar las plafoneras y empalmar con la línea negativa de distribución.

La plafonera tiene agujeros para atornillarla a una viga. Para fijar a un techo de bloque hay que utilizar tacos y tornillos. Asegurar que sus cables no van a rasgarse entre la orilla de la plafonera y la superficie de montaje; se hace un pequeño agujero con tenazas para acomodar el cable.

Para empalmar a la línea principal de distribución es preferible unir al alambre continuo sin cortarlo (en vez de empalmar los puntos.) Los pasos están explicados abajo

#### Como empalmar a un cable sin cortarlo (Cable paralelo de 2 conductores.)

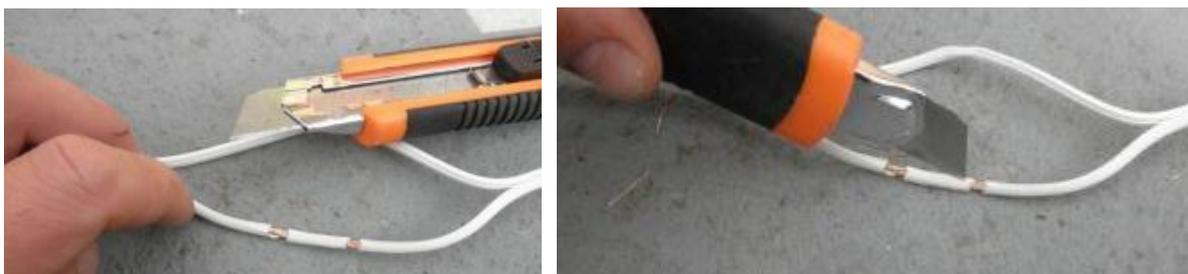
Se separa los dos alambres con dos tenazas sin dañar el aislante. Hay que separar suficiente para poder pasar la mano con la cinta aislante luego.



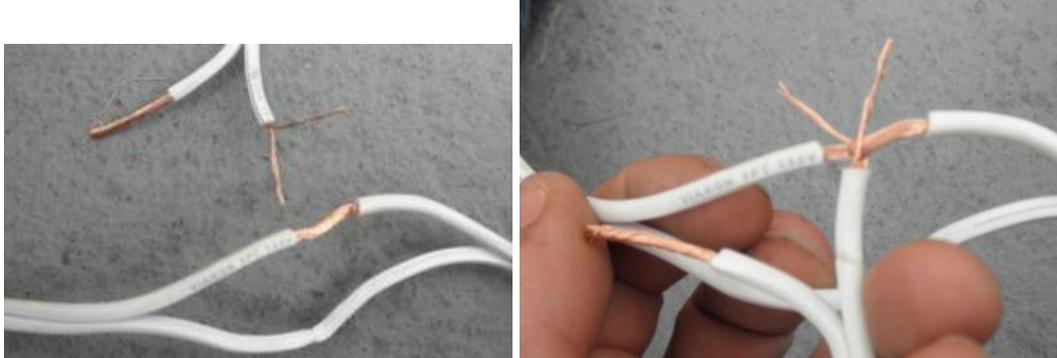
Cortar el aislante del alambre a todo su alrededor (sin dañar el alambre de cobre.)



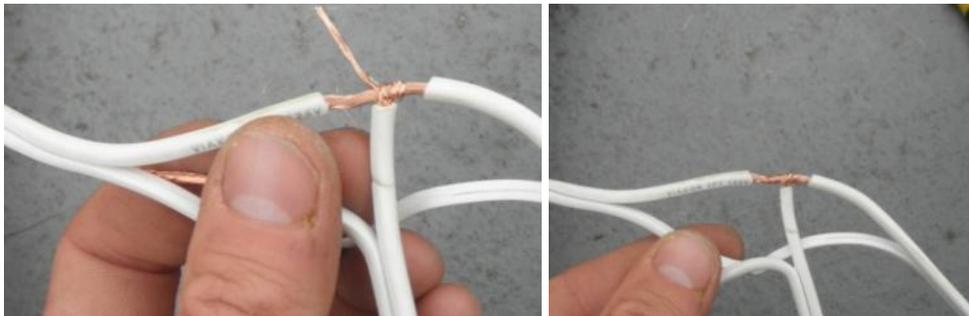
Repetir a 2cm de separación del primer corte. Quitar el aislante con un corte horizontal entre ambos cortes anulares.



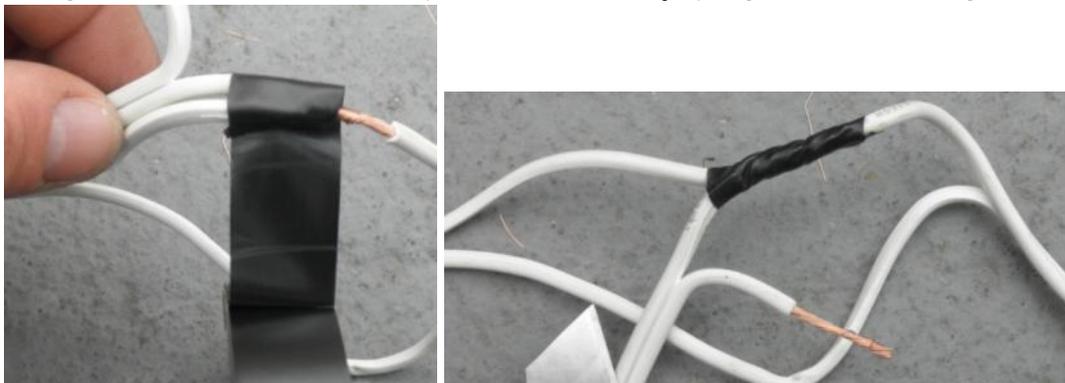
Quita 1" de aislante de la punta del cable para empalmar. Separa en dos, y enrollar los hilos de cada parte para que estén juntos. Posicione el primer cable entremedio de las dos partes.



Con la parte mirando arriba, enrolla alrededor del primer cable, hacia la derecha. Apretar fuerte. Volver a hacer con la otra parte hacia la izquierda.



Protege la unión con cinta aislante (positivo con cinta roja y negativa con cinta negra.)



Ya se puede enroscar cada bombilla en su plafoneras.

#### 4. Instalar los interruptores.

A veces se puede comprar dos distintos clases de interruptores. Los de las fotos abajo no están diseñados para atornillar a la pared. Por lo general se quedan instalados con su cable colgado al aire debajo de la plafoneras.



Los otros tienen agujeros en su caja para atornillar a la pared. Normalmente se instala a la entrada del cuarto y su cable va engrapado a la pared.

#### Conexión del interruptor



Aunque necesitan más cable, es preferible utilizar los interruptores que se montan a la pared, porque engrapar los cables mejora la resistencia mecánica. Se trata de evitar el riesgo de que halen el cable suelto algún día, con posibles daños a la instalación. Hay que consultar a los dueños de la casa sobre la posición de estos interruptores.

Primero hay que mirar que el cable alcance entre el interruptor, la línea principal y la plafoneras (con todas las vueltas del camino.) Es importante minimizar los empalmes eléctricos. Los tornillos de conexión adentro tienen que estar muy bien apretados, haciendo buen contacto con sus alambres. Los interruptores que no son de pared son más difíciles de cerrar una vez que se ha conectado el cable.



## D. Puesta en Marcha

### 1. Conectar los cables del Panel al Regulador

Al terminar de instalar los cables en su camino al Regulador se puede hacer la conexión. Debajo de la entrada demarcar el cable positivo con cinta aislante roja (según los pasos en B6).

A conectar el Panel a un Regulador Morningstar, el LED verde a la mano izquierda debe encender. Los LEDs de Estado de Carga deben cambiar de naranja a verde (enseñando que la batería está bien cargada.)

### 2. Conectar los cables del Alumbramiento DC al Regulador

Demarcar la polaridad de los cables debajo de la entrada.

Enroscar los focos en las plafoneras. Asegura que cada foco encienda.

### 3. Entrega al Cliente

Hay que asegurar que los habitantes de la casa entienden todos los aspectos del funcionamiento y mantenimiento del equipo. Se tiene que dejarlos con un Manual de Usuarios con esta información.

## Apéndice 1. Empalmes Eléctricos

### A1.1 Unión de hilos sencilla

Quita 1" de aislante de la punta de cada cable. Enrolla los hilos del primer cable para que estén juntos. Separa el segundo cable en dos partes, juntando bien los hilos de cada parte.



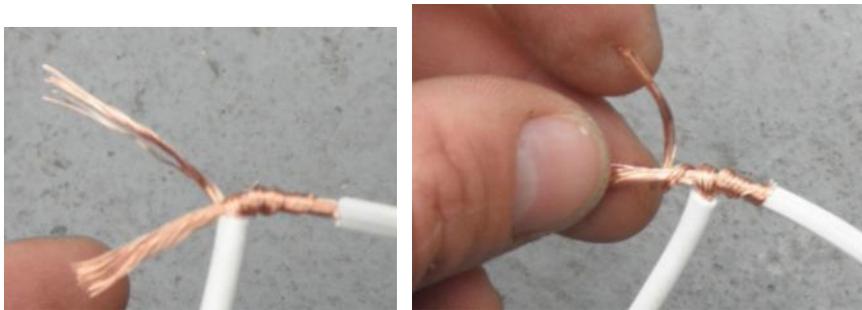


## Manual de Instalación de Energía Solar Aislada Pequeña

Posicione el primer cable entre las dos partes del otro. Enrollar una parte alrededor del primer cable hacia abajo. Aprieta fuerte.



Correr la unión hacia abajo. Enrollar la otra parte hacia la arriba.



Una vez que está hecha doblar la punta del empalme hacia abajo



Envolver con cinta aislante



### A1.2 Uniones de Prensado

Venden terminales de prensado en varias tiendas de Celasa, Guatemala

Medir y pelar el aislante necesario para entrar el cable al punto-medio de la terminal. Enrollar los hilos para que queden juntos. Volver a hacer con el otro cable.



Al entrar el cable asegura que ningún hilo está saliendo del tubo metálico interior. La punta debe quedar a la mitad (para que entre el otro), pero no debe entrar la terminal con cable pelado.



Meter el segundo cable en otro lado de la misma forma. Posicione la terminal a dentro la herramienta de prensado. Posicionarla para prensar el tubo metálico (no solo el aislante exterior), pero sin pasar a la mitad que es del otro cable.



Cierra la herramienta completamente. Al abrirlo la terminal y el cable están unidos. Para comprobar una buena unión, mire que no se puede quitar con las manos.



Prensar el lado del otro cable. Proteger el empalme con cinta aislante

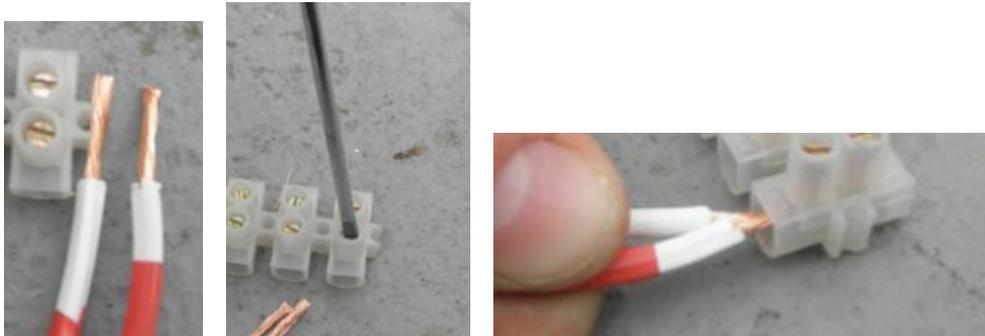
### A1.3 Empalmes con borneras

Venden regletas de borneras en varias tiendas de suministro eléctrico en Guatemala. Compruebe la calidad del producto, ya que algunas no aprietan bien con sus tornillos.

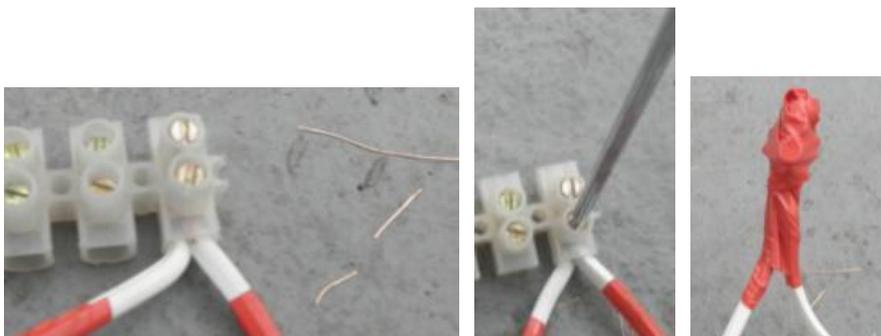
Si la terminal es suficientemente grande para que los dos alambres entren juntos eso es preferible.

#### *Los dos cables entrando al mismo lado*

1. Medir y pelar el aislante para que el cable entre cabal al fondo de la terminal. Enrollar los hilos para que queden juntos. Repetir con el otro cable.



2. Aflojar completamente los tornillos de la bornera. Juntar los cables. Al meterlos asegurar que ningún hilo está saliendo de la parte metálica interior de la bornera. Las puntas deben quedar al fondo, pero no deben entrar a la bornera con cable pelado.
3. Apretar completamente los dos tornillos. Comprobar la fuerza de la unión con las manos. Proteger el empalme con cinta aislante.



Si tus dos alambres estén demasiado gruesos para entrar juntos, empalmarlos uno a cada lado de la terminal.



## Manual de Instalación de Energía Solar Aislada Pequeña



### Apéndice 2. Inclinación Óptima de un Panel Solar en Guatemala

La inclinación óptima para generar ganancia solar máxima es una función de latitud, pero también del uso y rendimiento del sistema solar a lo largo del año. Un Panel Solar más inclinado recibirá más energía solar en meses de invierno; aunque el promedio de irradiación solar/ m<sup>2</sup>/día sería más alto si la inclinación fuera igual al ángulo de latitud. **Latitud en Guatemala es 14° (37' 15" N.)**

Un sistema solar del bombeo requeriría, por ejemplo, inclinación para la ganancia solar máxima durante el verano; para enfrentarse con demanda máxima de bombeo. **Inclinación Óptima para Verano = (ángulo de latitud - 20°) → 5°**

Para la demanda domestica durante todo el año un sistema de energía solar aislada debe estar instalado para la máxima irradiación solar durante invierno; es la época cuando es más difícil de mantener la batería cargada. En Ecuador y zonas tropicales, con una irradiación constante durante el año, se puede emparejar la inclinación a la latitud. Sin embargo en Guatemala, una zona templada con menos irradiación durante invierno, **la inclinación optima = (ángulo de latitud + 20°) → 35°.**

**Inclinación Óptima para la máxima generación total durante del año es igual del ángulo de latitud → 15 °.** Por ejemplo para una instalación conectado a la red eléctrica.

### Apéndice 3. Instalaciones con más de una batería



Instalaciones pequeñas de un solo panel normalmente necesitan una sola batería. Sin embargo, para instalaciones entre 100-235W es posible que se tendrá que conectar dos baterías para obtener el voltaje y capacidad (Ah) deseado. A veces una sola batería al voltaje y capacidad necesarios saldrá más cara que incluir dos baterías menos potentes. El voltaje de un grupo de baterías = (numero de baterías conectados en serie) x voltaje una batería. La capacidad de un



## Manual de Instalación de Energía Solar Aislada Pequeña

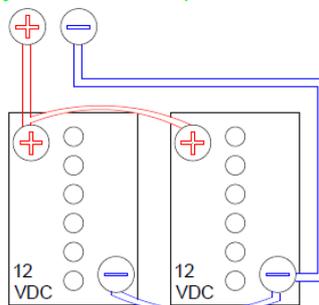
grupo = (numero de baterías conectados en paralelo) x capacidad de una batería. Nunca mezclar diferentes tipos.

Esta tabla recomienda la configuración de baterías para diferentes Paneles Solares entre 100W y 235W. Sin un perfil de consumo eléctrico, la capacidad óptima está basado en generación diaria del Panel en Guatemala (contando 4.5 Horas Picos Solares); con 2 días de autonomía y 50% profundidad de descarga. La Capacidad de la Baterías seleccionadas es un poco menor a la optima para minimizar costos. Hay dos posibilidades para el Panel de 100W. La opción de dos baterías de 90Ah es para dar un ejemplo de configuración en paralelo.

Panel Solar	Capacidad de batería óptima estimada	Baterías seleccionada	Capacidad y Voltaje total
100W, 12V	188Ah	(Surette Rolls 27 HT 90 [12V, 90Ah] x 2 en paralelo) • (1 x Trojan T175 [12V, 150Ah])	(180Ah, 12V) • (150Ah, 12V)
150W, 12V	280Ah	Trojan T145 [6V, 260Ah] x 2 en serie	260Ah, 12V
150W, 24V	140Ah	Trojan SCS225 [12V, 130Ah] x 2 en serie	130Ah, 24V
180W, 24V	170Ah	Trojan T1275[12V, 150Ah] x 2 en serie	150Ah, 24V
235W, 30V	225Ah	Victor 12V, 200Ah x 2 en serie	200Ah, 24V

### Conexión de Baterías en Paralelo

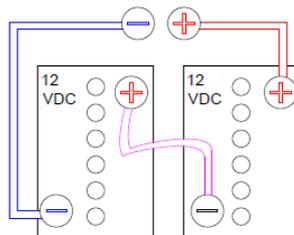
*Voltaje constante. Capacidad aumenta*



Ejemplo: 2 x Surette Rolls 27 HT 901(12V, 90Ah.)  
Para 1 panel de 100W, 12V  
Capacidad y Voltaje total:180Ah, Voltaje 12V

### Conexión de Baterías en Serie

*Aumenta Voltaje. Capacidad constante*



Ejemplo: 2 x Victor 12V 200Ah. Para 1 panel  
de 235W, 30V. Capacidad y Voltaje total:  
200Ah, Voltaje 24V



**Principales para instalación adecuada y segura de baterías.**

- Utiliza cable grueso para conexiones entre baterías (calibre #02 AWG.)
- Las terminales de estas conexiones deben ser muy bien hechas. No se debe ver cable pelado.
- Apretar las tuercas de los conectores según el torque recomendado por el fabricante.
- El cable negativo y positivo principal de la batería deben ser igual de longitud y debe estar conectados a lados opuestos del banco de baterías. Eso es para crear una longitud de trayectoria igual para el flujo de electrones.
- Dibuje un diagrama de las baterías antes de conectarlas.
- Nunca mezcle baterías nuevas y viejas.
- Nunca mezcle baterías de diferentes tipos.
- Nunca compruebe la corriente entre las terminales.
- Use la medida de fusible adecuada si hace falta. Debe estar colocado en el alambre positivo de salida.
- Quitase joyas antes de comenzar el trabajo.
- Use las herramientas adecuadas. Es preferible solo con herramientas aisladas.
- Desconecte cualquier cargador o carga antes del trabajo.
- Utilice protección de ojos y lava los manos inmediatamente después del trabajo.

**Referencia**

Fotovoltaica: Manual de Diseño y Instalación. Solar Energy International, 2007