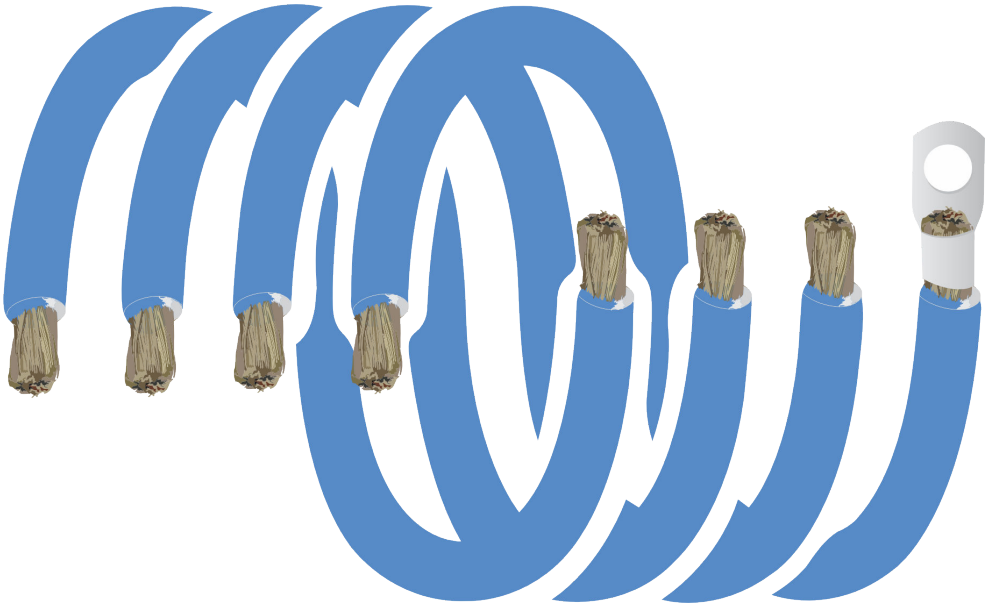
ESPAÑOL



# Cableado sin límites

Margreet Leeftink

rev 04 - 08/2026

# Tabla de contenidos

**1. Introducción ..... 1**

1.1. Advertencias de seguridad ..... 1
1.2. Exención de responsabilidad ..... 1
1.3. Glosario ..... 1

**2. Teoría ..... 2**

2.1. Ley de Ohm ..... 2
2.2. Potencia ..... 3
2.3. Conductividad y resistencia ..... 4
2.4. Aislamiento eléctrico ..... 6
2.5. Resistencia de las conexiones ..... 6
2.6. Torsión ..... 7
2.7. Corriente, resistencia del cable y caída de tensión ..... 8
2.8. Efectos negativos de la caída de tensión del cable ..... 11
2.9. Tensión de ondulación ..... 13

**3. Cableado de la bancada de baterías ..... 16**

3.1. Bancada de baterías ..... 16
3.2. Bancadas de baterías grandes ..... 17
3.3. Cableado de bancadas de baterías en paralelo ..... 18
3.4. Equilibrado de una bancada de baterías de plomo-ácido ..... 19
3.5. Punto medio de una bancada de baterías ..... 20

**4. Cableado CC ..... 22**

4.1. Selección de cables ..... 22
4.2. Embarrados ..... 25
4.3. Conexiones de cables ..... 27
4.4. Terminales de crimpado ..... 31
4.5. Recorridos de cables ..... 32
4.6. Fusibles CC y disyuntores de circuito ..... 33
4.6.1. Potencia de interrupción de interrupción y selección de fusible para sistemas de litio ..... 37
4.7. Interruptores de aislamiento CC ..... 38
4.8. Shunt ..... 39
4.9. Cableado CC de un sistema paralelo y/o trifásico ..... 40
4.10. Embarrados de sistemas grandes ..... 41
4.11. Detección y compensación de tensión ..... 42
4.12. Solar ..... 44

**5. Cableado de comunicación ..... 48**

5.1. Señales de datos ..... 48
5.2. Interferencia ..... 48
5.3. Tipos de cables de comunicación ..... 49
5.4. Interfaces ..... 51

**6. Cableado CA ..... 53**

6.1. Generación de electricidad ..... 53
6.2. Redes de distribución ..... 53
6.3. Corriente del sistema, voltiamperios (VA) y vatios (W) ..... 54
6.4. Cableado CA ..... 56
6.5. Fusibles y disyuntores CA ..... 57
6.6. Interruptor bypass CA ..... 58
6.7. Consideraciones especiales sobre el cableado CA de sistemas de inversor/cargador en paralelo ..... 59
6.8. Rotación de fase en sistemas de inversor/cargador trifásicos ..... 60

**7. Conexión a tierra, tierra y seguridad eléctrica ..... 61**

7.1. Seguridad eléctrica ..... 61
7.2. Cableado de la puesta a tierra ..... 62
7.3. ID, RCD, RCCB o GFCI ..... 62
7.4. Enlace neutro a tierra en inversores e inversores/cargadores ..... 64
7.5. Instalaciones móviles ..... 65
7.6. Aislamiento y puesta a tierra de equipos de Victron ..... 67

7.7. Puesta a tierra del sistema ..... 68

**8. Corrosión galvánica ..... 70**

8.1. Prevención de la corrosión galvánica ..... 70
8.2. El aislamiento galvánico ..... 71
8.3. El transformador de aislamiento ..... 71

**9. Reconocimientos ..... 72**

# 1. Introducción

Bienvenido a “Cableado sin límites”, un libro sobre el cableado eléctrico de sistemas con baterías, inversores, cargadores e inversores/cargadores.

Con este libro pretendemos explicar los fundamentos básicos del cableado de los sistemas eléctricos. Mostraremos la importancia de “hacerlo bien” y hablaremos de los problemas que pueden aparecer cuando un sistema tiene un cableado inadecuado. También ayuda a los instaladores eléctricos y a los usuarios a resolver los problemas derivados de un cableado incorrecto, de modo que se puedan obtener las conclusiones apropiadas para los sistemas eléctricos afectados.

Los problemas de cableado son a menudo la causa de problemas en el sistema o de que su rendimiento sea insuficiente.

Para el funcionamiento sin problemas de cualquier sistema eléctrico, en particular, de aquellos que contienen un inversor/cargador y baterías, que son dispositivos con “corriente alta”, es fundamental que el cableado del sistema se haga correctamente.

Este libro le ayudará a “hacerlo bien”.

## 1.1. Advertencias de seguridad

La electricidad puede ser peligrosa. Puede ocasionar tanto daños personales como materiales.

Solo se necesita que una cantidad sorprendentemente pequeña de corriente pase por el corazón humano para pararlo. Debido a la resistencia natural de la piel y los tejidos humanos, esto significa que se necesita una tensión elevada para generar esta corriente capaz de parar el corazón, pero han fallecido personas por corrientes de tan solo 42 voltios.

Tanto la CC como la CA pueden producir estos sucesos fatales. Por lo tanto, los trabajos eléctricos los debe realizar siempre un electricista o un técnico cualificado y es necesario respetar las orientaciones y requisitos de seguridad locales.

**IMPORTANTE:**

- Las tensiones de CA y CC superiores a ciertos niveles son peligrosas y nocivas.
- Utilice siempre herramientas aisladas cuando esté trabajando con electricidad y baterías.
- No cortocircuite las baterías. Esto puede causar un incendio o una explosión.
- El proceso de carga de las baterías puede generar gases explosivos.
- Un cable de tamaño inadecuado o un mal contacto eléctrico pueden provocar un incendio.
- Consulte siempre las advertencias de seguridad recogidas en los correspondientes manuales de producto.

## 1.2. Exención de responsabilidad

El único objetivo del presente documento es facilitar la comprensión de los principios básicos en los que se fundamentan ciertos conceptos eléctricos. Se pretende que se use a modo de orientación solamente.

La normativa relativa al cableado eléctrico pueden cambiar según el lugar del mundo en el que se encuentre. La normativa local sobre electricidad puede no coincidir con los consejos de cableado proporcionados en este documento.

Usted tiene la responsabilidad de obtener asesoramiento profesional e instrucciones de las autoridades locales o de electricistas homologados antes de acometer cualquier trabajo eléctrico.

## 1.3. Glosario

Este libro emplea el sistema métrico y todas la unidades y símbolos se corresponden con las del Sistema Internacional de Unidades (SI). Para más información sobre el Sistema Internacional, véase este enlace: https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_Internacional_de_Unidades

# 2. Teoría

Podrá aprovechar mejor este libro si conoce la teoría eléctrica básica. Esto le ayudará a entender los factores que determinan el grosor de los cables y los valores nominales de los fusibles. Quizá ya esté familiarizado con estos conceptos básicos y pueda saltarse este capítulo, pero le recomendamos encarecidamente que lo lea.

## 2.1. Ley de Ohm

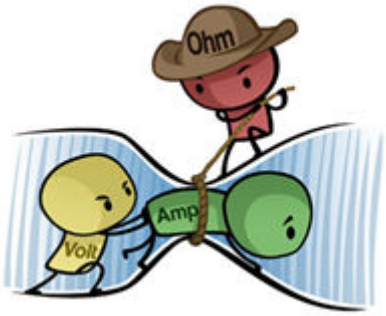
La ley de Ohm es la más importante de un circuito eléctrico. Es la base de casi todos los cálculos eléctricos. Permite calcular la corriente que atraviesa un cable (o un fusible) a diferentes tensiones. Es fundamental saber cuánta corriente circula por un cable para poder elegir el cable correcto para cada sistema. En primer lugar, se necesitan ciertos conocimientos básicos sobre la electricidad.

**¿Qué es la electricidad?**

La electricidad es el movimiento de electrones en un material, llamado conductor. Este movimiento genera una corriente eléctrica. Esta corriente se mide en “amperios” y su símbolo es la letra A.

La fuerza necesaria para que los electrones fluyan se llama tensión (o potencial). Se mide en “voltios” y su símbolo en la letra V (en Europa también se denomina U).

Cuando la corriente eléctrica pasa a través de un material encuentra cierta resistencia. Esta resistencia se mide en ohmios, que se representan con la letra griega Ω.




**Relación entre tensión, corriente y resistencia:**

- Cuando la resistencia es baja, se mueven muchos electrones y la corriente es alta.
- Cuando la resistencia es más alta, se mueven menos electrones y la corriente es más baja.
- Cuando la resistencia es muy alta, no se mueve ningún electrón y la corriente se detiene.

**Ley de Ohm**:

Se puede decir que la resistencia de un conductor determina la cantidad de corriente que atraviesa un material a una tensión concreta. Esto puede expresarse con una fórmula conocida como la Ley de Ohm:

**Current (A) = Voltage (V) / Resistance (Ω)**

**I = V/R**

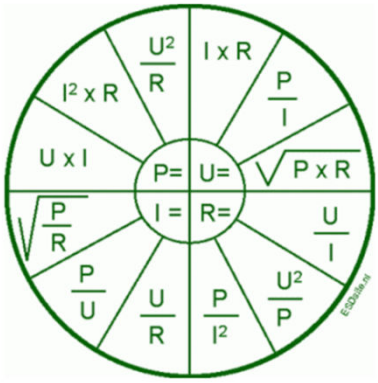
## 2.2. Potencia

La Ley de Ohm describe la relación entre resistencia, corriente y tensión. Pero hay otra unidad eléctrica que puede obtenerse a partir de la ley de Ohm: la potencia.

La potencia expresa la cantidad de trabajo que una corriente eléctrica puede realizar. Se mide en vatios y su símbolo es P. Se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$P = I \times V$$

También pueden obtenerse otras fórmulas a partir de la ley de Ohm. Todas las fórmulas posibles figuran en la imagen siguiente. Recuerde que a nivel mundial se usan dos símbolos para representar la tensión. U o V.




Algunas de estas fórmulas son muy útiles para calcular la corriente de un cable. La siguiente fórmula se usa con frecuencia:

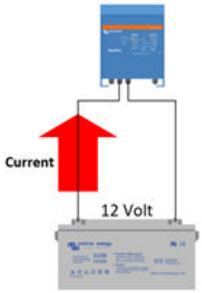
$$I = P/V$$

Con ella se puede calcular cuánta corriente pasa por un cable si se conocen la tensión y la potencia.

**Ejemplo de aplicación:**

Pregunta:

- Si se tiene un batería de 12 V conectada a una carga de 2400 W. ¿Qué intensidad de corriente pasa por el cable?



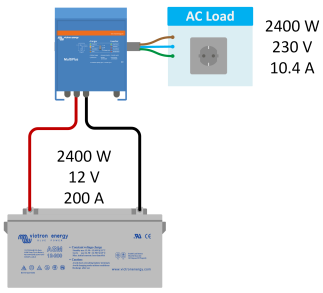

Respuesta:

- V = 12 V
- P = 2400 W
- I = P/V = 2400/12 = 200 A

**Las ventajas de usar potencia en vez de corriente en los cálculos:**

Una gran ventaja de usar la potencia en los cálculos o en las mediciones es que la potencia es independiente de la tensión. Esto es útil en sistemas con diferentes tensiones. Por ejemplo, en un sistema con una batería CC, potencia CA y tal vez un panel solar con una tensión CC distinta de la de la batería.

La potencia sigue siendo la misma a las diferentes tensiones. Por ejemplo, si hace funcionar una carga CA de 2400 W a través de un inversor a partir de una batería de 12 V, también tomará 2400 W de la batería (ignorando las ineficiencias del inversor).

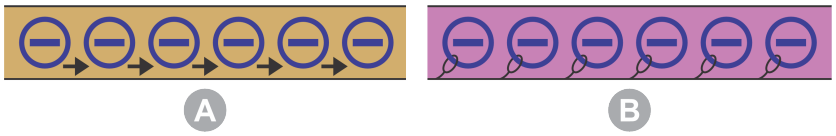


## 2.3. Conductividad y resistencia

Algunos materiales conducen la electricidad mejor que otros. Los materiales con baja resistencia conducen bien la electricidad, y los que tienen una resistencia elevada no la conducen o lo hacen de forma deficiente.

Los metales tienen baja resistencia, por lo que conducen bien la electricidad. Estos materiales se denominan conductores. Por esta razón se usan como núcleo de los cables eléctricos.

El plástico y la cerámica presentan una resistencia muy alta, no conducen la electricidad en absoluto. Se les llama aislantes. Por esto es por lo que se usan materiales no conductores, como plástico o goma, en el exterior de los cables. El contacto con el cable no provoca una descarga eléctrica porque la electricidad no puede trasladarse a través de estos materiales. Los aislantes también se usan para evitar cortocircuitos si dos cables llegaran a tocarse.




*A: En un conductor, los electrones se pueden mover.*

*B: En un aislante, los electrones no se pueden mover o lo hacen muy despacio.*

Cada material tiene su propia resistencia específica. Se mide en ohmios-metro y se representa con la letra griega ρ (rho).

La conductividad de un material es inversamente proporcional a su resistencia. Se representa con su fórmula: σ = 1/ρ. Se mide en Siemens por metro (S/m) y su símbolo es σ (sigma).

La siguiente tabla muestra distintos materiales conductores, su conductividad eléctrica y su resistencia específica. Se puede ver que el cobre conduce la electricidad bien y tiene baja resistencia. Se puede ver que el cobre es un conductor excelente con baja resistencia, por lo que se usa habitualmente en cables eléctricos. Por el contrario, el titanio tiene poca conductividad eléctrica y una mayor resistencia específica, lo que hace que sea menos adecuado como conductor eléctrico.

| Material | Conductividad eléctrica (10.E6 Siemens/m) | Resistividad eléctrica (10.E-8 Ohm.m) |
|---|---|---|
| Plata | 62.1 | 1.6 |
| Cobre | 58.5 | 1.7 |
| Oro | 44.2 | 2.3 |
| Aluminio | 36.9 | 2.7 |
| Molibdeno | 18.7 | 5.3 |
| Zinc | 16.6 | 6.0 |
| Litio | 10.8 | 9.3 |
| Latón | 15.9 | 6.3 |
| Níquel | 14.3 | 7.0 |
| Hierro | 10.1 | 9.9 |
| Paladio | 9.5 | 10.5 |
| Platino | 9.3 | 10.8 |
| Tungsteno | 8.9 | 11.2 |
| Estaño | 8.7 | 11.5 |
| Bronce | 7.4 | 13.5 |
| Acero al carbono | 5.9 | 16.9 |
| Plomo | 4.7 | 21.3 |
| Titanio | 2.4 | 41.7 |

Hay otros dos factores que determinan la resistencia del cable. Se trata de la longitud y el grosor del conductor (el cable):

**Estos factores se relacionan del siguiente modo:**

- Un cable fino tiene más resistencia que un cable grueso de la misma longitud.
- Un cable largo tiene más resistencia que un cable corto del mismo grosor.

**La resistencia de una determinada longitud de cable puede calcularse con la siguiente fórmula:**

$$\text{Resistance} = \text{Rho} \times \textit{length}/\textit{Area}$$

$$R = \rho \times l/A$$

**Al igual que en la fórmula anterior, hay tres factores que determinan la resistencia del cable. A saber:**

- La resistividad eléctrica del material usado.
- La longitud del cable, una cable más largo presenta una mayor resistencia.
- El diámetro del cable, una cable más fino presenta una mayor resistencia.

**Es importante conocer la resistencia de un cable porque cuando una corriente pasa por él, su resistencia causa dos efectos:**

- Caída de tensión (pérdida) a lo largo del cable.
- Calentamiento del cable.

Si la corriente aumenta, estos efectos se agravan. Una corriente mayor aumentará la caída de tensión y el cable se calentará más.

**Ejemplo de cálculo de la resistencia de un cable:**

Pregunta:

- ¿Cuál es la resistencia de una cable de 1,5 m y 16 mm²?

Siendo:

- ρ cobre = 1,7 x $10^{-8}$Ω·m
- l = 1,5 m
- A = 16 $mm^2$ = 16 x $10^{-6}$ $m^2$

Respuesta:

- R = ρ x l/A
- R = 1,7 x $10^{-8}$ x 1,5/(16 x $10^{-6}$)
- R= 1,7 x $10^{-2}$ x 1,5/16
- R = 0,16 x $10^{-2}$ = 1,6 x $10^{-3}$
- R = 1,6 mΩ

**Efecto de la longitud del cable:**

Usemos el ejemplo anterior para calcular la resistencia de un cable de 5 metros. El resultado es que la resistencia es de 5,3 mΩ. Al usar un cable más largo, la resistencia aumenta.

**Efecto del grosor del cable:**

Usemos el ejemplo anterior para calcular la resistencia de un cable de 2,5 mm² de sección. El resultado es que la resistencia es de 10,2 mΩ. Al usar un cable más fino, la resistencia aumenta.

**Conclusión:**

Tanto el grosor como la longitud del cable tienen un efecto considerable en la resistencia del cable.

## 2.4. Aislamiento eléctrico

Los aislantes eléctricos se usan para evitar el flujo de corriente eléctrica desde una parte de un circuito eléctrico a otra y para proteger a las personas y a los equipos de las descargas eléctricas.

Como muestra la tabla del capítulo anterior, los materiales que no conducen bien la electricidad se denominan aislantes.

Algunos ejemplos de aislantes eléctricos son la goma, el plástico, el cristal, la cerámica y el aire. Estos materiales se usan en distintas aplicaciones eléctricas, como aislamiento para cables y equipos eléctricos y como recubrimiento de componentes eléctricos.

Los aislantes eléctricos son fundamentales para garantizar el funcionamiento seguro y eficiente de los sistemas eléctricos y evitar los riesgos de la electricidad.

Como regla general, cuanto mayor sea la tensión, más grueso o mejor debe ser el aislante. Por esto es por lo que, por ejemplo, los cables que entran y salen de un conjunto solar de alta tensión son especiales.

Los cables y las herramientas eléctricas con aislamiento tienen una tensión máxima nominal específica. Asegúrese de que esta tensión nominal es adecuada para su aplicación.

## 2.5. Resistencia de las conexiones

La resistencia de una instalación eléctrica no viene solo determinada por la resistencia del cable, la resistencia de las conexiones eléctricas también contribuye a la resistencia total.

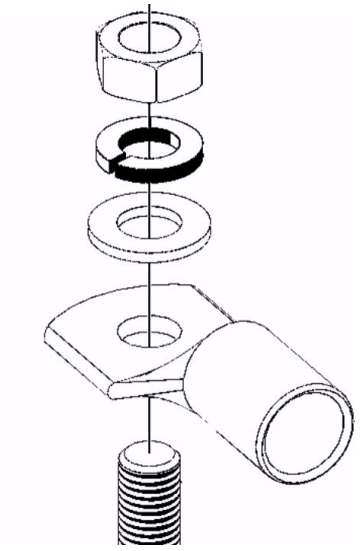
**Creación de la resistencia de la conexión:**

Siempre que se hace una conexión entre un cable y un aparato o entre un cable y un conector aumenta la resistencia del circuito. El grado de resistencia depende de la calidad de la conexión y del tamaño de la zona de conexión.

- Una conexión apretada tendrá menos resistencia que una suelta.
- Una zona de conexión amplia tendrá menos resistencia que una pequeña.

**Cómo limitar la resistencia de la conexión:**

- Haga conexiones apretadas y seguras. Asegúrese de que los conectores están bien apretados sin exceder la torsión máxima. Para más información, véase el capítulo Torsión [7].
- Añada siempre una arandela y una arandela elástica en el orden correcto en las conexiones de tuerca o perno, como se indica en la imagen de la derecha.
- Crimpe correctamente los terminales del cable al cable. Use una herramienta de crimpado adecuada y un terminal de cable correctamente dimensionado. Para más información, véase el capítulo Terminales de crimpado [31]:



**Tenga en cuenta que la resistencia también generará calor:**

Una conexión inadecuada con una alta resistencia generará demasiado calor. La relación entre potencia, corriente y resistencia se expresa con la fórmula $P = I^2R$. En CC de extra baja tensión, incluso una pequeña cantidad de resistencia puede ocasionar temperaturas peligrosas que dañen el equipo y los cables y lleguen hasta a causar un incendio en casos graves.

## 2.6. Torsión

Como se describe en el capítulo anterior, es importante hacer conexiones eléctricas bien apretadas, ya que las conexiones sueltas crearán resistencia y calor y posiblemente corrosión debido a un arco eléctrico. No obstante, tenga cuidado de no apretar demasiado estas conexiones, ya que se puede dañar la sujeción del conector.

Las sujeciones, los tornillos y los pernos de las conexiones eléctricas están fabricadas a menudo con latón estañado. Con frecuencia se asume erróneamente que estas sujeciones están hechas de acero inoxidable y se aprietan demasiado y terminan por dañarse.

Utilice siempre una llave dinamométrica (o un destornillador dinamométrico) que le permita saber si está apretando el perno o el tornillo correctamente.

Tenga en cuenta que nuestros productos tienen pernos de conexión métricos. Las roscas usadas habitualmente son M4, M5, M6, M8 y M10. Los valores de torsión recomendados en nuestra documentación están expresados en N.m (Newton.metro).




*Destornillador dinamométrico aislado.*



*Llave dinamométrica aislada.*

**Cómo usar correctamente una llave dinamométrica**

Para usar una llave dinamométrica siga los siguientes pasos:

1. Elija el ajuste de torsión correcto según el manual. La llave dinamométrica debe tener una escala o dial que pueda ajustarse en el valor de torsión deseado.
2. Coloque la llave dinamométrica en la sujeción (tuerca, perno o tornillo).
3. Use la llave dinamométrica para aplicar fuerza a la sujeción, girándola hasta alcanzar el valor de torsión deseado.
4. Normalmente la llave dinamométrica hará click o dará alguna señal para indicar que se ha alcanzado el ajuste de torsión deseado. Compruebe el valor de torsión con un dispositivo para medir la torsión, si lo tiene.

Tenga en cuenta que cuando use una llave dinamométrica es importante seguir las instrucciones y orientaciones del fabricante para garantizar la precisión y no dañar la herramienta o el equipo en el que se esté trabajando.

La torsión máxima para pernos de latón puede variar en función de factores como el tipo de latón, el tamaño y la longitud del perno y el uso previsto. La torsión máxima para los pernos de latón suele ser menor que la de los pernos de acero del mismo tamaño.

Normalmente el manual del producto indicará el máximo momento de torsión para las conexiones eléctricas. Pero si faltase esta información, puede usar la tabla siguiente para tuercas, pernos y tornillos de latón.

**Máximos valores de torsión para sujeciones de latón (H62):**

| Rosca | Torsión máxima en N.m | Equivalente en lbf.ft | Equivalente en lbf.in |
|---|---|---|---|
| M2.5 | 0.6 | 0.4 | 5 |
| M3 | 1 | 0.7 | 49 |
| M4 | 2.9 | 2.1 | 26 |
| M5 | 5 | 3.7 | 44 |
| M6 | 6 | 4.4 | 53 |
| M8 | 12 | 8.9 | 106 |
| M10 | 24 | 17 | 212 |
| M12 | 40 | 30 | 354 |

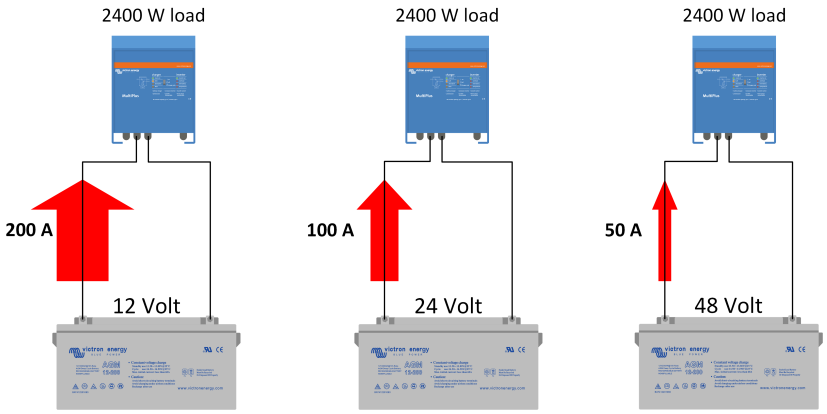
Tenga en cuenta que estas son estimaciones aproximadas que pueden variar según la aplicación concreta, de modo que es importante consultar el manual del producto o las orientaciones técnicas para determinar el valor de torsión correcto. Una torsión excesiva del perno puede dañarlo o hacer que el propia perno o los componentes que se están fijando fallen.

## 2.7. Corriente, resistencia del cable y caída de tensión

**Una tensión baja resulta en una corriente elevada:**

Como ya se ha explicado, la corriente que pasa por un circuito eléctrico para una carga fija es diferente para distintas tensiones del circuito. Cuanto mayor sea la tensión, menor será la corriente.

A continuación se muestra un resumen de la cantidad de corriente que pasa por tres circuitos diferentes en los que la carga es la misma, pero la tensión de la batería es diferente:



**La resistencia del cable genera una caída de tensión a lo largo del mismo:**

Además, como ya hemos visto, un cable tiene una resistencia determinada. El cable forma parte del circuito eléctrico y puede considerarse como una resistencia.

Cuando la corriente pasa por una resistencia, esta se calienta. Lo mismo sucede en un cable: cuando la corriente pasa por el cable, este se calienta y se pierde energía en forma de calor. Estas pérdidas reciben el nombre de pérdidas del cable. La potencia perdida se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$\text{Power} = \text{Resistance} \times \text{Current}^2$$

$$P = R \times I^2$$

Otra consecuencia de las pérdidas del cable es que se generará una caída de tensión a lo largo del cable. La caída de tensión se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$\text{Voltage} = \text{Resistance} \times \text{Current}$$

$$V = R \times I$$

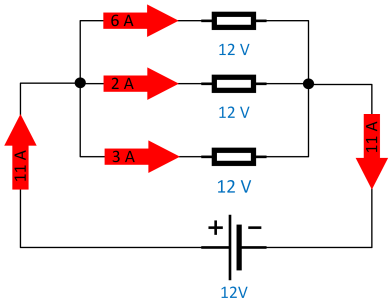
**Las leyes 1ª y 2ª de Kirchhoff:**

Para poder calcular el efecto de una caída de la tensión del cable, será necesario conocer otras dos leyes eléctricas: las leyes 1ª y 2ª de Kirchhoff:

**Ley de la corriente de Kirchhoff (1ª ley):**

**La corriente que llega a un nudo debe ser igual a la corriente que sale de él.**

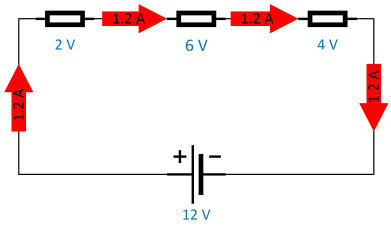
Un ejemplo de esto es un circuito en paralelo. La tensión de cada resistencia es la misma mientras que la suma de las corrientes que atraviesan cada resistencia es igual a la corriente global.




**Ley de la tensión de Kirchhoff (2ª ley):**

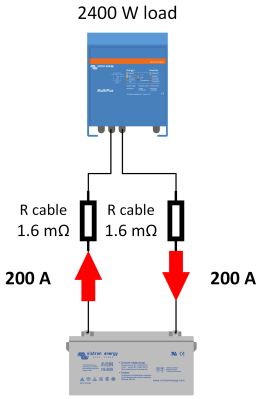
**La suma de todas las tensiones de una malla cerrada de un circuito debe ser igual a cero.**

Aquí ocurre justo lo contrario. En un circuito en serie, la corriente que atraviesa cada resistencia es la misma, mientras que la suma de las tensiones de cada resistencia es igual a la tensión global.




**Ejemplo de cálculo de la caída de tensión:**

Ahora vamos a usar en ejemplo práctico en el que un inversor está conectado a una batería de 12 V para calcular las pérdidas del cable. En el circuito de la derecha, tenemos un inversor de 2400 W conectado a una batería de 12 V con dos cables de 1,5 m de longitud y 16 $mm^2$ de sección.



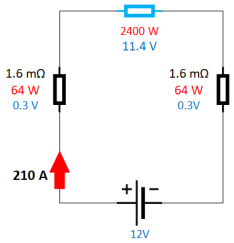

Como habíamos calculado antes, cada cable tiene una resistencia de 1,6 mΩ. Con este dato, podemos calcular la caída de tensión a lo largo de un cable:

- Una carga de 2400 W a 12 V crea una corriente de 200 A.
- La caída de tensión de un cable es: V = I x R = 200 x 0,0016 = 0,32 V.
- Puesto que hay dos cables: el positivo y el negativo, la pérdida total de tensión en el sistema es de 0,64 V.
- Debido a la caída de tensión de 0,64 V, el inversor ya no recibe 12 V, sino 12 - 0,64 = 11,36 V.

La potencia del inversor es constante en este circuito. De modo que cuando cae la tensión en el inversor, la corriente aumenta. Recordemos que I = P/V.

Ahora la batería suministrará más corriente para compensar las pérdidas. Esto significa, en el ejemplo anterior, que la corriente aumentará hasta 210 A.

Esto hace que el sistema sea ineficiente porque se ha perdido el 5 % (0,64/12) de la energía total. Esta energía perdida se ha transformado en calor.



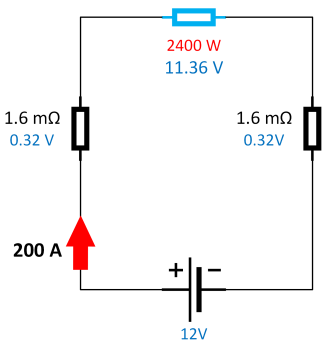

**Cómo reducir la caída de tensión:**

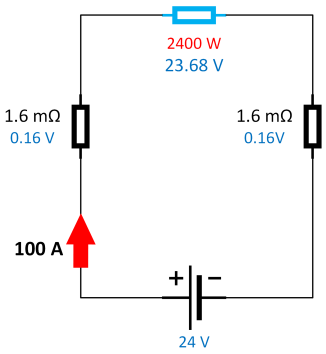
Es importante mantener la caída de tensión lo más baja posible. La forma obvia de reducirla es aumentar el grosor del cable o acortarlo tanto como sea posible. Pero hay otra cosa que se puede hacer: aumentar la tensión del circuito eléctrico. La caída de tensión del cable varía según la tensión de la batería (sistema). En general, cuanto mayor sea la tensión del circuito, menor será la caída de tensión.

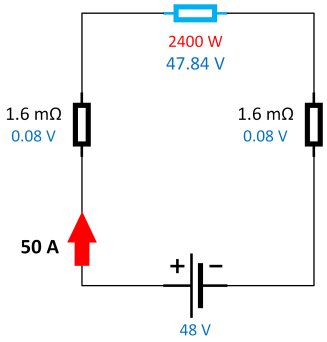
Ejemplo:

Si miramos la misma carga de 2400 W, pero ahora la tensión del sistema es de 24 V o 48 V:

- La carga de 2400 W a 24 V creará una corriente de 2400/24 = 100 A.
- La caída de tensión total será de 2 x 100 x 0,0016 = 0,32 V (= 1,3%).
- Y a 48 V la corriente será de 50 A. La caída de tensión es de 0,16 V (= 0,3 %).




**¿Qué caída de tensión se puede permitir?**

Esto nos lleva a la siguiente cuestión: ¿cuál es la caída de tensión que se puede permitir? Hay distintas opiniones, pero recomendamos marcarse como objetivo que la caída de tensión no supere el 2,5 %. Esto se presenta en la siguiente tabla para las distintas tensiones:

| Tensión del sistema | Porcentaje | Caída de tensión |
|---|---|---|
| **12 V** | 2,5 % | 0,3 V |
| **24 V** | 2,5 % | 0,6 V |
| **48 V** | 2,5 % | 1,2 V |

**Hay otros factores, además de la resistencia del cable, que crean resistencia:**

Es importante entender que la resistencia no solo se produce en el propio cable. Cualquier otro elemento que la corriente tenga que atravesar en su camino creará una resistencia adicional.

**Estos son algunos elementos que pueden contribuir a la resistencia total:**

- Grosor y longitud del cable
- Fusibles
- Derivadores
- Interruptores o disyuntores
- La calidad y la idoneidad de los terminales del cable y si se han crimpado bien en el cable.
- La calidad y lo bien apretadas que estén las conexiones eléctricas.

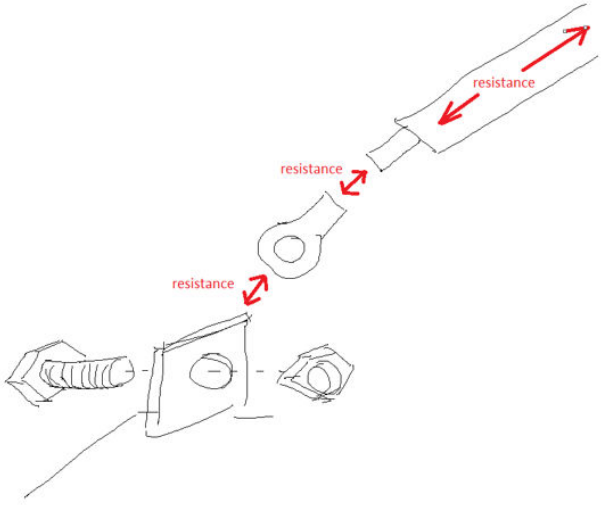
**Y preste especial atención a:**

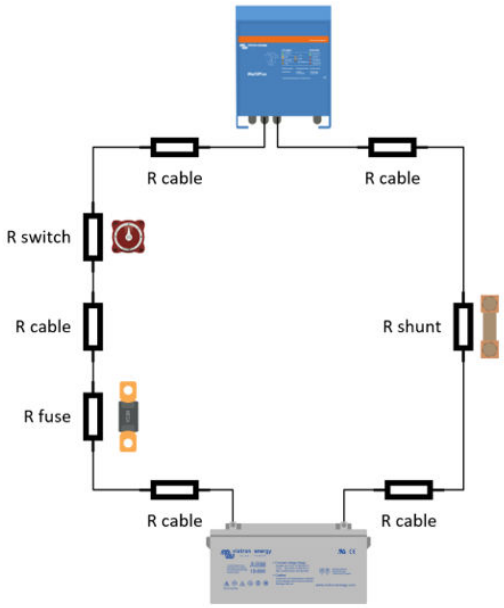
- Conexiones flojas
- Contactos sucios o con corrosión.
- Terminales de cables mal crimpados.

Se añadirá resistencia al circuito eléctrico cada vez que se establezca una conexión, o si se coloca algo en el trayecto desde la batería hasta el inversor.

**Estos son algunos elementos que pueden contribuir a la resistencia total:**

- Cada conexión de cable: 0,06 mΩ.
- Un shunt de 500 A: 0,10 mΩ.
- Un fusible de 150 A: 0,35 mΩ.
- Un cable de 2 m y 35 mm²: 1,08 mΩ.




## 2.8. Efectos negativos de la caída de tensión del cable

Ahora ya sabemos lo que es necesario hacer para mantener en un nivel bajo la resistencia de un circuito para evitar las caídas de tensión. Pero ¿qué efectos tiene una caída de tensión fuerte en un sistema?

**Estos son los efectos negativos de una caída de tensión elevada:**

- Se pierde energía y el sistema es menos eficiente. Las baterías se descargarán más rápido.
- Aumentará la corriente del sistema. Esto puede hacer que los fusibles CC se fundan.
- La presencia de corrientes altas en el sistema pueden provocar sobrecargas prematuras del inversor.
- Si se produce una caída de tensión durante la carga, las baterías no se cargarán del todo.
- El inversor recibe una tensión más baja de la batería. Esto puede activar alarmas de baja tensión.
- Los cables de la batería se calientan. Esto puede hacer que el aislamiento del cable se derrita o causar daños en los conductos de los cables o el equipo conectado. En situaciones extremas, el calentamiento del cable puede provocar un incendio.
- Todos los equipos conectados al sistema verán su ciclo de vida reducido.

**Para evitar las caídas de tensión:**

- Use cables de la menor longitud posible.
- Use cables con suficiente grosor.
- Apriete bien las conexiones, pero no demasiado. Siga las recomendaciones sobre torsión del manual.
- Compruebe que los contactos están limpios y no presentan corrosión.
- Use terminales de cable de calidad y móntelos con la herramienta adecuada (crimpadora).
- Use interruptores de aislamiento de baterías de calidad.
- Reduzca el número de conexiones de cada tramo de cable.
- Utilice puntos de distribución o embarrados CC.
- Respete la legislación sobre conexiones.

Es conveniente medir la caída de tensión del sistema una vez que se ha terminado una instalación eléctrica con baterías. Recuerde que las caídas de tensión se suelen producir en situaciones de corriente alta. La caída de tensión es mayor cuando la corriente aumenta. Esto ocurre cuando un inversor tiene conectada una carga máxima o cuando el cargador de la batería está cargando a plena corriente.

**Cómo medir la caída de tensión en un sistema con un inversor, por ejemplo:**

- Cargue el inversor con potencia máxima.
- Mida la tensión en el cable negativo entre la conexión del inversor y el polo de la batería.
- Haga lo mismo con el cable positivo.



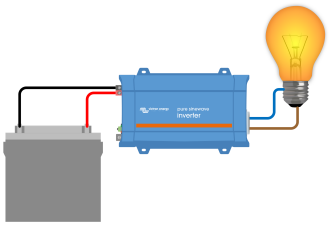
**Cómo medir la caída de tensión cuando la batería está muy lejos o en otra sala o recinto:**

- Cargue el inversor con potencia máxima.
- Mida la tensión en las conexiones CC del interior del inversor.
- Mida la tensión en los polos de la batería
- Compare las lecturas. La diferencia entre ellas es la caída de tensión.



## 2.9. Tensión de ondulación

Una de las consecuencias negativas de una caída de tensión fuerte en un sistema es la ondulación.



**La ondulación se produce en sistemas con un inversor:**

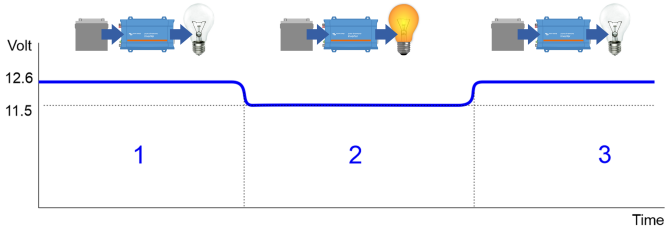
La ondulación aparece en sistemas en los que la fuente de alimentación es una batería (CC) y la carga es un dispositivo CA. Este es el caso de los sistemas que tienen un inversor. El inversor se conecta a las baterías pero alimenta una carga CA.

**La caída de tensión es el mecanismo subyacente a la ondulación:**

El mecanismo que provoca la ondulación está directamente relacionado con la caída de tensión que se produce en los cables CC cuando un sistema tiene una carga y la corriente de la batería es alta. Una corriente elevada produce una caída de tensión alta. Esto se agrava especialmente cuando se usan cables finos.

La caída de tensión del sistema en su totalidad puede ser aún mayor, sobre todo si se usan baterías de plomo-ácido demasiado pequeñas, viejas o dañadas. La caída de tensión no solo se producirá en los cables, sino también en la propia batería.  La ondulación está relacionada con el fenómeno por el que cuando un inversor alimenta una carga grande, la tensión CC del sistema se cae. Pero la tensión del sistema se recupera una vez que la carga se apaga.  Este proceso se representa en la siguiente imagen.

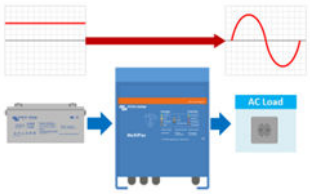
1. La tensión medida en el inversor es normal. En este ejemplo es de 12,6 V.
2. Cuando se enciende una carga grande, la tensión de la batería cae hasta 11,5 V.
3. Cuando se apaga la carga, la tensión de la batería suele volver a 12,6 V.



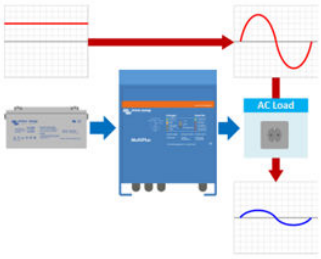

**¿Cómo se genera la ondulación?**

Los siguientes pasos componen la secuencia de creación de la ondulación:

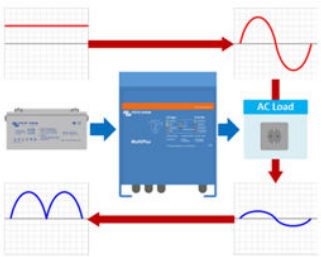
1. El inversor convierte una tensión CC en una tensión CA.



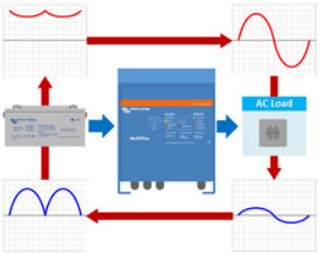

2. La carga conectada al inversor crea una corriente CA en el inversor.




3. Esta corriente CA produce (a través del inversor) una corriente CC fluctuante en la batería.

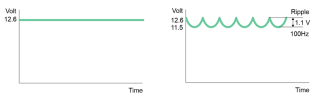


4. El resultado de esta corriente CC fluctuante es el siguiente:




- Cuando la corriente CC alcance su pico, la tensión de la batería se caerá.
- Cuando la corriente CC caiga, la tensión de la batería se recuperará.
- Cuando la corriente CC alcance su pico, la tensión de la batería se caerá otra vez.
- Y así una y otra vez.

La tensión CC seguirá subiendo y bajando y ya no será constante. Ahora es fluctuante. Subirá y bajará unas 100 veces por segundo (100 Hz). La cantidad de tensión CC fluctuante se denomina tensión de ondulación.

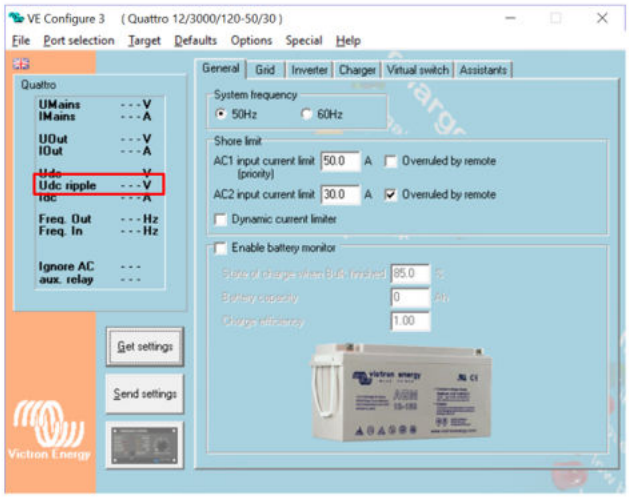


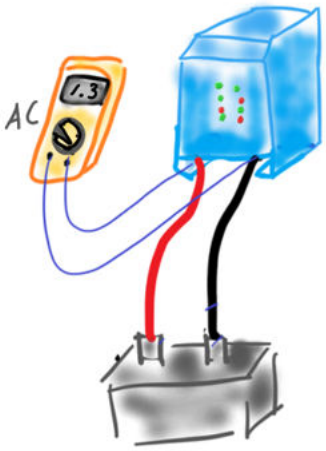
**Cómo medir la ondulación:**

Al medir la ondulación, recuerde que esta solo se produce cuando el sistema tiene carga completa. Solo se puede detectar la ondulación cuando el inversor está alimentando una carga completa o cuando hay un cargador cargando con una corriente alta. Lo mismo sucede a la hora de medir la caída de tensión.

**La ondulación puede medirse de estas dos formas:**

- Con un multímetro. Seleccione el modo CA en el multímetro. Mida en las conexiones CC del inversor. Ahora está midiendo la componente de CA de la tensión CC. Esta tensión CA es la tensión de ondulación.
- Con VEConfigure, que hace un seguimiento de la ondulación.




**Consecuencias negativas de la ondulación:**

Puede haber una pequeña cantidad de ondulación sin un efecto medible. Pero la ondulación excesiva puede tener un impacto negativo.

**Consecuencias negativas de la ondulación excesiva:**

- La vida del inversor se verá reducida. Los condensadores del inversor intentarán aplanar la ondulación todo lo posible y, como resultado, envejecerán antes de tiempo.
- La vida de otros equipos CC del sistema también se verá reducida. Sufren la ondulación al igual que los inversores.
- Las baterías envejecerán antes de tiempo. Cada ondulación es como un mini ciclo para la batería, de modo que la vida útil de la batería se verá reducida debido al aumento del número de ciclos.
- La ondulación durante el proceso de carga reducirá la potencia de carga. Las baterías tardarán más en cargarse.

**Alarmas de ondulación:**

Los inversores o inversores/cargadores tienen una alarma de ondulación integrada. Hay dos niveles de alarma de ondulación:

- **Prealarma de ondulación:** Los LED de sobrecarga y de batería baja parpadean y la unidad se apagará transcurridos 20 minutos.
- **Alarma de ondulación completa:** Los LED de sobrecarga y de batería baja se encienden y la unidad se apaga.

**Estos son los niveles de alarma de ondulación de diferentes modelos de inversor/cargador a las distintas tensiones CC y del MultiPlus Compact independientemente de la tensión:**

| Tensión del sistema | Prealarma de ondulación (20 min)* | Alarma completa de ondulación (3 s)* | Regulación de la carga |
|---|---|---|---|
| **12 V** | 1,50 V | 2.50 | 1.4 |
| **24 V** | 2,25 V | 3.75 | 2.1 |
| **48 V** | 3,00 V | 5.00 | 2.8 |
| **Solo MultiPlus Compact** (independientemente de la tensión CC) | 1,50 V | 2,5 V | 0,8 V |

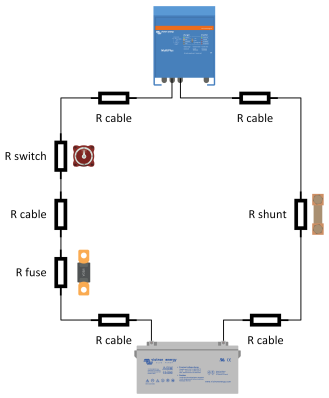
*) Todas las tensiones son RMS.

**Cómo se arregla la ondulación:**

La ondulación solo aparecerá cuando haya una caída de tensión en el sistema. Para solucionar los problemas de tensión de ondulación, será necesario reducir la caída de tensión. Para ello, habrá que reducir la resistencia en el trayecto desde la batería al inversor y de vuelta a la batería. Para más información, véase el capítulo Corriente, resistencia del cable y caída de tensión [8].

**Para arreglar una ondulación elevada en un sistema será necesario hacer lo siguiente:**

- Acortar los cables de batería demasiado largos.
- Usar cables más gruesos.
- Revisar las conexiones de los fusibles, shunts e interruptores de aislamiento de las baterías.
- Revisar las especificaciones de los fusibles, shunts e interruptores de aislamiento de las baterías.
- Comprobar que no haya terminales ni conexiones de cables sueltas.
- Comprobar que no haya conexiones sucias o corroídas.
- Comprobar que no haya baterías en malas condiciones, viejas o demasiado pequeñas.
- Utilizar siempre componentes de buena calidad en el sistema.



# 3. Cableado de la bancada de baterías

En el núcleo de cualquier sistema de Victron está la batería. Puede tratarse de una sola batería o de un grupo de baterías conectadas entre sí.

> ⚠ PRECAUCIÓN: Los polos de la batería no están aislados. Para evitar cortocircuitos y descargas eléctricas use herramientas aisladas y no utilice joyas de metal.

## 3.1. Bancada de baterías

Las baterías están interconectadas para aumentar la tensión o la capacidad de la batería o las dos cosas. Un grupo de baterías conectadas entre sí recibe el nombre de bancada de baterías.

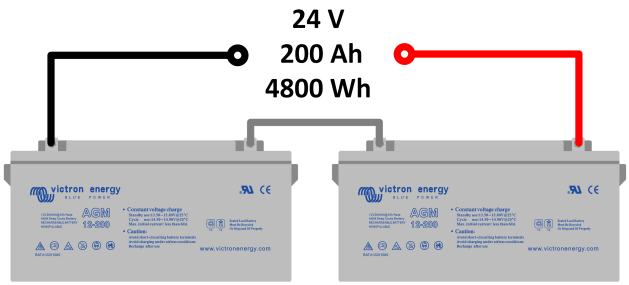
**Lo siguiente es de aplicación a las bancadas de baterías:**

- Cuando las baterías están conectadas en serie, aumenta la tensión.
- Cuando las baterías están conectadas en paralelo, aumenta la capacidad.
- Cuando las baterías están conectadas en serie/paralelo, aumentan la tensión y la capacidad.

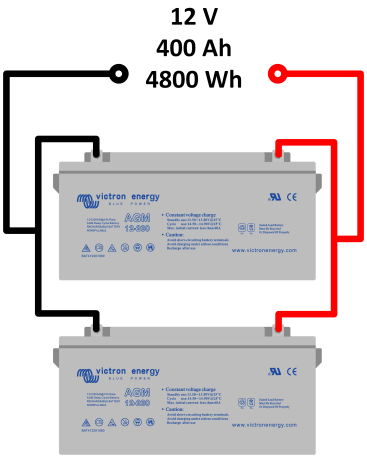
**Algunos ejemplos:**



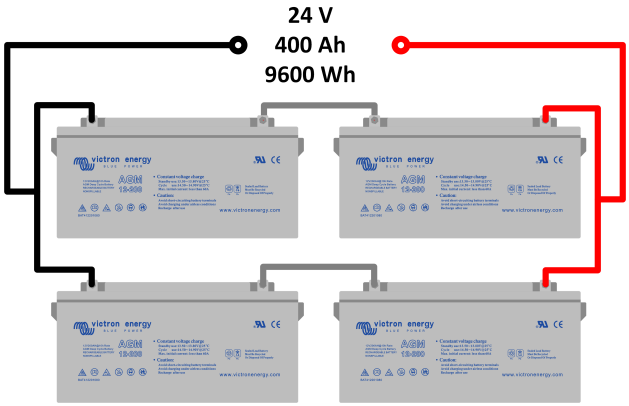

*Una sola batería.*



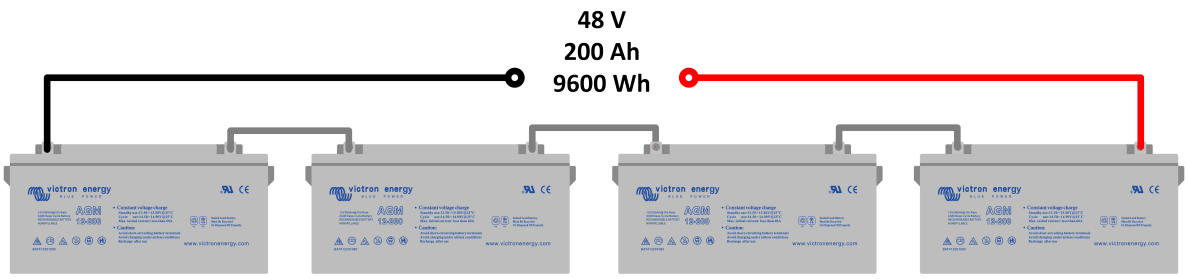

*Dos baterías en serie.*




*Dos baterías en paralelo.*




*Cuatro baterías en serie/paralelo.*




*Cuatro baterías en serie.*

## 3.2. Bancadas de baterías grandes

Si necesita una bancada grande de baterías, no recomendamos que conforme la bancada de baterías con muchas baterías de plomo-ácido de 12 V en serie/paralelo. El máximo es de unas 3 (o 4) cadenas en paralelo. Esto se debe a que es difícil conseguir que una bancada de baterías así de grande esté equilibrada. En una bancada de baterías en serie/paralelo grande, se crea un desequilibrio por las diferencias en el cableado y por las pequeñas diferencias en la resistencia interna de las baterías.

**Ejemplos de bancadas de baterías grandes con baterías de plomo-ácido o litio de 2 V:**

**Baterías de plomo-ácido de 2 V:**

Las baterías OPzV o OPzS de 2 V están disponibles en distintas capacidades grandes. Solo tiene que elegir la capacidad que desea y conectarlas en serie. Se suministran con enlaces de conexión especiales precisamente para ese fin.





*Baterías de plomo-ácido OPzV de 2 V y enlaces de conexión.*



**Batería de litio Smart de Victron Energy:**

Las baterías de litio Smart tienen equilibrado de celdas interno y un sistema de gestión de baterías externo (BMS).




*Batería de litio Smart de 12,8 V y 25,6 V*



**Baterías de litio Smart:**

Con equilibrado de celdas y sistema de gestión de la batería interno o externo (BMS). Cada batería pude comunicarse con las otras, y a su vez con un dispositivo de monitorización. En el caso de Victron, este será un dispositivo GX. Las baterías generarán un valor de estado de carga total para toda la bancada de baterías y lo enviarán al dispositivo GX. Para más información sobre las marcas que funcionan con Victron y cómo configurarlas, véase el enlace: https://www.victronenergy.com/live/battery_compatibility:start.



**Baterías con otros sistemas químicos:**

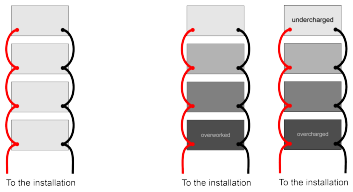
Baterías de flujo y otros sistemas químicos. Suelen estar disponibles en 48 V. Se pueden conectar varias baterías en paralelo sin ningún problema. Cada batería tiene su propio sistema de gestión de baterías. Las baterías en conjunto generarán un valor de estado de carga total para toda la bancada de baterías. Se necesita un dispositivo de monitorización GX en el sistema. Para más información sobre las marcas que funcionan con Victron y cómo configurarlas, véase el enlace: https://www.victronenergy.com/live/battery_compatibility:start.



## 3.3. Cableado de bancadas de baterías en paralelo

**El cableado de la bancada de baterías es importante**

La forma en que se conecta la bancada de baterías al sistema es importante. Es fácil cometer algún error al conectar los cables de la bancada de baterías. Uno de los errores más frecuentes es conectar todas las baterías juntas en paralelo y luego conectar un lado de la bancada de baterías en paralelo a la instalación eléctrica. Como se indica en la imagen de la derecha.




**¿Qué pasa cuando se conecta una carga?**

La energía procedente de la batería inferior solo tiene que pasar a través de los cables de la conexión principal. Por el contrario, la energía procedente de las siguientes baterías tiene que pasar a través de la conexión principal y de los cables de interconexión adicionales hasta llegar a la siguiente batería. Si aumenta el número de baterías, también crece el número de cables de interconexión. Esto supone una reducción de la corriente disponible de la batería superior con respecto a la inferior.

**¿Qué ocurre si la bancada de baterías está cargada?**

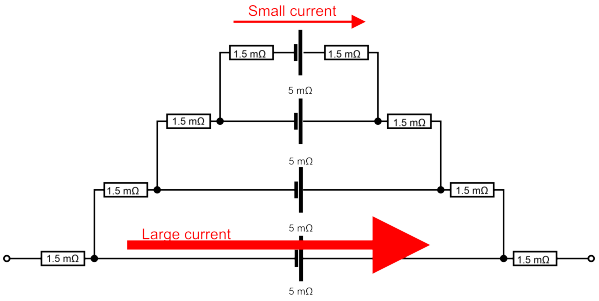
La batería de la parte inferior se carga con una corriente más alta que la de la parte superior. La batería de la parte superior se carga con una corriente más baja que la de la parte inferior. El resultado es que la batería inferior ha de trabajar más y se descarga y se carga más, de modo que fallará prematuramente.

**¿Por qué la resistencia del cable es importante en la conexión de bancadas de baterías?**

Recuerde que un cable es como una resistencia. Cuanto más largo es el cable, más resistencia presenta. Además, los terminales de los cables y las conexiones de la batería también aportarán resistencia.

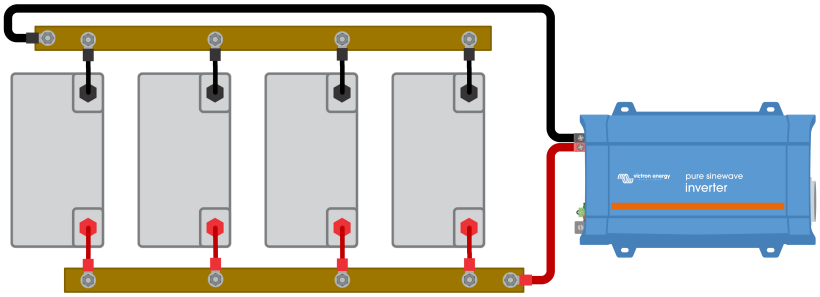
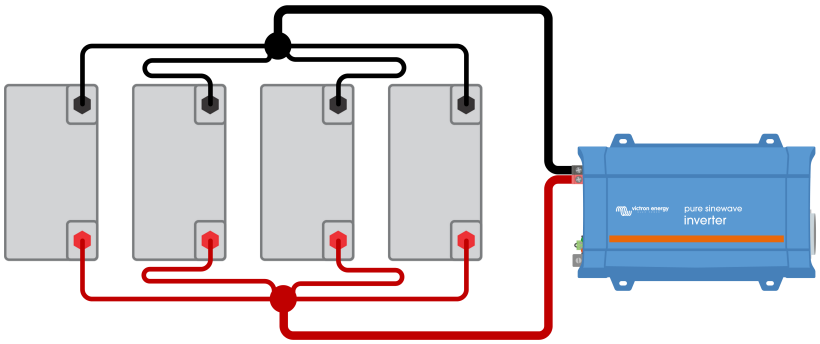
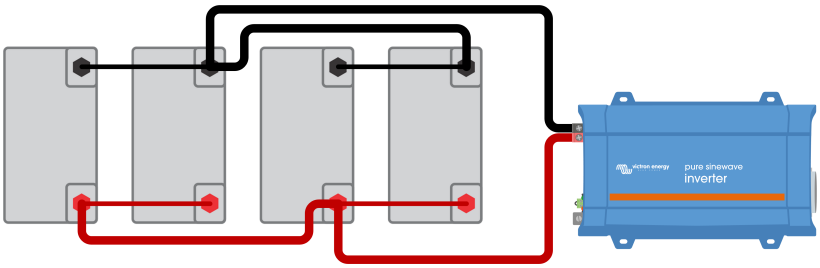
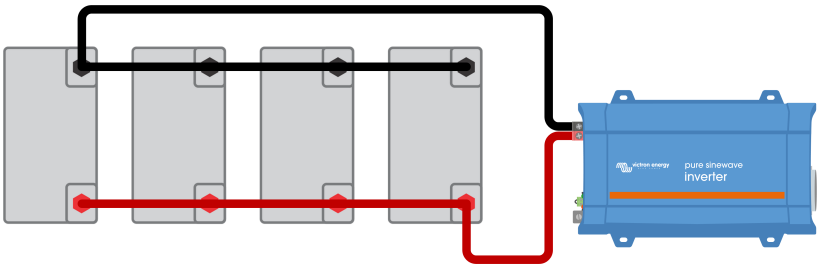
A modo de orientación, la resistencia total de una cable de 20 cm y 35 $m^2$ con los conectores colocados es de aproximadamente 1,5 mΩ. Podría decirse que 1,5 mΩ no es mucho, pero recuerde que la resistencia interna de una batería también es baja.  Por lo tanto, es muy importante. La resistencia interna de una batería suele estar entre 10 y 3 mΩ.

El diagrama eléctrico de una bancada de baterías con cableado incorrecto sería el siguiente:




La corriente siempre elegirá el camino de menor resistencia. La mayor parte de la corriente pasará, por lo tanto, por la batería inferior. Solo una pequeña parte de la corriente irá por la batería de arriba.

Para conectar varias baterías en paralelo de forma correcta hay que asegurarse de que todo el recorrido que hace la corriente para entrar y salir de cada batería es igual.

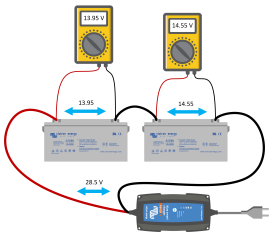
| Hay cuatro formas de conectar correctamente una bancada de baterías en paralelo: | |
|---|---|
| • Con embarrados. |  |
| • Conectar usando los bornes positivo y negativo. Asegurarse de que la longitud del cable que va de cada borne a cada batería es igual. |  |
| • Conectar a medio camino. Asegúrese de que todos los cables tienen el mismo grosor. |  |
| • Conectarlas en diagonal. Tenga en cuenta que aunque conectar la batería de este modo es sencillo y eficiente, no es perfecto. Es posible que aún haya pequeñas diferencias en las corrientes individuales de cada batería. |  |

## 3.4. Equilibrado de una bancada de baterías de plomo-ácido

Para componer una bancada de baterías de plomo-ácido con una tensión mayor, como 24 V o 48 V, será necesario conectar varias baterías de 12 V en serie. Pero hay un problema con la conexión en serie de las baterías, y es que las baterías no son idénticas en términos eléctricos. Tienen pequeñas diferencias en la resistencia interna. De modo que, cuando se cargue una cadena de baterías en serie, esta diferencia de resistencia ocasionará una variación en las tensiones de los terminales de cada batería. Sus tensiones pasan a estar “desequilibradas”. Este “desequilibrio” aumentará con el tiempo y hará que una de las baterías esté constantemente sobrecargada mientras que la otra no esté nunca suficientemente cargada. Por lo que una de las baterías de la cadena en serie fallará prematuramente.

**Cómo comprobar si una bancada de baterías está equilibrada:**

- Cargue la bancada de baterías.
- Mida hacia el final de la etapa de carga inicial. En ese momento es cuando el cargador está cargando a plena corriente.
- Mida la tensión individual de una de las baterías.
- Mida la tensión individual de la otra batería.
- Compare las tensiones.
- Si hay una diferencia detectable entre ellas es que la bancada de baterías no está equilibrada.

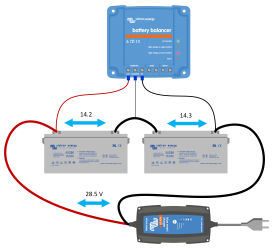



**Cómo evitar el desequilibrio de las baterías en la instalación inicial:**

Para evitar el desequilibrio inicial de las baterías, asegúrese de cargar por completo cada una de las baterías antes de conectarlas en serie (y/o en paralelo). Para evitar el desequilibrio más adelante, según envejezcan las baterías, use un equilibrador de baterías. El equilibrador de baterías se conecta al sistema como se indica en la imagen de la derecha. Mide la tensión de la bancada de baterías y la tensión de cada una de las baterías.

**Cómo funciona el equilibrador de baterías:**

- El equilibrador de baterías se activa en cuanto se empieza a cargar la bancada de baterías y la tensión de carga ha llegado a más de 27,3 V.
- En un principio comenzará a medir y comparar las tensiones de las dos baterías.
- Tan pronto como detecte una diferencia de tensión de más de 0,1 V entre las dos baterías, se encenderá una luz de aviso y empezará a equilibrar las dos baterías.
- Para ello, descargará la batería más alta extrayendo una corriente de hasta 0,7 A de esa batería hasta que las tensiones de las dos baterías son iguales.




Si el equilibrado de la batería no logra el efecto deseado y la diferencia de tensión supera los 0,2 V, quiere decir que el desequilibrio de las baterías es superior a lo que el equilibrador de baterías puede corregir. Probablemente esto se deba a que una de las baterías tiene un fallo. En ese caso, el equilibrador de baterías hará saltar una alarma y activará su relé de alarma.

Para un sistema de 24 V, se necesita un único equilibrador de baterías: Y para un sistema de 48 V, se necesitan tres equilibradores de baterías, uno entre cada batería.

Para más información, consulte la información de producto del equilibrador de baterías Battery Balancer en: https://www.victronenergy.com.es/batteries/battery-balancer

## 3.5. Punto medio de una bancada de baterías

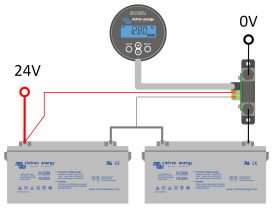
El desequilibrio de la batería se puede detectar observando la tensión del punto medio de una bancada de baterías. Si se monitoriza la tensión del punto medio, se puede usar para generar una alarma cuando se desvíe de un determinado valor.

Tanto un equilibrador de baterías como un monitor de baterías pueden generar una alarma de punto medio.

Los monitores de baterías BMV 702, BMV 712 y SmartShunt tienen una entrada de tensión adicional que puede usarse para monitorizar el punto medio. Puede conectarse al punto medio de la bancada de baterías. El monitor de baterías mostrará la diferencia entre las dos tensiones o un porcentaje. Para más información, consulte la página de producto del monitor de baterías en: https://www.victronenergy.com.es/battery-monitors

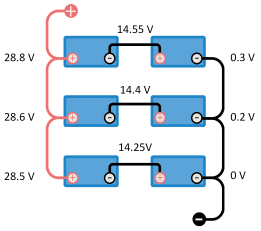
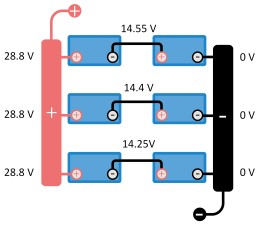
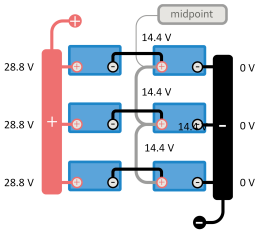
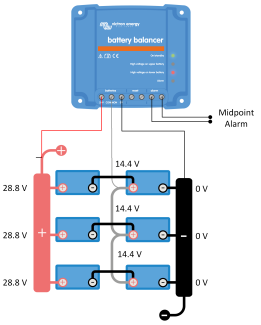
**Una alarma del punto medio puede significar lo siguiente:**

- Fallo de una sola batería. Por ejemplo, hay una celda abierta o cortocircuitada.
- Una o varias baterías han llegado al fin de su vida útil por sulfatación o descamación del material activo.
- Se necesita una ecualización (solo para celdas húmedas).




En una bancada de baterías en serie/paralelo puede ser útil conectar los puntos medios de cada cadena en paralelo serie. Esto se hace para eliminar el desequilibrio de la bancada de baterías.

**Cómo conectar puntos medios:**

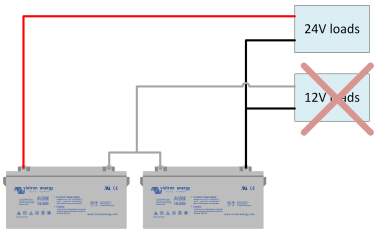
| | |
|---|---|
| • Si se conectan baterías en serie/paralelo, como en la imagen de la derecha, se puede ver que las tensiones individuales son distintas en cada cadena en serie y también dentro de cada cadena. |  |
| • En primer lugar, asegúrese de que cada cadena tiene las mismas tensiones utilizando un punto de conexión o embarrado negativo y positivo común. |  |
| • Una vez que la tensión de cada cadena es igual, se pueden conectar los puntos medios. Asegúrese de que el cableado del punto medio puede llevar toda la corriente entre las baterías. |  |
| • Una vez que el punto medio de la bancada está conectado, se puede usar un solo equilibrador de baterías en vez de tres (uno para cada cadena). Además, se puede utilizar un solo BMV para controlar el punto medio de toda la bancada de baterías. |  |

**No conecte cargas al punto medio de la batería:**

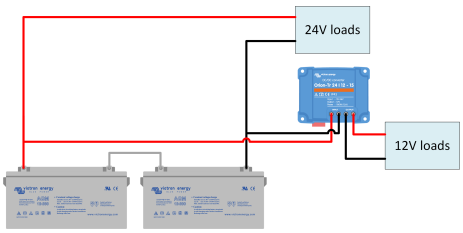
No se recomienda conectar cargas al punto medio de una bancada de baterías para poder hacer funcionar cargas que precisen menos tensión. Esto crearía un desequilibrio aún mayor en la bancada de baterías. Este desequilibrio es mucho mayor de lo que un equilibrador de baterías puede corregir (más de 0,7 A) y la batería que se use para proporcionar esa tensión menor fallará antes de tiempo.

Los puntos medios de una bancada de baterías solo deben usarse para equilibrado o monitorización.

**No haga esto:**




**En su lugar, use un convertidor CC-CC Orion:**

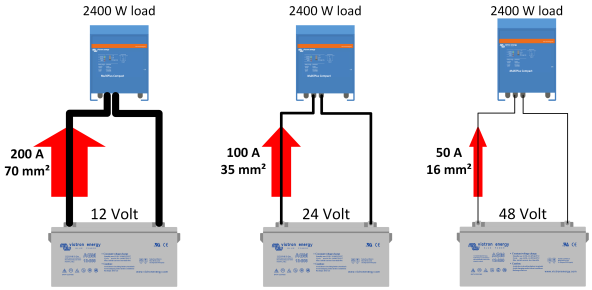


# 4. Cableado CC

En un sistema, es importante usar el grosor de cable adecuado. Este capítulo explica las razones y presenta otra información útil sobre los elementos a los que se debe prestar atención al diseñar el cableado CC de un sistema.

## 4.1. Selección de cables

Para seleccionar el cable correcto, es necesario conocer las corrientes que hay en un sistema. Para saber cómo calcular la corriente, véase el capítulo Corriente, resistencia del cable y caída de tensión [8].



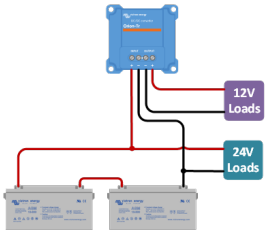

La siguiente lista contiene ejemplos de las dimensiones de los cables correspondientes a estas corrientes, asumiendo que el cable tiene una longitud inferior a 5 metros.

**Los límites superiores de potencia del inversor más adecuados según la tensión del sistema son:**

- **12 V:** hasta 3000 VA.
- **24 V:** hasta 5000 VA.
- **48 V:** a partir de 5000 VA.

Para evitar el uso de cables muy gruesos, lo primero que debe considerar es aumentar la tensión del sistema. Un sistema con un inversor grande generará corrientes CC importantes. Si se aumenta la tensión del sistema CC, la corriente CC disminuirá y los cables podrán ser más finos.

Si quiere aumentar la tensión del sistema pero hay cargas CC o fuentes de carga CC que solo admiten 12 V, puede considerar el uso de convertidores CC-CC en vez de elegir una tensión baja para todo el sistema.

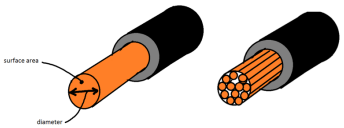



Como hemos explicado antes, es muy importante usar el grosor de cable correcto. Puede encontrar el grosor de cable adecuado en el manual del producto. Usar un cable demasiado fino tiene un efecto negativo directo sobre el rendimiento del sistema. Generalmente, el grosor del conductor del cable se indica en mm². Esto se refiere al área de la sección del conductor del cable. Aunque también se usan otras notaciones, como AWG (American Wire Gauge). Al final de este capítulo puede consultar una tabla de conversión de AWG al sistema métrico.

- Para averiguar el diámetro del núcleo de un cable multifilamento, mire el aislamiento. Habrá alguna marca en el cable que indique el grosor del conductor.



Tenga en cuenta que algunos cables tienen un aislamiento muy grueso y pueden parecer más gruesos de lo que realmente son. Se puede averiguar el diámetro mirando en las inscripciones del propio cable o en sus especificaciones. También se puede hacer una comprobación física. Pele un poco del aislamiento del cable y estime el diámetro del núcleo de cobre. En un cable sólido, se puede medir la sección midiendo el diámetro del núcleo, pero en uno multifilamento este método no es preciso. (Tenga en cuenta que no recomendamos el uso de cables de núcleo sólido).




**Surface area = π x radius²**

**Surface area = π x (diameter/2) ²**

**A = π x (d/2)²**

Si no puede encontrar un cable lo suficientemente grueso, póngalo doble. Use dos cables por conexión en vez de uno solo muy grueso. Si hace esto, compruebe que la suma de las secciones de los dos cables es igual a la sección recomendada.  Por ejemplo, dos cables de 35 $mm^2$ equivalen a un cable de 70 $mm^2$. Los inversores/cargadores más grandes de Victron disponen de dos conexiones positivas y negativas a la batería, especialmente para este fin.

**Al seleccionar los cables, evite cometer estos errores: .**

- No use cables de hilos gruesos.
- No use cables que no sean flexibles.
- No use cables de CA.
- En entornos marinos o condiciones de humedad, use “cables marinos”. Estos cables tienen hilos de cobre estañado.



*De izquierda a derecha: cable no flexible, cable de hilos gruesos, cable correcto con hilos finos, cable marino con hilos estañados correcto.*

**Calcular el grosor de los cables puede ser difícil. Para elegir el grosor de cable correcto, puede utilizar:**

- el manual del producto
- la aplicación Toolkit de Victron
- la regla general
- la tabla de cables de batería recomendados

**Manuales de productos:**

Todos nuestros manuales incluyen recomendaciones sobre las dimensiones del cable de batería CC (y el tamaño del fusible) que es necesario usar con el producto.

**La aplicación Victron Toolkit:**

La aplicación de Victron le ayuda a calcular el tamaño del cable y la caída de tensión. La aplicación es gratuita y puede descargarse aquí: https://www.victronenergy.com.es/support-and-downloads/software#victron-toolkit-app




Puede introducir los siguientes parámetros:

- Tensión.
- Longitud del cable.
- Corriente.
- Sección transversal del cable.

Una vez introducidos los parámetros, la aplicación calculará la caída de tensión en los dos cables. El objetivo debe ser que la caída de tensión se mantenga por debajo de 2,5 %.

**Tabla de cables de batería recomendados:**

La siguiente tabla muestra la corriente máxima para distintos cables estándar en los que la caída de tensión es de 0,259 voltios. Esta tabla emplea la longitud total del cable, es decir, la longitud del cable positivo más la longitud del cable negativo. Tenga en cuenta que no se incluyen las pérdidas en los contactos.

| Diámetro del cable (mm) | Sección del cable ($mm^2$) | Corriente máxima (A) para un cable de una longitud total de hasta 5 metros | Corriente máxima (A) para un cable de una longitud total de hasta 10 metros | Corriente máxima (A) para un cable de una longitud total de hasta 15 metros | Corriente máxima (A) para un cable de una longitud total de hasta 20 metros |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.98 | 0.75 | 2.3 | 1.1 | 0.8 | 0.6 |
| 1.38 | 1.5 | 4.5 | 2.3 | 1.5 | 1.1 |
| 1.78 | 2.5 | 7.5 | 3.8 | 2.5 | 1.9 |
| 2.26 | 4 | 12 | 6 | 4 | 3 |
| 2.76 | 6 | 18 | 9 | 6 | 5 |
| 3.57 | 10 | 30 | 15 | 10 | 8 |
| 4.51 | 16 | 48 | 24 | 16 | 12 |
| 5.64 | 25 | 75 | 38 | 25 | 19 |
| 6.68 | 35 | 105 | 53 | 35 | 26 |
| 7.98 | 50 | 150 | 75 | 50 | 38 |
| 9.44 | 70 | 210 | 105 | 70 | 53 |
| 11.00 | 95 | 285 | 143 | 95 | 71 |
| 12.36 | 120 | 360 | 180 | 120 | 90 |

**Regla general:**

Para un cálculo rápido y general para cables de hasta 5 metros, puede usar esta fórmula:

**Current / 3 = cable size in $mm^2$**

Por ejemplo, si la corriente es de 200 A, el cable ha de ser: 200/3 = $66mm^2$

**Tabla de conversión de AWG a sistema métrico**

Esta tabla muestra las conversiones y la resistencia para cables de hasta AWG 10. Puede ver la tabla completa (hasta AWG 40) en este enlace: https://www.victronenergy.com.es/upload/documents/AWG%20to%20Metric%20Conversion%20Chart.pdf

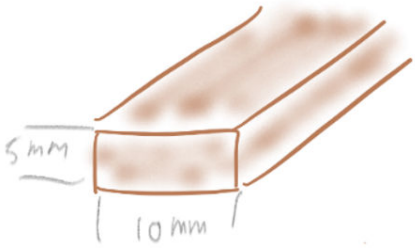
| AWG | Diámetro (in) | Diámetro (mm) | Sección ($mm^2$) | Resistencia (ohm/m) |
|---|---|---|---|---|
| 4/0 = 0000 | 0.460 | 11.7 | 107 | 0.000161 |
| 3/0 = 000 | 0.410 | 10.4 | 85.0 | 0.000203 |
| 2/0 = 00 | 0.365 | 9.26 | 67.4 | 0.000256 |
| 1/0 = 0 | 0.325 | 8.25 | 53.5 | 0.000323 |
| 1 | 0.289 | 7.35 | 42.4 | 0.000407 |
| 2 | 0.258 | 6.54 | 33.6 | 0.000513 |
| 3 | 0.229 | 5.83 | 26.7 | 0.000647 |
| 4 | 0.204 | 5.19 | 21.1 | 0.000815 |
| 5 | 0.182 | 4.62 | 16.8 | 0.00103 |
| 6 | 0.162 | 4.11 | 13.3 | 0.00130 |
| 7 | 0.144 | 3.66 | 10.5 | 0.00163 |
| 8 | 0.128 | 3.26 | 8.36 | 0.00206 |
| 9 | 0.114 | 2.91 | 6.63 | 0.00260 |
| 10 | 0.102 | 2.59 | 5.26 | 0.00328 |

## 4.2. Embarrados

Son como cables, pero son barras rígidas de metal. Están hechas de cobre o cobre estañado. Se usan en sistemas grandes con corrientes elevadas. Proporcionan un punto positivo y un punto negativo comunes entre las baterías y varios inversores. También se usan en sistemas más pequeños, especialmente cuando hay muchos equipos CC. En este caso son una ubicación adecuada a la que conectar los diferentes cables CC.

Para calcular el grosor del embarrado, use simplemente la sección recomendada y aplíquela a la sección del embarrado.

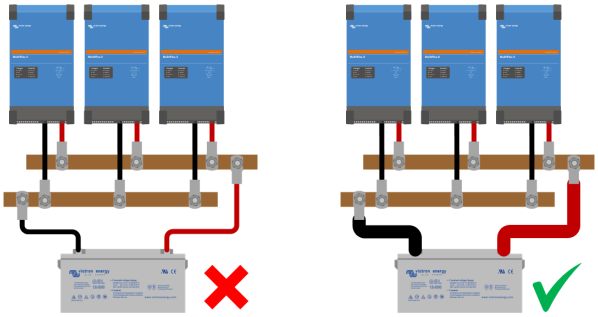
**surface area = width x depth**



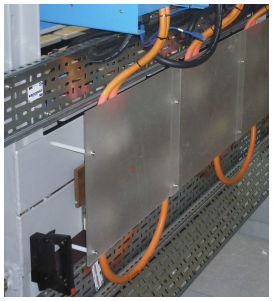

Por ejemplo:

- Un embarrado de 10 mm x 5 mm.
- El área de la sección transversal es de 5 X 10 = 50 $mm^2$.
- Esto debería ser adecuado para 150 A para distancias de hasta 5 metros.

Al hacer las conexiones del sistema, asegúrese de que la sección transversal de la conexión entre las baterías y el punto de distribución CC es igual a la suma de las secciones transversales necesarias para las conexiones entre el punto de distribución y los equipos CC. En la siguiente imagen puede ver ejemplos de esto.



PRECAUCIÓN: Los embarrados no están aislados. Para evitar cortocircuitos y descargas eléctricas use herramientas aisladas y no utilice joyas de metal.



Casi siempre es necesario proteger los embarrados, especialmente si están en el exterior. Esto es para evitar que alguien toque el embarrado o para impedir que se produzca un cortocircuito si un objeto de metal cayera por accidente entre el embarrado positivo y el negativo y cortocircuitase los dos. Una forma sencilla de hacer esto es colocar una lámina de metacrilato encima o enfrente de la barra de conexiones. Véase la imagen de la derecha.



Usted mismo puede hacer un embarrado fácilmente, solo necesita una barra de cobre o latón en la que taladrar unos agujeros para que se puedan conectar cables eléctricos a la barra. Para aplicaciones marinas, debe usarse cobre estañado o latón. Los embarrados se pueden comprar en almacenes eléctricos o de metal.

Victron tiene varios productos que contienen embarrados. Puede encontrarlos en nuestra página de producto de sistemas de distribución CC y fusibles. Véase toda la información del producto en este enlace: https://www.victronenergy.com.es/dc-distribution-systems.

| **Resumen de embarrados de Victron:** | |
|---|---|
| Embarrados con valores nominales de 150, 250 y 600 A, con diferentes opciones de conexión y con o sin cubierta (a la izquierda se representa el modelo de 6 posiciones y 250 A). |  |
| Portafusibles de 6 vías para fusibles MEGA con un embarrado de 250 A. |  |
| Portafusibles MEGA modulares:<br>• Embarrado de 5 posiciones, 500 A nominales.<br>• Embarrado de 6 posiciones. 1500 A (representado a la izquierda). |  |

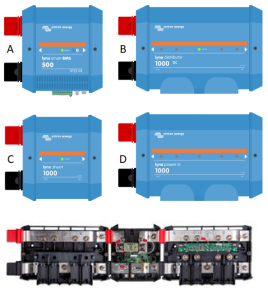
El sistema de distribución Lynx consta de módulos separados que pueden conectarse entre sí para formar un embarrado continuo para sistemas de 12, 24 o 48 V:

a. Lynx Smart BMS - Un BMS para nuestras baterías de litio Smart, con un monitor de baterías y Bluetooth. Utiliza comunicación VE.Can para leer información del fusible del distribuidor Lynx y para comunicarse con un dispositivo GX. Valor nominal de 500 A.

b. Distribuidor Lynx - para conectar hasta cuatro cargas CC o baterías y sus fusibles con su luz de indicación cada uno. (se pueden conectar varios). Valor nominal de 1000 A.

c. Shunt Lynx - un monitor de baterías y soporte de fusible principal. Utiliza VE.Can para comunicarse con un dispositivo GX y para leer el monitor de baterías. Valor nominal de 1000 A.

d. Lynx Power in - para conectar baterías (también puede usarse un distribuidor Lynx). Valor nominal de 1000 A.

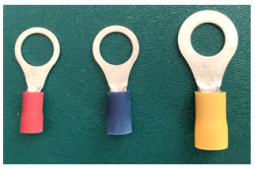



## 4.3. Conexiones de cables

Hay varias formas de conectar cables a baterías, a productos de Victron y a otros elementos de un sistema eléctrico.

**Pernos, tuercas, tornillos y terminales redondos**

Los tamaños habituales de las tuercas de tornillos de los productos de Victron son métricos, como M5, M6, M8 y M10.

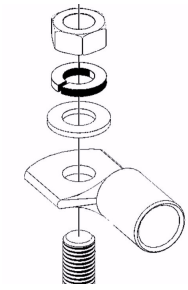


Los pernos que se usan en aplicaciones eléctricas suelen ser de latón estañado. Para evitar daños, aplique siempre la torsión especificada por el fabricante para apretar. Apretar demasiado puede hacer que el perno o la tuerca fallen. Consulte la torsión exacta en la documentación del producto.



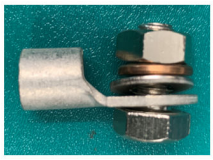
Los terminales redondos conectan cables a pernos y deben ajustarse al grosor del cable. Se necesita una herramienta especial de crimpado para fijar el terminal al cable. Si el terminal del cable no tiene aislamiento, asegúrese de ponerlo después.

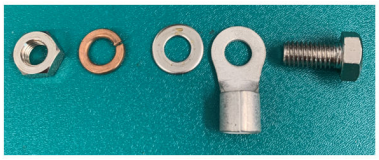
Cuando conecte un terminal redondo a un perno, coloque los componentes en este orden: arandela, arandela elástica y luego la tuerca. Asegúrese de que el terminal está al ras con la superficie de montaje. No coloque nada, como arandelas o fusibles, entre el terminal y la superficie, ya que esto puede reducir la capacidad de portar corriente de la conexión.



Use herramientas aisladas para apretar la tuerca. Un cortocircuito accidental de una batería puede ser muy peligroso, y las corrientes pueden derretir su llave inglesa si no está aislada o las chispas pueden hacer que la batería explote.

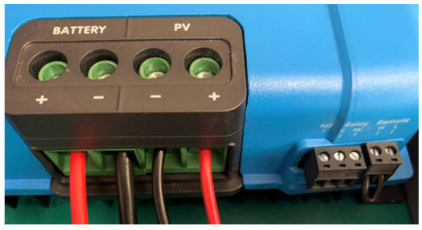




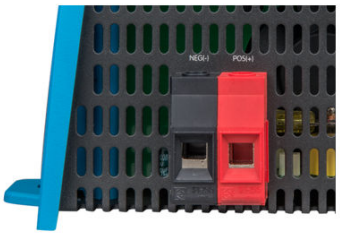


**Conectores de tornillo**

Los conectores de tornillo son de distintos tipos, formas y tamaños, adecuados para cables gruesos o finos. Consulte en el manual del producto o en la documentación del fabricante, los tamaños de cable mínimo o máximo que se pueden usar en un conector de tornillo.



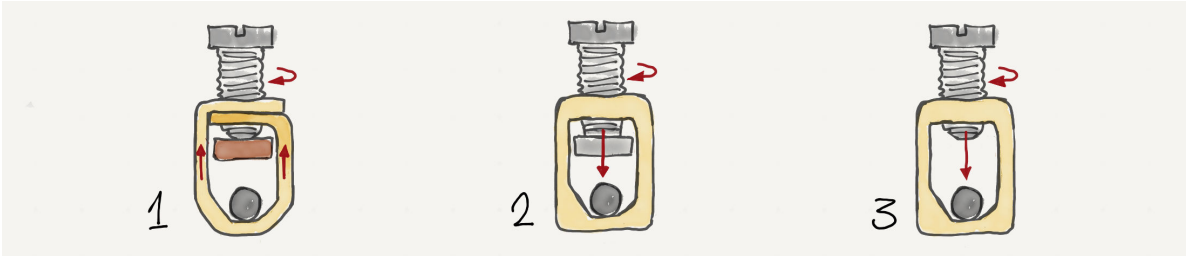


*Algunos ejemplos de terminales de tornillo*

Los tipos básicos de terminales de conectores de tornillo:

1. Terminal de pinza de carcasa que se eleva - El tornillo opera un mecanismo de carcasa que sube para presionar el cable hacia abajo, consiguiendo una conexión segura y uniforme.
2. Terminal de placa de presión o de pinza - El tornillo aprieta un placa de metal o pinza, que a su vez comprime el cable contra el terminal.
3. Terminal de tornillo estándar - Utiliza un tornillo sencillo que se aprieta directamente sobre el cable, comprimiéndolo contra la placa metálica.

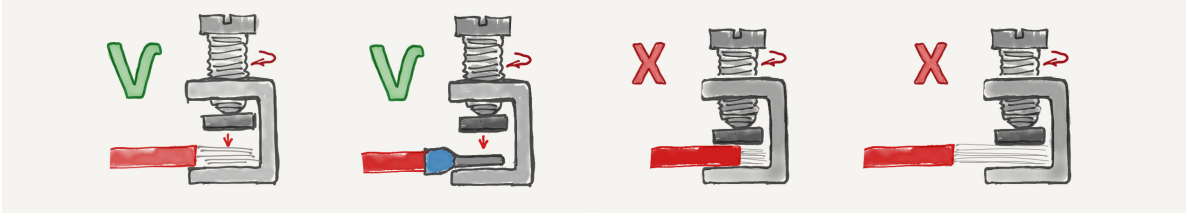



*De izquierda a derecha: terminal de pinza de carcasa que se eleva - terminal de placa de presión - terminal estándar*

Inserción del cable

Antes de introducir el cable, pele una longitud suficiente del aislante para exponer el cable desnudo. Si es necesario, use una puntera para fijar los filamentos.

Asegúrese de que no entra aislante en la cavidad del conector, ya que esto podría aumentar la resistencia, provocando sobrecalentamiento y llegando a derretir el conector. Por otro lado, compruebe que no se ve cable desnudo fuera del conector, ya que esto presenta riesgo de electrocución o cortocircuitos.




Los tornillos de los conectores eléctricos normalmente están hechos de latón estañado. Al apretarlos, use siempre la torsión especificada para evitar dañar el tornillo. Consulte los valores de torsión correcta en el manual del producto o en la documentación del fabricante.

Tipos de cables y terminación

En general, no use nunca cables con núcleo sólido, filamentos rígidos o gruesos o en los que los filamentos estén soldados (a menos que el terminal de tornillo esté diseñado para esto). Esto puede hacer que el contacto eléctrico no sea adecuado, lo que puede producir sobrecalentamiento o aflojamiento de la conexión.

Se recomienda usar punteras para alinear y proteger los filamentos del cable, garantizando un contacto óptimo con el conector de tornillo. Para más información, véase la siguiente sección.

**Punteras**

Las punteras son pequeñas fundas que se colocan en los extremo de cable pelados y mantienen los filamentos juntos para que las conexiones sean seguras.

Usos de las punteras:

- Filamentos que no se separan: Las punteras impiden que los filamentos se abran al introducirlos en un conector de tornillo o de presión, en particular en terminales de tornillo sin una carcasa o pinza de fijación del cable.
- Se evita que los filamentos del cable se separen durante la instalación, ya que los filamentos sueltos pueden causar fallos intermitentes en el sistema eléctrico.
- Filamentos tiesos: Las punteras enderezan y mantienen tiesos los filamentos, de modo que resulte más fácil introducirlos en los terminales de presión.
- Aspecto ordenado: Ayudan a montar un sistema de cableado limpio y ordenado.

Hay punteras de varios tamaños y tipos para diferentes cables y aplicaciones. Deben crimparse en el cable con una herramienta de crimpado especial.

Tipos de punteras:

- Punteras sin aislar, desnudas.
- Punteras aisladas con collarín de plástico El collarín proporciona protección personal y garantiza que la puntera no se introduce con demasiada profundidad en el conector.
- Punteras de doble cable para dos cables con un collarín de plástico. Se utilizan para introducir dos cables en un solo conector.



Uso de punteras con terminales de tornillos

Es fundamental usar punteras para conectar cables a los terminales de tornillo, especialmente cuando no tengan una pinza o carcasa de fijación. Es necesario usarlas en estas situaciones:

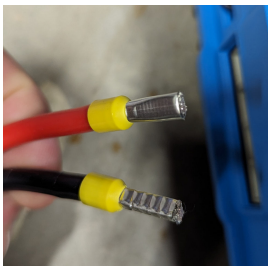
- Terminal de tornillo estándar: Se necesitan punteras.
- Terminal de placa de presión – Opcionales, pero recomendadas si el cable es mucho más pequeño que la carcasa del terminal de tornillo.
- Terminal de pinza de carcasa que se eleva – No se necesitan, pero la mayoría de los fabricantes admiten punteras.

Sin punteras, los filamentos de los cables pueden abrirse o quedarse enganchados en el tornillo, de modo que el contacto sea incompleto o los filamentos se dañen. Se puede ver en la imagen de la derecha: el cable de arriba tiene filamentos dañados con un mal contacto, mientras que el de abajo, protegido con una puntera, mantiene el contacto completo.



Crimpado de punteras

Use siempre una herramienta de crimpado especial para comprimir la puntera de forma segura alrededor de los filamentos del cable, garantizando una conexión duradera, segura y estanca al gas. Apretar una puntera en un cable sin crimparla hace que las conexiones sean débiles, como se muestra en la imagen de la derecha: la puntera de arriba, que no estaba crimpada, da lugar a una conexión débil, mientras que la puntera correctamente crimpada de abajo proporciona un enlace seguro.

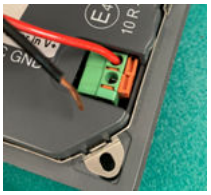


Orientación de la puntera

Asegúrese de que el tamaño del cable y la puntera encajan en la carcasa del conector.
La forma de crimpado debe coincidir con la forma de la carcasa. Al introducir la puntera, asegúrese de alinearla correctamente con la orientación de la carcasa del terminal.

**Conectores rápidos (de presión)**

Los conectores rápidos (de presión) son conectores de pinza con muelle. Algunos son de presión y otros tienen una palanca y un seguro para impedir que el cable se pueda sacar otra vez.



En este ejemplo se muestra cómo usarlas:

- Pele un tramo suficiente del aislamiento del cable.
- Presione hacia abajo la parte naranja con un destornillador plano.
- Introduzca el cable pelado.
- Evite que el aislamiento del cable entre en el conector. Esto puede producir una resistencia demasiado alta que puede hacer que el conector se caliente y llegue a derretirse.
- No deje que quede cable sin aislamiento (cable pelado) expuesto fuera del conector. Esto es peligroso ya que puede causar electrocución o un cortocircuito.
- Suelte la parte naranja.
- Ahora el cable está asegurado en su sitio. Tire suavemente de él para comprobar que está sujeto con seguridad.

**Conectores Faston**

Debe crimparse un terminal Faston al cable con una herramienta de crimpado especial. Estos conectores pueden encontrarse con y sin aislante y algunos tienen características especiales, como los conectores piggy back.





**Conectores MC**

Estos conectores se usan solamente para conectar paneles solares a otros paneles solares o a cargadores solares.

El más habitual es el MC4. Existen otros tipos, como MC1, MC2 y MC3, pero ya no se usan. Las letras MC se refieren a MultiContact, que es el nombre de uno de los fabricantes originales que ha permanecido. Las cifras de 1 a 4 se refieren a la sección de contacto del pin en $mm^2$.



Algunos datos:

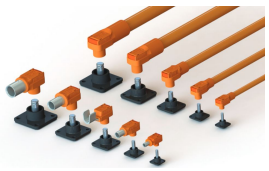
- Son resistentes al agua (IP67) y pueden usarse en exteriores
- Hay conectores macho y hembra.
- Admiten 20 A y 600 V (las versiones más recientes hasta 1500 V).
- Se necesita una herramienta especial para crimpar.
- Se pueden comprar como cables ya montados.
- Las piezas MC4 Y (o cables Y) se usan para conectar paneles solares en paralelo.

Para más información, véase el capítulo Solar [44].

**Conectores RADLOK™**

Amphenol ofrece conectores CC de presión Tienen un mecanismo de bloqueo positivo único que asegura el conector en su sitio y evita que se desconecte por accidente. El conector está diseñado para ser de alta fiabilidad y muy resistente a las condiciones medioambientales, como vibración, temperatura, humedad y exposición a agentes corrosivos.

Disponible en modelos de 70 - 400 A con valor nominal de hasta 1000 V, a menudo se usa con baterías gestionadas.



**Conectores Anderson**

Conectores con muelle fabricados en cobre estañado o recubierto de níquel para ser resistentes a la corrosión. Están disponibles en diferentes tamaños para adaptarse a distintos calibres de cable y necesidades de corriente. Se usan a menudo en automoción o aplicaciones móviles en las que se producen conexiones y desconexiones rápidas con frecuencia.

Asegúrese de que la corriente nominal se ajusta a la corriente de su sistema a plena carga. Tenga en cuenta que incrementarán la resistencia del cable si están situados entre la batería y el inversor. En ese caso, limite o evite su uso.



**Conectores de encendedor de coche**



Se suelen usar en aplicaciones de automoción sencillas. No pueden llevar corrientes de más de 10 A, por lo que no son adecuados para conectar un inversor. Además, tenga en cuenta que es posible que el circuito del coche tenga un fusible con un valor nominal incluso inferior a 10 A.

Cuando los use, tenga cuidado de introducir el enchufe correctamente y con suficiente profundidad. Si no se introduce correctamente, el conector puede calentarse y derretirse. Limite su uso o evítelo por completo.

**Pinzas de baterías**



Son solo para conexiones temporales. A menudo no tienen una corriente nominal lo suficientemente alta y nunca deben usarse de forma permanente en un sistema eléctrico. Limite su uso o evítelo por completo.

## 4.4. Terminales de crimpado

Algunas notas sobre los terminales de crimpado aislados. Estos tipos de terminales de crimpado se pueden encontrar fácilmente y son sencillos de usar.

Vienen en tres colores: rojo, azul y amarillo. Estos colores indican el color de cable que puede usarse con el terminal de crimpado:

- Rojo - para cables entre 0,5 y 1,5 $mm^2$.
- Azul - para cables entre 1,5 y 2,5 $mm^2$.
- Amarillo - para cables entre 2,5 y 6 $mm^2$.

La siguiente tabla indica la corriente máxima para cada color de terminal de crimpado cuando se usan distintas longitudes de cable.



| Colour | wire size $mm^2$ | wire size AWG | 5 m cable max A | 10 m cable max A | 15 m cable max A | 20 m cable max A |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Red** | 0.5 - 1.5 | 22-16 | 4.5 | 2.3 | 1.5 | 1.1 |
| **Blue** | 1.5 - 2.5 | 16-14 | 7.5 | 3.8 | 2.5 | 1.9 |
| **Yellow** | 2.5 - 6 | 10-12 | 18 | 9 | 6 | 5 |

Los terminales de crimpado están disponibles con distintas formas como se indica en la tabla siguiente.

| Spade female | Spade female Isolated | Spade male | Fork | Bullet female | Bullet male | Pin | Butt splice | Eye | Blade |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

**De izquierda a derecha:**

- Terminal Faston hembra, sin aislar.
- Terminal Faston hembra, aislado.
- Terminal Faston macho.
- Terminal de horquilla.
- Terminal cilíndrico hembra - no recomendamos el uso de este tipo de terminales porque a menudo no hacen un buen contacto y son una fuente de problemas en el sistema.
- Terminal cilíndrico macho - no recomendamos el uso de este tipo de terminales porque a menudo no hacen un buen contacto y son una fuente de problemas en el sistema.
- Terminal de pins.
- Terminal de empalme - no recomendamos el uso de este tipo de terminales porque a menudo no hacen un buen contacto y son una fuente de problemas en el sistema. Una mejor opción es el conector Compact Splicing 221-482 de WAGO para cables de hasta 4 mm². Para más información, véase este enlace: https://www.wago.com/global/installation-terminal-blocks-and-connectors/compact-splicing-connector/p/221-482.
- Terminal plano.

Use una herramienta de crimpado de trinquete profesional para crimpar correctamente los terminales en el cable. La acción de trinquete garantiza que se aplica la presión adecuada al crimpado. La herramienta tiene tres zonas de crimpado, indicadas con puntos de color rojo, azul y amarillo. Estos puntos se corresponden con el color del terminal de crimpado. En la siguiente imagen puede ver un ejemplo de herramienta de crimpado profesional.

Antes del crimpado, asegúrese de que el aislante del cable no se ha introducido con demasiada profundidad en el terminal de crimpado. El terminal de crimpado tiene dos secciones de crimpado diferentes: una para el núcleo del cable y otra para el aislante del cable. La herramienta de crimpado profesional crimpará ambas secciones con una presión diferente.

Tras el crimpado, es conveniente comprobar que el terminal está correctamente crimpado tirando suavemente del cable.




## 4.5. Recorridos de cables

Al colocar y conectar cables entre los componentes de un sistema, hay varias cosas prácticas a tener en cuenta con respecto al recorrido. Aunque haya seguido las recomendaciones para colocar los cables correctamente, aún hay algunos factores relacionados con los cables que pueden causar problemas en un sistema.

**Use el grosor de cable correcto y si hace falta, use cable doble.**

En el capítulo Teoría [2] de este libro se explica por qué los cables tienen que tener un determinado grosor y los efectos negativos de un cable demasiado fino. No obstante, es posible que el grosor de cable necesario no esté disponible o sea difícil de obtener. Además, los cables muy gruesos son difíciles de manejar y no se pueden doblar en ángulos acusados. En esos casos, se pueden usar dos cables en lugar de unos solo. Muchos inversores e inversores/cargadores tienen dos terminales positivas y dos negativas precisamente para esto.

Cuando se usen cables dobles, es posible que cada uno necesite su propio fusible. Los requisitos pueden variar según el país y la aplicación, le rogamos que revise la normativa local a este respecto.

Otro requisito local puede ser que cada uno de los conductores ha de poder llevar la carga completa, de modo que, en ese caso, no será posible usar cables dobles. Consulte su normativa local para saber si esto le afecta.

**Use cables de la menor longitud posible:**

Intente mantener los cables de corriente elevada, como batería e inversor o inversor/cargador lo más cerca posible entre sí. Pero tenga cuidado de no colocar equipos electrónicos encima de las baterías de plomo-ácido, ni siquiera si están selladas.

De esto modo, no necesitará usar cables muy gruesos. Cuanto más cerca estén las baterías, más corto será el cable y más fino podrá ser.

**No olvide que los cables generan calor.**

Eso se debe a la resistencia del cable cuando la corriente pasa por él. Cuanto mayor sea la caída de tensión, más calor se generará. Por ejemplo, si la caída de tensión es del 2,5 %, significa que si pasa a través del cable una potencia de 1000 W, el 2,5 % se disipará en forma de calor. De modo que para una carga de 1000 W, serán 25 W de calor.

Es importante que el calor generado pueda disiparse.

Si los cables están dentro de un conducto para cables, por ejemplo, es posible que el calor no pueda disiparse y los cables lleguen a calentarse demasiado. La única solución, en este caso, es aumentar el grosor del cable y quizá incluso ponerlo doble.

Use conductos de cable que estén abiertos por la parte superior. También puede usar cables más gruesos, de modo que la caída de tensión sea menor y, en consecuencia, se genere menos calor. Véanse los capítulos Corriente, resistencia del cable y caída de tensión [8] y Efectos negativos de la caída de tensión del cable [11] para más información.

Otra opción puede ser hacer funcionar el sistema a plena carga y observar los cables con una cámara térmica. De esta forma también se pueden detectar conexiones sueltas y terminales mal crimpados.

**Mantenga los cables flojos en vez de tirantes**

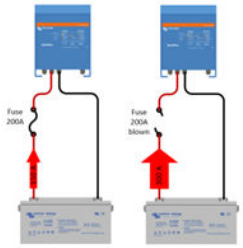
No es adecuado tener cables tensos juntos con la vibración del vehículo. Los terminales crimpados y los polos de la batería estarán sometidos a demasiada tensión y acabarán soltándose con el tiempo. Un buen ejemplo de esto es el cableado entre baterías para formar una bancada de baterías grande. Si los cables de interconexión no están un poco flojos y las baterías no son totalmente inmóviles, habrá demasiada tensión en los polos de las baterías y en los terminales de los cables, que pueden llegar a soltarse o dañarse.

**Utilice pasacables antitracción**

Los cables gruesos son pesados, no deje que todo el peso de una cable grueso cuelgue por completo de un inversor, un inversor/cargador o una conexión de batería. Esto es particularmente importante si la instalación está sometida a vibraciones. Los pasacables antitracción o los soportes para montaje de cables soportarán el peso del cable.

## 4.6. Fusibles CC y disyuntores de circuito

Un fusible es un dispositivo eléctrico de seguridad que protege los cables de un circuito de corrientes excesivas, que pueden causar sobrecalentamiento o un incendio.



El fusible se coloca en el cable de alimentación de un dispositivo eléctrico. Cuando pase por el fusible una corriente superior a su corriente nominal durante un determinado periodo de tiempo, el fusible se fundirá. Una vez que el fusible se ha fundido, ya no pasa corriente por el circuito. Pueden darse situaciones en las que la corriente es mayor de lo esperado cuando un dispositivo eléctrico tiene un fallo o si hay un cortocircuito en el circuito eléctrico.

**El fusible protege a los cables y a los equipos de:**

- Sobrecorriente - cuando pasa por un cable más corriente de la nominal.
- Cortocircuito - cuando un conductor entra en contacto con otro conductor por accidente.

**¿Cómo funciona un fusible?**

Hay tres tipos de mecanismos de fusible, que son:

- Fusible de hilo (un solo uso).
- Fusible térmico (rearmable).
- Fusible magnético (rearmable).

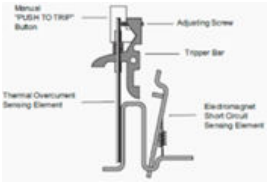
**El fusible de “un solo uso”:**



Tradicionalmente, el fusible contiene un hilo o una tira de metal que se funde en cuanto es atravesado por una corriente inaceptablemente alta. Cuando el hilo del fusible se derrite, el circuito eléctrico se rompe y ya no puede pasar más corriente por él. Una vez que el fusible se ha fundido tendrá que sustituirse por uno nuevo para que el circuito vuelva a funcionar. Estos fusibles son fusibles de un solo uso. Una vez que se han fundido no se pueden restablecer. Tienen que sustituirse por uno nuevo.

**El fusible rearmable (o automático):**

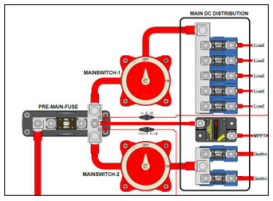
Otro tipo de fusibles son los automáticos, a menudo llamados disyuntores o disyuntores en miniatura (CB o MCB, por sus siglas en inglés). Estos dispositivos interrumpen el flujo de corriente cuando se detecta una corriente elevada. A veces se vuelven a conectar cuando ha pasado la situación de corriente elevada, o tienen que restablecerse manualmente. A diferencia de los fusibles tradicionales, no hace falta reemplazarlos.




Estos fusibles tienen dos formas de funcionamiento, térmico o magnético, o una combinación de ambas:

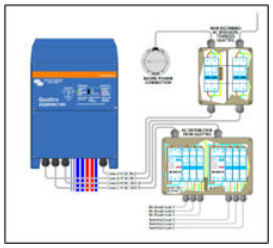
- El disyuntor térmico contiene una tira bimetálica que se calienta cuando pasa una sobrecorriente. Al calentarse se dobla y así interrumpe la trayectoria de la corriente.
- El disyuntor magnético contiene un electroimán sensible a las corrientes elevadas. Cuando pasa una corriente elevada, el electroimán crea una campo magnético lo suficientemente fuerte como para interrumpir el paso de la corriente.

**Ubicación de los fusibles CC:**



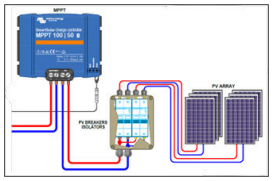

Cada consumidor eléctrico que se conecte a una batería ha de tener un fusible. El fusible se coloca en el cable positivo. Cada consumidor eléctrico necesita su propio fusible. Independientemente de la potencia nominal del equipo. Las baterías pueden producir corrientes muy elevadas que pueden causar un incendio. Si el consumidor eléctrico desarrolla un fallo y se cortocircuita a nivel interno, pasará una corriente muy alta, que podría crear riesgo de incendio. Un circuito CC suele contar con un fusible principal de batería, y después se ramifica a cada uno de los consumidores. Cada consumidor eléctrico tiene un fusible independiente.

**Ubicación de los disyuntores de CA:**



Los disyuntores están situados cerca del punto de entrada de la red pública o del generador en el panel eléctrico. El disyuntor de CA se sitúa en el conductor que lleva la corriente o en el conductor que lleva la corriente y en el neutro. Se usan disyuntores de uno o dos polos. Normalmente hay un disyuntor principal por cada fuente de CA, y tras él, el suministro se ramifica en varios grupos. Cada grupo tienen un disyuntor, que protege a un grupo de consumidores eléctricos de CA.

**Ubicación de los disyuntores del conjunto FV:**




Es necesario poner un fusible entre el conjunto FV y el cargador solar. Consulte a las autoridades locales, ya que la normativa puede ser diferente según el tipo de aplicación y el país.

**Portafusibles**

Los fusibles han de colocarse en portafusibles. El portafusible mantiene el fusible en su sitio de forma segura. Y en algunos casos, también proporciona aislamiento eléctrico. Los disyuntores normalmente se montan en un carril DIN. Los fusibles y los disyuntores se suelen colocar en un panel eléctrico, preferiblemente en una caja cerrada.

**Clasificación de fusibles y selección del fusible correcto:**

Hay cuatro criterios para la selección de un fusible: .

- Corriente nominal
- Tensión nominal
- Potencia de interrupción (véase: Potencia de interrupción de interrupción y selección de fusible para sistemas de litio [37])
- Velocidad
- Tipo

Es importante elegir el fusible correcto, que se ajuste al circuito y que se ajuste al consumo de energía de los equipos de ese circuito. La clasificación del fusible aparece en el propio fusible o puede encontrarse en su ficha técnica o en sus especificaciones.

**Corriente nominal**

Si solo hay un consumidor eléctrico en ese circuito, el fusible tendrá que ajustarse a la corriente nominal de ese aparato o a la corriente nominal del cable, la que sea menor de las dos. Si hay varios consumidores eléctricos en el circuito, el fusible tendrá que ajustarse a la corriente nominal del cableado del circuito.

**Tensión nominal**

La tensión nominal del fusible debe ser por lo menos igual a la tensión máxima esperada en el sistema. El fusible ha de estar específicamente clasificado para el tipo correspondiente, CC y/o CA. La mayoría de los fusibles CC son adecuados para 12 y 24 V, pero no necesariamente sirven para 48 V o más. Tenga en cuenta que no todos los fusibles o disyuntores pueden usarse en circuitos CA y CC. Si el fusible se puede usar en CA y CC, la tensión nominal de CA suele ser mayor que la de CC. Además, observe que los disyuntores pueden no ser unidireccionales, de modo que, para la CC, es importante cómo se conectan en el circuito.

**Velocidad**

La velocidad de un fusible es el tiempo que necesita para abrirse cuando se produce un fallo de la corriente. Viene determinada por el material del fusible, su mecanismo, la corriente y la temperatura.

Hay fusibles de fusión rápida y lenta:

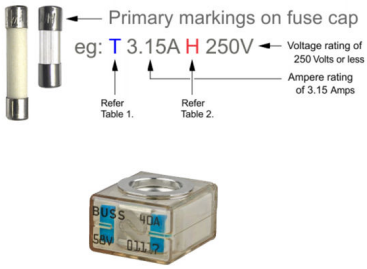
- Los fusibles lentos se usan normalmente en aplicaciones CC que pueden encontrarse en circuitos de automoción y marinos. Estos circuitos contienen consumidores eléctricos con una alta corriente de arranque, como motores, o dispositivos con condensadores, como un inversor. El fusible de fusión lenta soportará una corriente inicial alta y de corta duración, lo que permitirá arrancar un motor.
- Los fusibles de fusión rápida se usan en aplicaciones de CA. Los consumidores de CA suelen ser sensibles a los cambios en el flujo de la electricidad, de modo que necesitan un fusible que reaccione rápido para protegerlos. Pero en algunos casos, un aparato de CA puede tener una alta corriente de arranque. Esto es lo que sucede con electromotores, como neveras, equipos de aire acondicionado y compresores. En estas situaciones, se necesitará un fusible más lento.

Clasificación de velocidades de los fusibles:

- FF Actuación muy rápida (Flink Flink).
- F Actuación rápida (Flink).
- M Actuación de velocidad media (Mitteltrage).
- T Actuación lenta (Trage).
- TT Actuación muy lenta (Trage Trage).

### Indicaciones de los fusibles

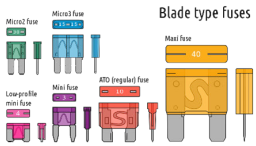
Los fusibles tienen sus valores nominales escritos. Pero es posible que falte información. Un buen lugar para encontrar más información son las especificaciones del fusible. Se pueden encontrar fácilmente en Internet o se las puede pedir al proveedor.

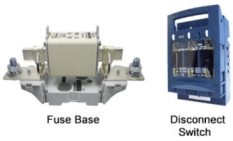





| | |
|---|---|
| Catalog Number | Marine Rated Battery Fuses |
| Application | Full range circuit protection for automotive and marine applications. Break in capacity meets the requirements of conventional vehicle batteries and 42V electrical networks |
| Voltage Rating | 58Vdc Maximum |
| Amperage Rating | 30A - 300A |
| Ingress Protection | IP66 |
| Ignition Protected | Per SAEJ1117 |
| Interrupt Rating | 10000 AMP @ 14Vdc 5000 AMP @ 32Vdc 2000 AMP @ 58Vdc |
| Torque Rating | Maximum 12 N•m (106 in-lbs) |
| Material | Body - Ceramic Housing & Cover: UL-rated 94V0 Thermoplastic Ring Terminals - Tin Plated |

### Resumen de tipos de fusibles

| Tipo de fusible | Fusible | Portafusibles |
|---|---|---|
| **Fusibles de cristal o de cerámica**<br>• Fusible de hilo<br>• Hasta aproximadamente 60 A<br>• Hasta 250 VCA o CC<br>• Rápido o lento |  |  |
| **Fusible de cuchilla (automoción)**<br>• Fusible de hilo<br>• Hasta 120 A<br>• 32 VCC<br>• Lento |  |  |
| **Fusibles MIDI**<br>• Fusible de hilo<br>• 23 - 200 A<br>• 32 VCC<br>• Lento |  |  |
| **Fusibles MRBF Cooper Bussmann**<br>• Fusible de hilo<br>• 30 - 300 A<br>• 58 Vcc<br>• Apto para usos marinos<br>• Para lugares con limitación de espacio. Se puede montar directamente en un terminal CC, por ejemplo, en un embarrado. También reduce la cantidad total de cable y terminales de crimpado necesarios. |  |  |
| **Fusibles CNN**<br>• Fusible de hilo<br>• 10 - 800 A<br>• 48 VCC, 125 VCA<br>• Rápido |  |  |

| Tipo de fusible | Fusible | Portafusibles |
|---|---|---|
| **Fusibles MEGA**<br>• Fusible de hilo<br>• 40 - 500 A<br>• 32 Vcc<br>• Lento |  |  |
| **Fusibles ANL**<br>• Fusible de hilo<br>• 35 - 750 A<br>• 32 VCC<br>• Rápido |  |  |
| **Fusibles NH**<br>• Fusible de hilo<br>• Hasta 1000 A<br>• 500 - 690 VCA 440 - 550 VCC<br>• Diferentes velocidades disponibles |  |  |
| **Disyuntores (CB o MCB)**<br>• Térmicos y magnéticos<br>• Diferentes corrientes nominales<br>• Diferentes tensiones<br>• CA o CC<br>• Diferentes velocidades<br>• Se monta sobre un carril DIN |  |  |

### 4.6.1. Potencia de interrupción de interrupción y selección de fusible para sistemas de litio

Las baterías de litio pueden proporcionar corrientes de cortocircuito muy elevadas. En caso de fallo, la posible corriente de fallo puede ser más alta que en sistemas plomo-ácido comparables. Por esta razón, al seleccionar el fusible, es necesario tener en cuenta no solo la corriente continua nominal sino el valor nominal de interrupción.

La potencia de interrupción, llamada a veces capacidad de corte, es la corriente de fallo máxima que un fusible puede interrumpir de forma segura sin fundirse, romperse ni explotar. Si la potencia de interrupción es inferior a la corriente de cortocircuito disponible, el fusible puede fallar de forma catastrófica.

En todas las instalaciones de batería de litio, al menos un fusible de la línea CC debe tener una potencia de interrupción igual o mayor que la máxima corriente de cortocircuito posible de la bancada de baterías. Este es un requisito de seguridad obligatorio.

**Fusibles T**

El fusible T es una solución de alto rendimiento con una potencia de interrupción muy alta y respuesta rápida. Es muy adecuado para sistemas de baterías de litio y se integra a la perfección en el sistema Lynx. No obstante, no se encuentra con facilidad en todos los mercados.

**Fusibles alternativos**

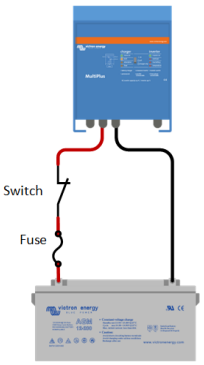
Se pueden usar otros tipos de fusibles adecuados con una potencia de interrupción apropiada, siempre que la corriente continua nominal, la tensión CC nominal y la potencia de interrupción se ajusten a los parámetros del sistema.

**Tipos de fusibles**

| Fusible | Tensión CC máxima | Corriente nominal de interrupción |
|---|---|---|
| Fusible clase T (Eaton Bussmann) | 160 V | 200 kA |
| Fusible clase T (distintos fabricantes) | 125 a 300 V | 20 kA |
| Fusibles de cuchilla NH (distintos fabricantes) | 250 V | 25 kA |

| Fusible | Tensión CC máxima | Corriente nominal de interrupción |
|---|---|---|
| Fusible Blue Sea ANL (Blue Sea) | 80 V | 6000 A |
| Fusibles AMX(L) (Eaton Bussmann) | 125 V | 3000 A |
| Fusible MEGA Littelfuse (Littelfuse) | 70 V | 2500 A |
| Fusible terminal MRBF 58 V (Blue Sea) | 58 V | 2000 A |
| Fusible MEGA Littelfuse (Littelfuse) | 58 V | 1000 A |

## 4.7. Interruptores de aislamiento CC




Se puede usar un interruptor de aislamiento de la batería para aislar la batería (o la bancada de baterías) del resto del circuito eléctrico. O para aislar una fuente o un consumidor eléctrico de CC de un circuito eléctrico.

Poder aislar una batería o un consumidor CC del circuito eléctrico es útil en caso de que el sistema no vaya usarse durante un cierto periodo de tiempo o para realizar tareas de mantenimiento del sistema. Cuando seleccione un interruptor de aislamiento asegúrese de que la corriente nominal del interruptor sea adecuada para las corrientes que se pueden esperar en el sistema a plena carga.

Las normas y orientaciones sobre aislamiento de baterías varían según el país, pero se recomienda que, si la batería necesita aislamiento, solo se aísle el cable positivo de la misma.

Puede que ni siquiera sea necesario añadir un interruptor de aislamiento. Los sistemas CC siempre deben contener un fusible principal. Si se retira el fusible, también se romperá el circuito. De modo que, si es necesario hacer labores de mantenimiento en el sistema o hay que cambiar la batería, con retirar el fusible principal será suficiente para aislar la batería del resto del sistema.

Use siempre interruptores de aislamiento de calidad. El interruptor de aislamiento añadirá resistencia al sistema. Un interruptor de mala calidad tendrá más resistencia, lo que puede aumentar la caída de tensión y causar problemas en el sistema.

Los interruptores de aislamiento tienen una corriente continua (compruebe que es CC) y una tensión nominales determinadas y a menudo también están diseñados para una corriente de 5 minutos y una corriente pico de pocos segundos.

Algunos interruptores de aislamiento no están diseñados para interrumpir la corriente (en particular, la corriente CC) y algunos interruptores de batería no pueden conmutar si hay una carga. Consulte las especificaciones técnicas del interruptor de aislamiento.

**Tipos de interruptores de aislamiento:**

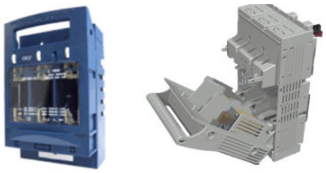
- Interruptor de aislamiento de baterías para sistemas móviles (normalmente 12 y 24 V). Tenga en cuenta que el interruptor de batería ON/OFF 275 A de Victron Energy puede conmutar 12, 24 y 48 V.
- Disyuntores montados en carril DIN para sistemas terrestres para baterías y FV (normalmente de 48 V y más).
- Interruptor de portafusibles NH para sistemas terrestres de alta corriente para baterías y FV (normalmente de 48 V y más).




*Interruptor de batería ON/OFF 275 A de Victron Energy*



*MCB CC de alta corriente.*



*Se pueden usar portafusibles NH como disyuntores.*

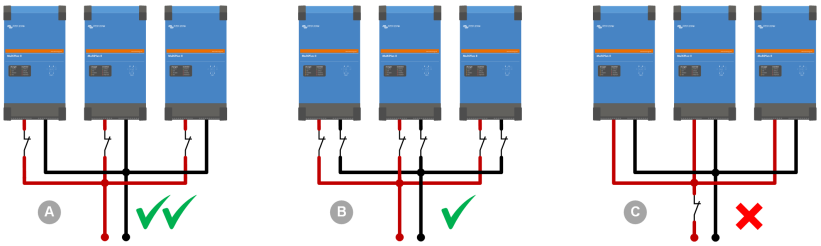
**Sistemas con varios inversores o inversores/cargadores**

Cada unidad ha de tener un fusible independiente. Asegúrese de usar el mismo tipo de fusible en cada unidad. De este modo se garantiza que cada trayecto CC tiene la misma resistencia.

No utilice un solo disyuntor o fusible grande para todo el sistema. Un cortocircuito u otro fallo en un solo inversor/cargador raramente tendrá una resistencia tan baja como para que salte el fusible grande. Si el fusible no salta, la corriente seguirá fluyendo a un nivel peligrosamente elevado que podría dañar el cableado interno o externo del inversor/cargador.

Es preferible, pero no obligatorio, mantener una conexión CC negativa continua en el sistema y que solo se conmute, proteja o se dote de un fusible a la conexión CC positiva de cada inversor/cargador. Esto se debe a la dificultad de arreglar una conexión suelta en la trayectoria negativa de la CC, sobre todo en sistemas formados por varias unidades (en paralelo, en fase dividida o en trifásica).

No obstante, no se necesita una conexión negativa continua porque ciertas instalaciones pueden necesitar que el negativo CC esté protegido con un fusible o disyuntor.




A. *La alimentación CC positiva de cada unidad se conmuta por separado.*

B. *La alimentación CC positiva y negativa de cada unidad se conmuta por separado.*

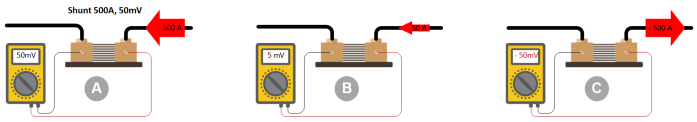
C. *La alimentación principal a todas las unidades se conmuta en su totalidad. Tenga en cuenta que no se recomienda hacer esto.*

## 4.8. Shunt

Se añade un shunt al sistema para medir el flujo de corriente y se usa para monitorizar el sistema y para calcular el estado de carga de la batería.

Un shunt es un elemento resistivo usado para medir corriente. Cuando pasa corriente por el shunt, se crea una pequeña caída de tensión proporcional a la corriente. Esta caída de tensión aumenta con corrientes más elevadas y se reduce con corrientes más bajas. Si el flujo de corriente se invierte, la caída de tensión invertirá la polaridad. Midiendo la caída de tensión a través del shunt, se puede determinar el valor y la dirección de la corriente. Esta información se puede usar para determinar cuánta corriente entra en una batería o sale de ella y calcular el estado de carga de la batería.

Un shunt tienen una corriente y una tensión nominales, por ejemplo, de 500 A y 50 mV. Esto significa que si pasa una corriente de 500 A por el shunt, habrá una caída de tensión de 50 mV (= 0,05 V) en el mismo.




A. *Una corriente elevada pasa por un shunt.*

B. *Una corriente inferior pasa por un shunt.*

C. *Una corriente inversa pasando por un shunt.*

El shunt ha de tener una corriente nominal que se ajuste a las máxima corriente CC que pasará por todos los consumidores eléctricos del sistema juntos.

Ejemplo: Un inversor conectado a una batería tendrá una corriente máxima igual a su valor nominal pico. Un inversor de 3000 VA con una potencia pico de 6000 W a 12 V extraerá una corriente de 500 A.




A. *Shunt BMV de 500 A.*

B. *SmartShunt de 2000 A.*

C. *Shunt de 6000 A.*

El SmartShunt de Victron está disponible en versiones de 500 A, 1000 A o 2000 A y 50 mV. El monitor de baterías BMV de Victron viene con un shunt de 500 A y 50 mV. En caso de que este shunt no sea suficiente, será necesario uno más grande. Los shunts de 50 mV de Victron están disponibles en 500 A, 1000 A, 2000 A y 6000 A. Si usa un shunt con una tensión o corriente nominal diferente, asegúrese de cambiar los parámetros del shunt en los ajustes del monitor de baterías BMV.

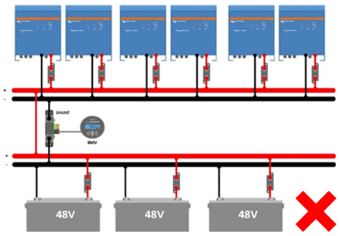
Por motivos de seguridad, normalmente el shunt se coloca en el cable negativo. El shunt tiene que ser el último elemento antes de la bancada de baterías o del embarrado de la bancada de baterías. Todos los consumidores eléctricos y las fuentes de CC tienen que conectarse después del shunt. En el diagrama de la derecha se puede ver cómo conectar correctamente el shunt al sistema.



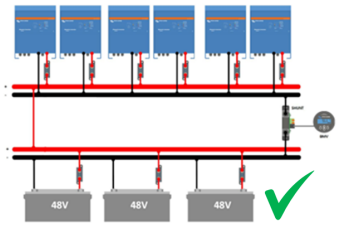

Los shunts también pueden colocarse en otros sitios del sistema, para medir un determinado consumidor eléctrico o fuente de CC. Normalmente se conectan a un amperímetro.

Un shunt mal colocado puede ocasionar problemas, especialmente en sistemas grandes en los que hay un largo recorrido entre la batería y los inversores/cargadores. Al invertir, el inversor/cargador cercano al shunt “verá” una tensión de entrada CC inferior a la de las unidades más alejadas del shunt. Por el contrario, al cargar, las baterías cercanas al shunt “verán” una tensión de entrada CC inferior a la de las unidades más alejadas del shunt. Véanse las siguientes imágenes.

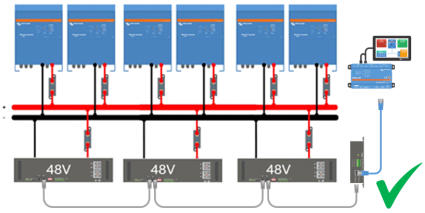
Para resolverlo, aleje el shunt del cable positivo (aunque no es lo ideal) o considere usar baterías inteligentes que generen su propio estado de carga, eliminando así la necesidad de un shunt.




*El shunt no está bien colocado.*




*El shunt está bien colocado.*




*Se usan baterías Smart y no hace falta un shunt.*

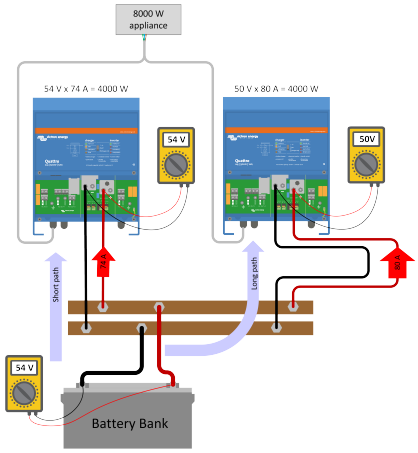
## 4.9. Cableado CC de un sistema paralelo y/o trifásico

Se puede crear un inversor/cargador grande o trifásico conectando varios inversores/cargadores. Estas unidades se comunican entre sí y juntas conforman un gran inversor/cargador. Todas han de estar conectadas a la misma bancada de baterías. Al hacer el cableado de una instalación como esta, hay algunas consideraciones importantes con respecto a los cables de la batería.

Para un funcionamiento correcto, es fundamental que cada unidad reciba exactamente las mismas tensiones. Para ello, el recorrido CC desde la bancada de baterías a cada una de las unidades, o desde el embarrado a cada una de las unidades, debe ser exactamente igual.

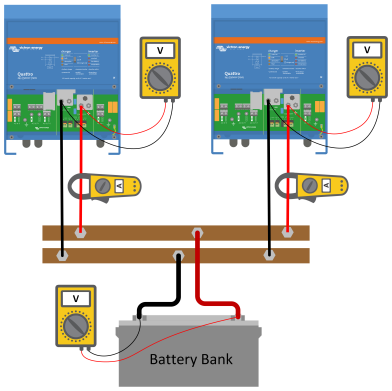
Si hay diferencias en el grosor o la longitud de los cables entre las unidades, habrá diferencias entre las tensiones de estas unidades.

Diferentes tensiones implican diferentes corrientes. La unidad con la tensión más baja tendrá una mayor corriente pasando por su sistema electrónico. La sobrecarga del inversor/cargador se dispara por la intensidad de esta corriente. De modo que aunque la potencia proporcionada por cada inversor sea la misma, la unidad con la menor tensión tendrá una corriente más elevada pasando por ella y entrará en sobrecarga antes que las otras unidades. La potencia total de inversor del sistema será entonces inferior porque cuando una unidad entra en sobrecarga, todo el sistema deja de funcionar. La unidad con el cableado inadecuado determinará el rendimiento de todo el sistema.




Para conseguir un sistema equilibrado, tendrá que usar cables del mismo tipo, sección y longitud desde la bancada de baterías o los embarrados a cada unidad. Además, asegúrese de que los terminales de todos los cables son idénticos y de que todas las conexiones están apretadas con el mismo valor de torsión. Considere el uso de bornes de embarrado entre la bancada de baterías y los inversores/cargadores.

Cuando coloque fusibles en la instalación, considere usar un solo fusible CC por fase. Si no puede disponer de un solo fusible grande, use un fusible por unidad, pero asegúrese de que son todos exactamente iguales.




Para comprobar si el cableado de un sistema es correcto o para solucionar problemas de cableado, siga los siguientes pasos:

- Cargue el sistema hasta la carga máxima.
- Coloque la pinza amperimétrica en los cables CC de cada unidad.
- Compare las lecturas de corriente, todas las unidades deberían tener corrientes CC similares.

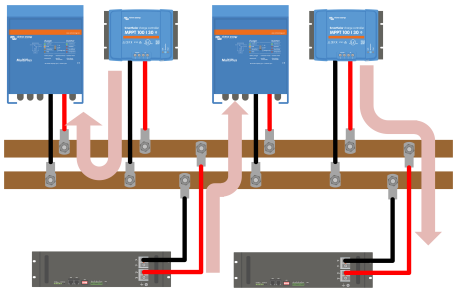
También puede medir la tensión en el embarrado o en la bancada de baterías y compararla con las tensiones que ha medido en los terminales de la batería de cada unidad. Todas estas lecturas de tensión deben ser idénticas.

Para más información sobre sistemas paralelos y trifásicos véase este enlace: https://www.victronenergy.com/live/ve.bus:manual_parallel_and_three_phase_systems.

## 4.10. Embarrados de sistemas grandes

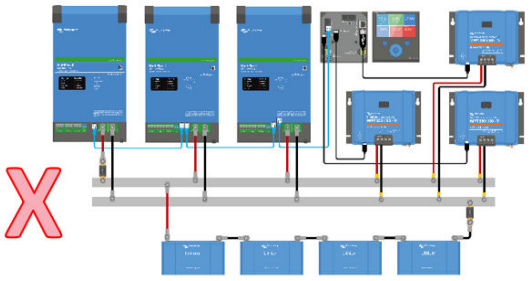
Las instalaciones grandes suelen estar formadas por varios consumidores CC y varias fuentes CC, como varias baterías, varios inversores/cargadores y varios cargadores solares. Todos ellos se conectan a un embarrado central. Al hacer las conexiones de estas instalaciones, es necesario considerar varias cosas.

En estos sistemas, tendrá que usar embarrados, y además, es importante la forma y el orden en que los equipos están conectados al embarrado. Es importante conectar alternativamente los inversores/cargadores y los cargadores solares a los embarrados. De este modo se reducirá el flujo de corriente a través de los embarrados. En otras palabras, la corriente que llega al embarrado desde un cargador solar puede llegar por un corto trayecto directamente al inversor o a la batería. Esta corriente no necesita pasar por todo el embarrado. Así se mantiene un “tráfico” local reducido.

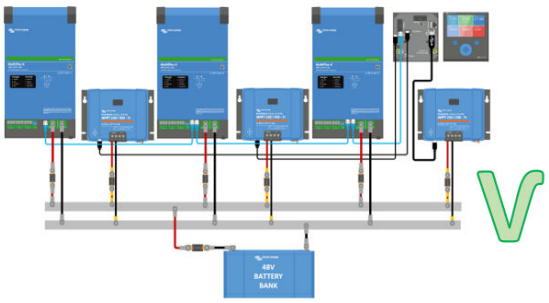


*Flujo de corriente a través del embarrado.*

Al hacer las conexiones, asegúrese de que todos los inversores/cargadores tienen la misma longitud de cable. Los cargadores solares también tienen que tener aproximadamente la misma longitud de cable. Y lo mismo para las baterías.

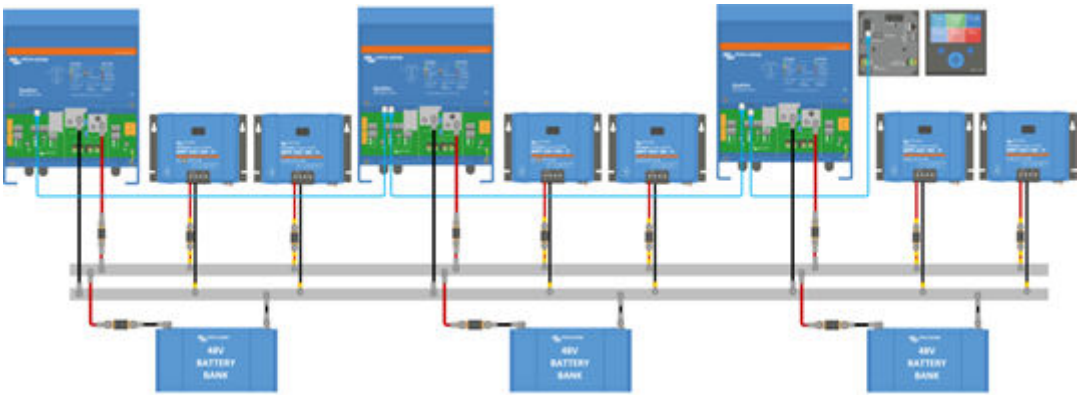


*No ponga todos los inversores/cargadores en un lado y los cargadores solares en otro.*



*Intercale los inversores/cargadores y los cargadores solares.*

Si el sistema tiene solo una bancada de baterías, debe conectarla en el medio de los embarrados. Pero en el caso de varias bancadas de baterías o baterías inteligentes en paralelo, deben distribuirse uniformemente a lo largo de los embarrados.



*Si el sistema tiene baterías individuales, intercálelas también con los inversores/cargadores y los cargadores solares.*

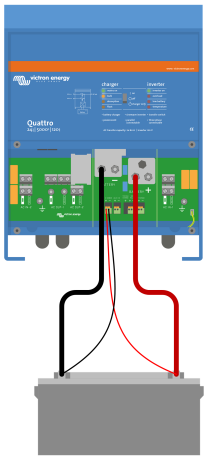
## 4.11. Detección y compensación de tensión

La detección de tensión es una característica del cargador de baterías. Funciona midiendo la diferencia entre la tensión de la unidad y la tensión en los polos de la batería. Tan pronto como se detecta una diferencia, la tensión de carga se incrementa para compensar las pérdidas del cable durante la carga. Esto garantiza que las baterías siempre se cargan con la tensión correcta. Esta función normalmente solo compensará pérdidas de tensión de hasta 1 V. Si las pérdidas del sistema son superiores a 1 V (por ejemplo, 1 V sobre la conexión positiva y 1 V sobre la conexión negativa), el cargador de la batería, el cargador solar o el inversor/cargador reducirán su tensión de carga de modo que la caída de tensión permanezca limitada a 1 V. Esto se debe a que si las pérdidas son superiores a 1 V, como los cables de la batería son demasiado finos y no pueden llevar una corriente elevada, será necesario reducir la corriente de carga.

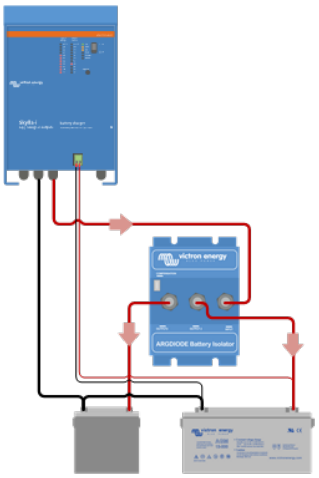
También se puede usar la detección de tensión para compensar las caídas de tensión cuando se usen separadores de diodos. Un separador de diodos tiene una caída de tensión de 0,3 V en el diodo.

Algunos productos de Victron, como los inversores/cargadores o los cargadores grandes, tienen detección de tensión integrada. Para otros productos, como los cargadores solares y los cargadores de baterías Smart tendrá que añadir un Smart Battery Sense.

Si el producto tiene un terminal de detector de tensión (V-sense), se pueden conectar directamente dos cables desde el detector a los terminales positivo y negativo de la batería. Utilice un cable con una sección de 0,75 mm².



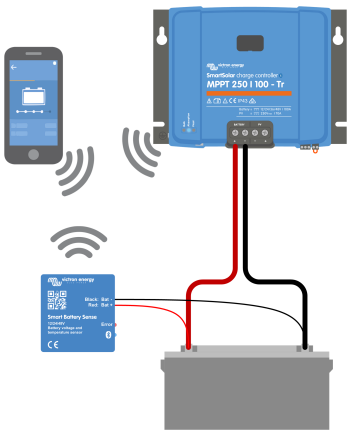
*Detección de tensión del inversor/cargador*



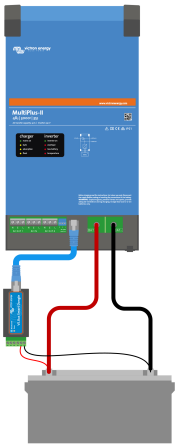
*Cargador grande con detección de tensión y separador de diodos*

Si un inversor/cargador está equipado con una mochila VE.Bus Smart, no serán necesarios cables para detectar la tensión porque la mochila ya lo hace. Para más información sobre la mochila VE.Bus Smart, véase este enlace: https://www.victronenergy.com.es/accessories/ve-bus-smart-dongle.

En el caso de un cargador solar o un cargador Smart, conecte un Smart Battery Sense a la batería y configure Smart Networking con la aplicación VictronConnect.  Para más información sobre el Smart Battery Sense, véase este enlace: https://www.victronenergy.com.es/accessories/smart-battery-sense.



*Smart Battery Sense*



*Mochila VE.Bus Smart*

**Detección de tensión en un sistema de almacenamiento de energía (ESS) con un cargador solar CC**

En un sistema ESS (sistema de almacenamiento de energía) que solo contenga cargadores solares CC (sin inversores que alimenten a la red), el cargador del inversor/cargador está deshabilitado. Eso se debe a que el cargador solar carga la batería y la energía solar sobrante se inyecta a la red. Este proceso es controlado por el dispositivo GX. Para que funcione, el dispositivo GX configurará el cargador solar a una tensión CC mayor que la tensión CC del inversor/cargador.

Cuando la batería esté casi llena, la tensión en la misma será ligeramente mayor que la tensión CC del inversor/cargador. Esta es la “señal” que el inversor/cargador emplea para reducir esta “sobretensión”. Para ello, inyecta energía a la red. En un sistema de 48 V, esta sobretensión se fija en 0,4 V, y en uno de 24 V en 0,2 V.

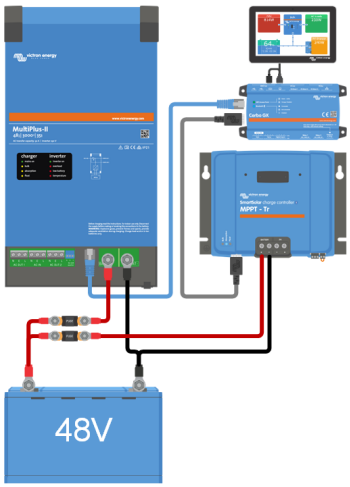
Para que este proceso funcione correctamente, es fundamental que la batería reciba la tensión correcta del cargador solar. Hay que prestar especial atención al diseño y colocación del cableado CC, fusibles y conexiones, ya que podrían causar una caída de tensión en el sistema.

Una caída de tensión puede reducir la “sobretensión” que el inversor/cargador necesita para inyectar energía a la red.

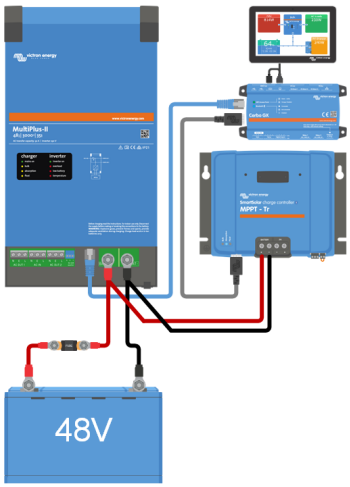
Ejemplo de un sistema ESS con un cargador solar de 100 A, dos cables de 1 m y 35 mm² y un fusible de 150 A:

- La resistencia de las conexiones es de 0,35 mΩ. .
- La resistencia de un fusible de 150 A es de 0,35 mΩ. .
- La resistencia de un cable de 2 m es de 1,08 mΩ.
- La resistencia total es de 1,78 mΩ.
- La caída de tensión a 100 A es de 178 mV.

La solución es usar un cargador solar con compensación automática de la caída de tensión (detección de tensión). El resultado será que la tensión de salida del cargador solar aumentará ligeramente con el aumento de la corriente. Pero si el cargador solar no tiene detección de tensión, es mejor conectar el cargador solar directamente en el inversor/cargador.




*Sistema ESS con un cargador solar conectado a la batería.*




*Sistema ESS con un cargador solar conectado a la batería.*

## 4.12. Solar

Los paneles solares no pueden conectarse directamente a una batería. Es necesario colocar un cargador solar entre los paneles solares y las baterías. El cargador solar convierte la tensión del panel solar, que es más alta, en una tensión adecuada para cargar baterías. Si se conecta un panel solar directamente a la batería, esta se dañará.

**Seguridad:**

Según la normativa local, puede que sea necesario instalar un fusible, un disyuntor, un ID o un interruptor de circuito de fallo de puesta a tierra (GFCI) entre los paneles solares y el cargador solar.

**Conectores MC4:**

En la mayoría de los casos, los paneles solares cuentan con conectores especiales resistentes al agua, normalmente conectores MC4, para su conexión a un cargador solar. Hay dos tipos de estos conectores: machos y hembras.

El conector macho se conecta al cable positivo que viene del panel solar y el conector hembra se conecta al cable negativo.

Si los cables del panel solar no tienen la longitud suficiente, será necesario usar un alargador. El alargador suele tener conectores MC4 ya montados. Los cables solares tienen un conector macho en un extremo y uno hembra en el otro. Así:

Los conectores MC4 pueden conectarse a cables solares de 4 $mm^2$ o 6 $mm^2$.



*Cable solar. En la izquierda está el conector MC4 macho y en la derecha está el conector MC4 hembra.*

**Tipos de cable solar:**

El cable solar es un cable especial. Es un cable muy resistente diseñado para su uso en exteriores en instalaciones de paneles solares. Es resistente al polvo, al paso del tiempo y a la radiación UV y tiene hilos de cobre estañado.

Los cables solares para pequeños conjuntos FV, como los de aplicaciones de automoción o marinas, suelen ser de doble núcleo. En estas instalaciones, los cables también tienen que ser resistentes a la radiación UV y tener hilos de cobre estañado.



Los cables solares para pequeños conjuntos FV, como los de aplicaciones de automoción o marinas, suelen ser de doble núcleo. En estas instalaciones, los cables también tienen que ser resistentes a la radiación UV y tener hilos de cobre estañado.

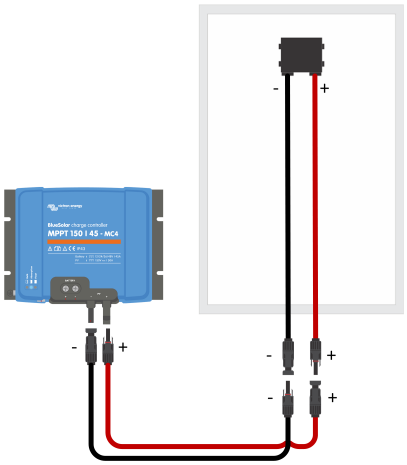


**Grosor del cable:**

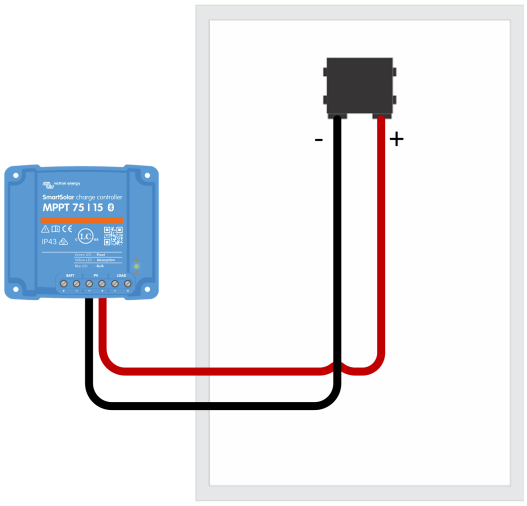
El grosor necesario para el cable solar dependerá del tamaño del conjunto solar y de su tensión. Esto determinará la corriente y esta a su vez el grosor del cable. Puede ver más información sobre esta cuestión en el capítulo Selección de cables [22].

**Conexión a un panel solar:**

Se venden dos modelos de cargadores solares, con conectores MC4 o con conectores de tornillo en la parte FV. Esta es la forma de conectarlos a un panel solar vista desde la parte trasera del panel:

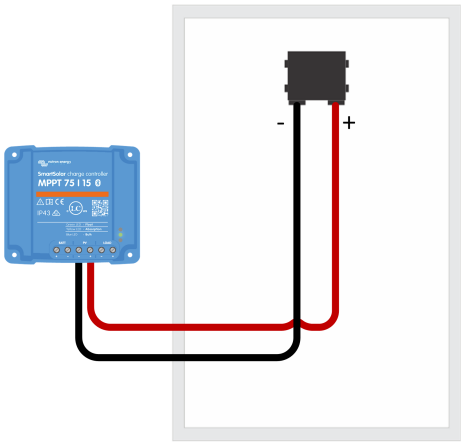



*Cargador solar con conectores MC4.*




*Cargador solar con conectores de tornillo.*

En algunas ocasiones, el panel solar no tiene cables incorporados. De modo que tendrá que ponerlos usted mismo. Para ello, abra la caja de conexiones de la parte posterior del panel y conecte allí los cables. Puede usar cables solares con o sin conectores MC4. Si conecta el panel solar directamente al cargador solar, la instalación será así:




*Conexión de un cargador solar a un panel solar sin usar conectores MC4.*




*Caja de conexiones del panel solar.*

**Conjuntos solares:**

En muchas instalaciones solares, un panel solar no es suficiente. En esos casos, debe crearse un conjunto solar o fotovoltaico (FV). Un conjunto solar se compone de varios paneles conectados.

Si se conectan los paneles solares en serie, la tensión aumenta y si se conectan en paralelo, disminuye. Lo mismo sucede cuando se construye una bancada de baterías con baterías independientes.

**Separadores MC4:**

Para facilitar las conexiones en paralelo, use separadores solares MC4. Hay dos tipos:



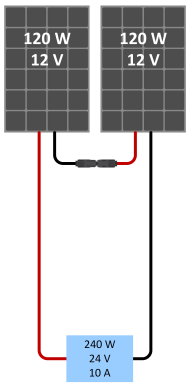
*MC4-Y - 1 macho y 2 hembras.*



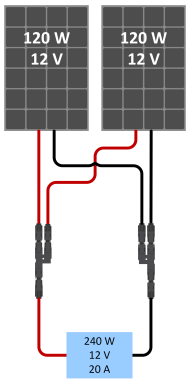
*MC4-Y - 1 hembra y 2 machos.*

### Ejemplos de cableado de un conjunto solar

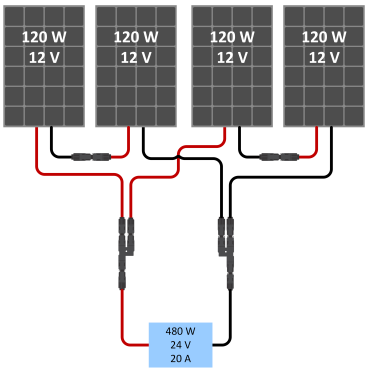
Ejemplos de cableado de conjuntos solares que muestran paneles conectados en serie, en paralelo y en serie/paralelo con separadores MC4.




*Conjunto solar en serie.*



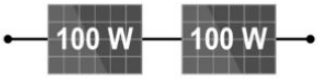

*Conjunto solar en paralelo.*



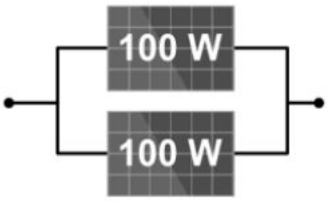

*Conjunto solar en serie/paralelo.*

### Potencia total del conjunto solar

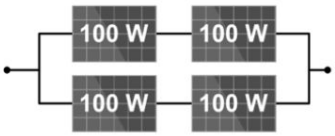
Para determinar la potencia total de un conjunto solar, tendrá que sumar la potencia de cada módulo, independientemente de si están conectados en paralelo o en serie:




*Conjunto solar de 200 W.*




*Conjunto solar de 200 W.*



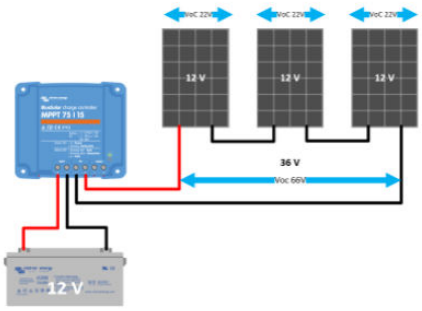

*Conjunto solar de 400 W.*

### Tensión total del conjunto solar:

Para diseñar un conjunto solar, tendrá que asegurarse de que la tensión del circuito abierto del conjunto (Voc) no supera la tensión nominal del MPPT. Para más información sobre el diseño de un conjunto solar:

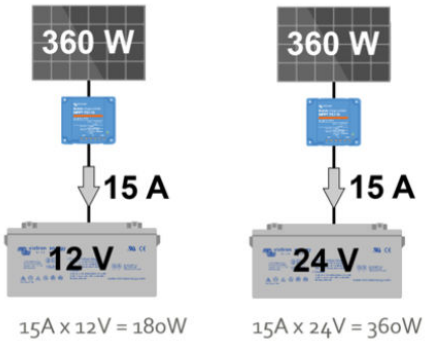
#### Ejemplo de tensión del conjunto cuando los paneles están conectados en serie:

Si mira las especificaciones de un panel solar de 12 V, verá que la Voc está en torno a 22 V. Para un cargador solar MPPT de 75/15, la tensión solar puede ser de hasta 75 V. Esto le permitirá conectar hasta tres paneles de 12 V en serie.



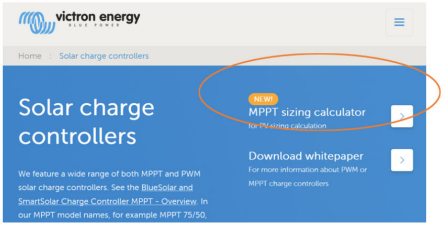
**Nota sobre la corriente de carga del MPPT con diferentes tensiones de batería:**

Ejemplo: Para un cargador solar MPPT 75/15, la corriente nominal es 15 A. Esta es la corriente que llega a la batería. Esto significa que con una batería de 12 V entrará menos energía en la batería que con una de 24 V.




**Para ayudarle a diseñar un conjunto solar y combinarlo con el cargador solar correcto:**

Use la calculadora de dimensionamiento de MPPT de Victron. Véase: https://www.victronenergy.com.es/solar-charge-controllers.



# 5. Cableado de comunicación

Los equipos en los sistemas modernos tienen que poder comunicarse, ya sea entre sí o con un dispositivo de control o monitorización. Para que pueda haber comunicación, se necesitan cables de comunicación. Mandan información de un equipo a otro. Con mucha frecuencia, se trata de comunicaciones críticas. S el cable falla, la comunicación se detiene y el sistema puede dejar de funcionar.

**Algunos ejemplos de cables de comunicación usados en sistemas de inversor/cargador:**

- Cables de comunicación entre varias unidades de inversor o inversor/cargador para formar un sistema paralelo y/o trifásico.
- Cables de comunicación para controlar equipos, por ejemplo, entre un cargador solar y el Color Control GX u otro dispositivo GX.
- Comunicación entre un dispositivo de medición y un dispositivo de monitorización, como el shunt BMV y la unidad principal BMV o entre un sensor de temperatura y un inversor/cargador.
- Cables de Internet o de red.
- Cables de señal o control de dos hilos, por ejemplo, entre un relé de alarma y el arranque automático de un generador, el interruptor de arranque de un coche y un convertidor CC-CC o entre el BMS de una batería y un BatteryProtect.

## 5.1. Señales de datos

Una señal de datos es una señal que cambia constantemente de acuerdo con la información que manda. Puede ser analógica o digital.

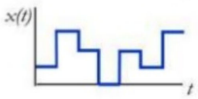
Las señales de los cables de comunicación puede ser de cualquiera de estos tipos. Estas señales tiene una tensión y una corriente bajas. A menudo no más de 5 V.

**Distintos tipos de señales:**

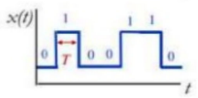
- Señal analógica: La tensión puede tener cualquier valor, y hay una correlación directa entre tensión y valor.




- Señal digital: La tensión de la señal está limitada a un cierto número de tensiones.




- Señal binaria: Solo hay dos valores de tensión. La señal representa una condición de encendido/apagado o se usa para transmitir datos mandando cadenas de unos y ceros.




## 5.2. Interferencia

Como con todos los cables, es importante que los cables de comunicación sean de buena calidad. También los conectores deben ser de buena calidad y estar correctamente montados en el cable. También es importante que estén bien conectado a la toma receptora.

Los cables de comunicación llevan señales de baja tensión de baja corriente. Si estas señales viajan una distancia, por supuesto que se puede producir una caída de tensión, pero no es muy frecuente, ya que estas señales llevan una corriente muy baja. Una caída de tensión normalmente no será un problema a no ser que los cables sean muy largos.

Sin embargo, hay otro aspecto que es crítico en los cables de comunicación cuando se mandan señales de baja tensión a larga distancia: la interferencia.

**Distintos tipos de interferencias y sus causas:**

- Interferencia electromagnética - procedente de generadores, transformadores, motores eléctricos e interruptores de cuchillas.
- Interferencia por radiofrecuencia - desde fuentes de transmisión de radio, radares y equipos mal protegidos.
- Interferencia electrostática - por electricidad estática.
- Interferencia por diafonía - interferencia de cables cercanos.
- Interferencia común - provocada por el flujo de la corriente entre campos con diferente potencial de un sistema.

En los primeros cuatro casos, el cable hace de antena y recibe esta interferencia. La interferencia induce más electricidad en los cables de comunicación. Esto modificará la tensión de la señal alterando los datos que se envían y hará que la comunicación sea confusa o tenga interrupciones.

En casos especialmente graves, en los que hay muchas interferencias o un problema con la conexión a tierra, las tensiones del cable pueden ser tan altas que dañen el circuito de comunicación del equipo que se conecta con el cable de comunicación.

**Hay formas de limitar o evitar la aparición de interferencias, que son:**

- Usar cables cortos.
- Usar cables de par trenzado.
- Usar cables apantallados.

**Cables no trenzados y sin apantallamiento:**

Estos cables son muy sensibles a la interferencia. Y por ello, tienen una longitud limitada de aproximadamente 10 metros. Por esto es por lo que no se venden cables VE.Direct de más de 10 metros. El cable VE.Direct no tiene apantallamiento y no está trenzado.



*No trenzados y sin apantallamiento.*

**Cables de par trenzado:**

Dos conductores de un solo circuito trenzados. Esto mejora el rechazo de la interferencia electromagnética y también hará que el cable sea menos sensible a la diafonía procedente de cables vecinos.



*Par trenzado sin apantallamiento.*

**Apantallamiento del cable:**

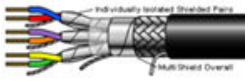
Una lámina o malla metálica cubre un grupo de cables o incluso puede cubrir pares trenzados.



*Apantallamiento de lámina*



*Apantallamiento trenzado*



*Apantallamiento multi*

## 5.3. Tipos de cables de comunicación

En este apartado se incluye una pequeña selección de los cables de comunicación usados con más frecuencia en sistemas de inversor/cargador.

| **Tipos de cables de comunicación:** |
|---|

**Cable UTP RJ45 recto:**

Este cable se usa para redes informáticas, internet y ethernet, y también para que los inversores/cargadores se comuniquen entre sí y con un producto de control, como un panel Multi Control o un dispositivo GX.

Este cable tiene ocho conductores. En un cable recto, el pin 1 de un lado se conecta con el pin 1 del otro lado, y el pin 2 se conecta con el pin 2, y así sucesivamente.

Para saber si un cable está conectado correctamente, use un comprobador de cables. Victron usa este cable para productos VE.Bus y VE.Can. También se usaba para los productos VE.Net, actualmente descatalogados.

Antiguamente estos cables solían ser de color azul, pero últimamente han aparecido más colores diferentes. Victron, al igual que otros fabricantes, hace cables de distintas longitudes. Para más información, véase: https://www.victronenergy.com.es/cables/rj45-utp-cable.

No es recomendable que haga estos cables usted mismo. Un conector mal crimpado puede ser la causa de fallos del sistema difíciles de diagnosticar.

Para probar un cable RJ45, en primer lugar cambie el cable y observe si así se soluciona el problema. Otra causa de fallos puede ser un conector RJ45 macho incorrectamente introducido en la toma RJ45 hembra o contactos de las tomas RJ45 que han perdido su firmeza y ya no hacen un buen contacto.

> Tenga cuidado con los cables RJ45 cruzados. Tienen el mismo aspecto que los cables RJ45 UTP “rectos” normales. Se usaban en redes informáticas antiguas o por otros fabricantes de inversores. Puede ser muy decepcionante haber usado uno de estos cables cuando se debería haber usado un cable recto. Estos cables no pueden usarse con el equipo de Victron.

Algunos productos de Victron tienen un solo conector RJ45. En esos casos, use un separador RJ45. Para más información, véase: https://www.victronenergy.com.es/cables/rj45-splitter.







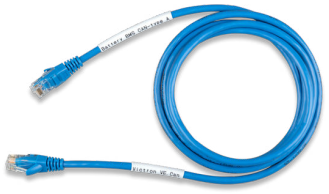
**Conector RJ45:**

Se usa como terminador de una red CAN-bus conectada en cadena. Se coloca un terminador en el primer elemento de la cadena y otro en el último. Vienen en pares, ya que siempre se necesitan dos terminadores en un sistema VE.Can. Para más información, véase: https://www.victronenergy.com.es/accessories/ve-can-rj45-terminator.



**Cable RJ45 con pinout especial:**

Tienen el mismo aspecto que los cables RJ45 UTP “rectos” normales, pero se han recableado para un fin determinado. Estos tipos de cables son para aplicaciones especiales. A menudo tienen una sola aplicación. En el caso de Victron, se usan entre una batería inteligente y un Color Control GX u otro dispositivo GX. El etiquetado de los cables es muy importante. La etiqueta ha de indicar cómo está configurado el cable por dentro, de modo que estos cables no terminen en un sistema normal, donde podrían causar fallos en la comunicación. Para más información, véase: https://www.victronenergy.com.es/cables/ve-can-to-can-bus-bms.



**Cable RJ12 UTP:**

Se usa entre el shunt del BMV y la unidad principal del BMV. Es un cable con seis conductores. Normalmente estos cables se usan para mandar datos digitales pero el BMV lo usa para mandar datos analógicos. El BMV viene con uno de estos cables. Victron fabrica cables de distintas longitudes, puede elegir uno de estos si se necesita un cable específico. Al igual que con los RJ45, use solo cables ya fabricados. No le recomendamos que los haga usted mismo. Con demasiada frecuencia, un conector mal crimpado es la causa de comportamientos extraños en el sistema difíciles de diagnosticar. También se usan habitualmente cables con conectores RJ12 en telefonía. Pero en el caso de los cables telefónicos no están los 6 hilos. Además, los cables telefónicos no son de par trenzado. No pueden usarse para un BMV.  Para más información, véase: https://www.victronenergy.com.es/cables/rj12-utp-cable.



| | |
|---|---|
| **Cable VE.Direct:**<br>Este es un cable de datos de cuatro hilos. Se trata de un cable especial para monitorización o control de ciertos productos de Victron como un BMV o un MPPT. Para más información, véase: https://www.victronenergy.com.es/cables/ve.direct.cable. |  |
| **Cable de señal:**<br>Suele tratarse de una cable fino, de no más de 1,5 $mm^2$. Viene como un cable en distintos colores y con conductores únicos, dobles o múltiples. Estos cables suelen llevar señales analógicas de baja corriente o señales de encendido/apagado.<br>Para las aplicaciones marinas, use cable de señal con filamentos de cobre estañado. |  |
| **Cables y conectores NMEA 2000:**<br>Usados en redes de datos CAN-bus marinas. Este cableado se compone de cable de datos especial para aplicaciones marinas y conectores, piezas T y terminadores resistentes al agua. Para más información, véase la Wikipedia. |  |
| **Cables RS485:**<br>Se usa para comunicaciones en serie. En el caso de Victron, se usa para la comunicación entre contadores y un dispositivo GX. Para más información sobre RS485, véase la Wikipedia. |  |
| **Cables USB:**<br>Existen distintos tipos. Victron usa sobre todo el de conector tipo A. Para más información sobre USB, consulte la Wikipedia. |  |

## 5.4. Interfaces

Las interfaces son pequeños dispositivos que traducen un protocolo de datos en otro. Normalmente están conectadas a un cable o están situadas en un extremo de un cable.

| |
|---|
| **Algunos ejemplos de interfaces específicas de Victron:** |

| | |
|---|---|
| **Interfaz MK3 a USB:**<br>Se usa para conectar un ordenador a un producto VE.Bus. La MK3 remplazó a la interfaz MK2. La MK2 aún puede usarse, pero no se recomienda. Considere seriamente pasarse a una MK3.<br>Para más información, véase: https://www.victronenergy.com.es/accessories/interface-mk3-usb |  |
| **Interfaz VE.Direct a USB:**<br>Se usa para conectar un ordenador a un producto VE.Direct o para conectar un producto VE.Direct al puerto USB de un dispositivo GX.<br>Para más información, véase: https://www.victronenergy.com.es/accessories/ve-direct-to-usb-interface |  |
| **Interfaz RS485 a USB:**<br>Se usa para conectar un contador a un dispositivo GX.<br>Para más información, véase: https://www.victronenergy.com.es/accessories/rs485-to-usb-interface |  |
| **Cable macho micro-C de VE.Can a NMEA 2000:**<br>Se usa para conectar un producto VE.Can a una red NMEA 2000.<br>https://www.victronenergy.com.es/accessories/ve-can-to-nmea2000-micro-c-male |  |

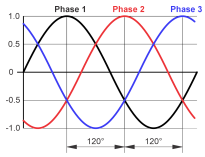
Véase la gama completa de interfaces de Victron en la página de accesorios de Victron en: https://www.victronenergy.com.es/accessories.

# 6. Cableado CA

Este capítulo abarca la generación y distribución de electricidad CA, el dimensionamiento de cables y el cableado CA de sistemas de inversor/cargador.

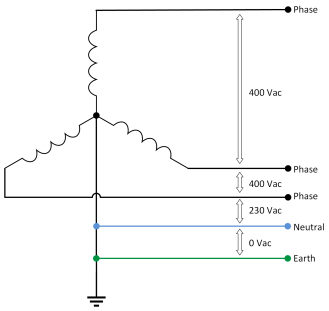
## 6.1. Generación de electricidad

El generador de una estación eléctrica genera electricidad trifásica.




Cada una de esas tres fases tiene una tensión alterna de 230 voltios (o una tensión diferente según el país). La tensión alterna con una frecuencia de 50 (o 60) Hz. Y debido a la rotación de las bovinas del generador, hay un desplazamiento de fase de 120° entre cada fase.

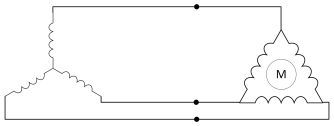
Las tres bovinas están conectadas entre sí y crean un circuito triple, denominado configuración en estrella. Una sola bocina (fase) tiene un potencial de 230 VCA. Y se crea un segundo nivel de potencial entre dos bovinas. Debido al desplazamiento de fase de 120° el potencial es de 400 VCA.




Para poder usar estas fases por separado, se conecta el punto común (el punto estrella) a un conductor llamado “neutro”. Entre el neutro y una de las fases existe una tensión de 230 VCA. El conductor neutro es un conductor que pueden usar las tres fases y que puede usarse en tres circuitos eléctricos diferentes.

El punto de la estrella actúa como neutro en la instalación eléctrica de una casa. La función del conductor neutro es permitir el uso por separado de cada fase y que cada fase puede usarse como alimentación individual de 230 VCA. El neutro también se conecta a un piqueta metálica dirigida hacia el suelo, la llamada pica de tierra. De este modo, el potencial de la tierra es igual a 0 voltios. Esta conexión se llama puesta a tierra o toma de tierra.

Una carga trifásica, como un motor eléctrico trifásico, usa electricidad de las tres fases. El neutro no tiene una función porque los tres circuitos eléctricos se mantienen equilibrados entre sí. Solo si una de las fases consume más carga que las otras, el neutro empezará a conducir corriente. Esta corriente se llama “corriente de compensación o de ecualización”.




Los inversores/cargadores trifásicos tendrán que configurarse en configuración de estrella. Han de tener un neutro común. No se permite la configuración delta. Pero el sistema trifásico de inversor/cargador puede alimentar una carga con configuración delta.

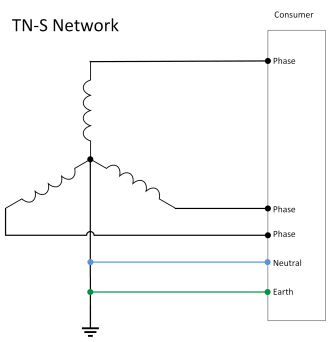
Cuando los inversores/cargadores trabajan en modo inversor, las cargas desiguales no son un problema, pero sí pueden serlo si están trabajando en un modo de paso a través y están conectadas a un generador que no puede aceptar una carga desequilibrada.

## 6.2. Redes de distribución

Hay diferentes formas de distribuir la energía al consumidor eléctrico. Y distintas formas de conectar el sistema del consumidor eléctrico. Todas las redes suministran tres fases, pero el enlace entre el neutro y la toma de tierra cambia según el tipo de red.

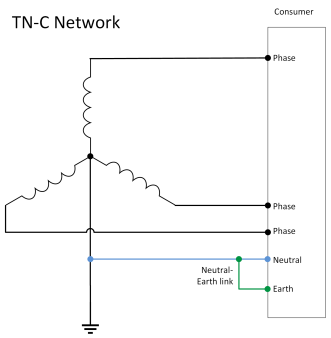
**Red TN-S**

- El punto estrella del generador está conectado al neutro y a tierra.
- Se distribuyen las fases, el neutro y la tierra.
- El consumidor eléctrico usa las fases, el neutro y la tierra suministrados.
- El neutro y la tierra no están conectados entre sí.



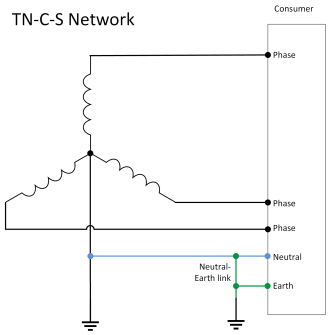
**Red TN-C**

- El punto estrella del generador está conectado al neutro y a tierra.
- Se distribuyen las fases y un neutro-tierra combinado.
- El consumidor eléctrico reparte el neutro y la tierra entrantes (enlace MEN).
- El consumidor eléctrico usa las fases suministradas y el neutro y la tierra de nueva creación.



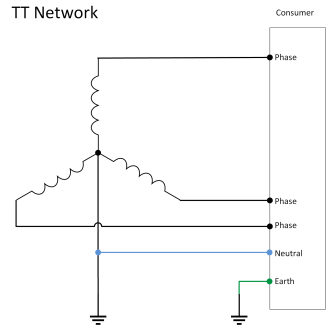

**Red TN-C-S**

- El punto estrella del generador está conectado al neutro y a tierra.
- Se distribuyen las fases y un neutro-tierra combinado.
- El consumidor eléctrico reparte el neutro y la tierra entrantes (enlace MEN).
- El consumidor eléctrico conecta la tierra a una estaca de tierra.
- El consumidor eléctrico usa las fases suministradas y el neutro y la tierra de nueva creación.



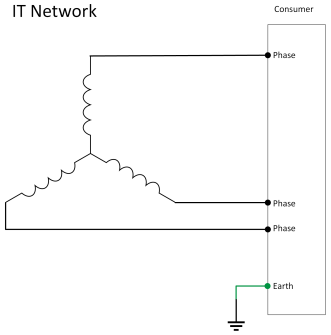

**Red TT**

- El punto estrella del generador está conectado al neutro y a tierra.
- Se distribuyen las fases y el neutro.
- El consumidor usa las fases suministradas y el neutro.
- El consumidor eléctrico crea una toma de tierra local con una estaca de tierra.




**Red IT**

- El punto estrella del generador está conectado al neutro y a tierra.
- Se distribuyen las fases.
- El consumidor eléctrico usa las fases suministradas.
- El consumidor eléctrico crea una conexión a tierra local.

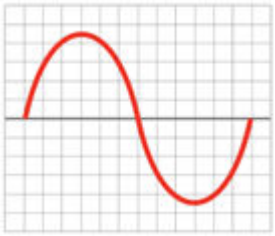



## 6.3. Corriente del sistema, voltiamperios (VA) y vatios (W)

Para poder calcular correctamente las dimensiones de los fusibles, el cableado o el inversor, tendrá que saber cómo es la corriente del circuito CA. Para poder calcular la corriente correctamente, hay un aspecto de la energía CA que hay que explicar: vatios (W) y voltiamperios (VA). Como hemos explicado antes, la energía CA es alterna. Ni la tensión ni la corriente tienen un valor constante como la CC, sino que se alternan entre positivo y negativo. Esto sucede 50 veces por segundo en un sistema de 50 Hz y 60 veces por segundo en un sistema de 60 Hz. La onda es sinusoidal.



*Tensión CC*

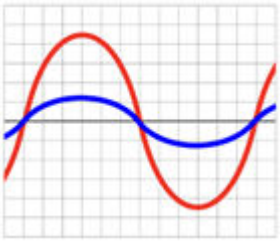


*Tensión CA*

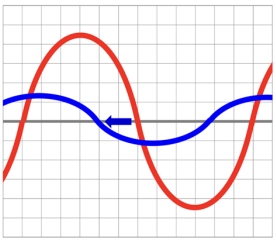
No solo la tensión es alterna en un circuito CA, la corriente también. En un sistema resistivo se alternan al mismo tiempo. Sin embargo, si el circuito contiene cargas no resistivas, la onda sinusoidal de la corriente puede retrasarse o adelantarse con respecto a la onda sinusoidal de la tensión. Los tres tipos de cargas son:

1. Las cargas resistivas son cargas con elementos resistivos como: calentadores, bombillas incandescentes, tostadores y secadores de pelo, entre otros.
2. Las cargas inductivas son cargas con bovinas, como electromotores o transformadores. Por ejemplo: frigoríficos, compresores, aires acondicionados o lámparas fluorescentes.
3. Las cargas capacitivas son cargas que contienen condensadores, como bancos de condensadores, cargadores de baterías y dispositivos SAI.

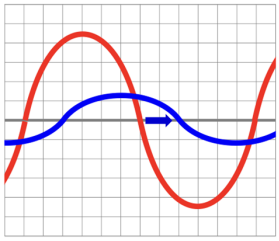
Las siguientes imágenes representan el comportamiento de la tensión (rojo) y de la corriente (azul) en un circuito CA con distintos tipos de cargas:



*1: Carga resistiva, activa, la corriente y la tensión están en fase*



*2: Carga inductiva - reactiva pasiva, la corriente se queda por detrás de la tensión*



*3: Carga capacitiva - reactiva pasiva, la tensión se queda por detrás de la corriente*

Los vatios son la potencia real extraída por el equipo. La potencia nominal en vatios determina la potencia real que se compra a la compañía eléctrica, el diésel consumido por un generador o la carga de calor generada por el equipo.

Los voltiamperios son la “potencia aparente” y son el producto de la tensión por la corriente extraída por el equipo. Los voltiamperios nominales se usan para dimensionar el cableado, los disyuntores, los inversores y los generadores.

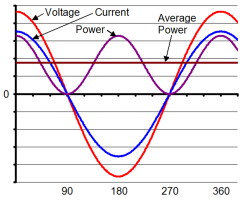
En un circuito CA puramente resistivo, las ondas de tensión y corriente van a la par (o están en fase). Para calcular la corriente, se puede usar esta fórmula:

**Current = Power/Voltage**

**I = P/V**

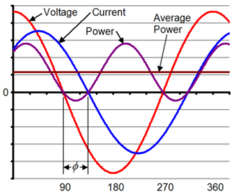
En un sistema totalmente resistivo, el factor de potencia es 1. Cuando el circuito CA contiene cargas como inductores o condensadores, se produce un desplazamiento de fase entre las ondas de corriente y de tensión. Estas dos ondas ya no van a la par, ya no están en fase.

Mirando las ondas, si se calcula la potencia se puede ver que la potencia verdadera (W) es inferior a la aparente (VA).



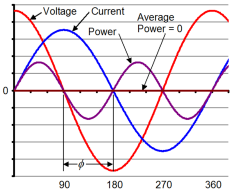

Power factor = 1 Φ = 0° Cosϕ = 1

*Factor de potencia = 1*




Power factor = 0.7 Φ = 45° Cosϕ = 0.71

*Factor de potencia = 0,7*




Power factor = 0 ϕ = 90° Cosϕ = 0

*Factor de potencia = 0*

Si se conoce el factor de potencia se puede calcular la potencia aparente.

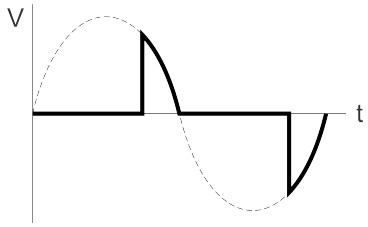
**W = V x A x Power factor**

**True power = Apparent power x Power factor**

En general, un circuito de CA doméstico tiene un factor de potencia medio de 0,8. De modo que, para los cálculos generales, se puede usar 0,8 como factor de potencia.

**Cargas no lineales:**

Aún hay otro tipo de carga: la carga no lineal. Una explicación sencilla es que se trata de cargas que no cargan la onda sinusoidal entera por igual o que quizá usan solo una parte de la onda. La corriente extraída por una carga no lineal no tendrá forma de onda sinusoidal, aunque la carga esté conectada a una tensión de onda sinusoidal.




*Ejemplo de carga no lineal: Solo se aplica parte de la tensión a la carga.*

A menudo son cargas que contienen semiconductores, como diodos, tiristores o LED. Algunos ejemplos son las luces LED CA, los reguladores de la intensidad de la luz, las pistolas de calor, los rectificadores y ciertos dispositivos de arranque suave.

Cuando un inversor alimenta una carga no lineal, puede experimentar una situación de sobrecarga antes de lo esperado en función de la potencia nominal de la carga y del inversor.

## 6.4. Cableado CA

En una instalación doméstica o industrial, la electricidad que entra se divide en grupos, normalmente en un panel de distribución. El diámetro del cableado eléctrico de cada circuito CA (grupo) debe ajustarse a la máxima corriente esperada en ese circuito. Esto es para proteger las cargas conectadas y los cables eléctricos.

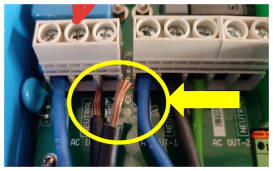
También puede haber caída de tensión y calentamiento en los cables de un circuito CA. Las caídas de tensión pueden dañar los aparatos conectados y calentar los cables y, en casos extremos, pueden llegar a provocar un incendio.

También es fundamental establecer buenas conexiones de cables. Unos cables mal conectados también pueden producir caídas de tensión y calentamiento. Utilice las orientaciones que se han proporcionado anteriormente.

**No utilice cables CA rígidos:**

Evite conectar el inversor/cargador a cables de hilos rígidos (como se muestra en la imagen de la derecha).

Los cables con hilos rígidos nos son adecuados para los conectores CA del inversor/cargador porque establecen un contacto insuficiente y existe riesgo de desconexión. Use cables con hilos finos y flexibles.



*Cables CA rígidos que se han soltado.*

**Dimensiones de los cables:**

La aplicación Victron Energy Toolkit dispone también de una opción para calcular el cableado CA para sistemas de 120, 240 y 400 VCA. Al usar la aplicación, el objetivo es seleccionar un tamaño de cable que permita que la caída de tensión se mantenga por debajo del 2,5 %.

Para los cálculos de cableado, puede usar cálculos similares a los del cableado CC, como ya se ha explicado. Pero tenga en cuenta que la regla general mencionada antes ya no sirve. Para el cableado de tensiones entre 200 y 400 VCA, use esta regla general:

- La sección de núcleo necesaria en $mm^2$ se obtiene dividiendo la corriente nominal por 8.
- Añada 1 $mm^2$ por cada 5 metros de longitud de cable.



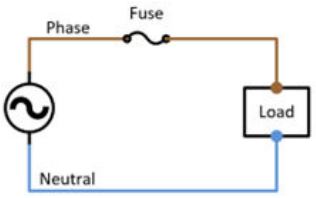
Tenga en cuenta que la regla general puede no ajustarse a la normativa de cableado CA local. Solo pretende ser orientativa.

## 6.5. Fusibles y disyuntores CA

Los fusibles suelen ubicarse en el panel de distribución. Cada circuito (grupo) CA tiene su propio fusible. El fusible se ajusta a las dimensiones de la carga esperada y al grosor del cable.

**El fusible protege de:**

- Sobrecarga - cuando pasa por el sistema más corriente de lo que puede esperarse en circunstancias normales.
- Cortocircuito - cuando un conductor de fase entra en contacto con el neutro o con la toma de tierra por accidente.

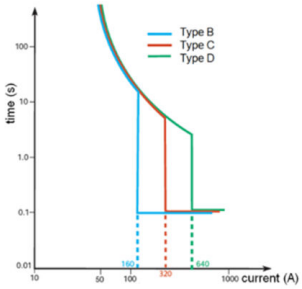



Tradicionalmente, un fusible tiene un hilo que se derrite cuando lo atraviesa una corriente inaceptable. Cuando el hilo del fusible se derrite, el circuito eléctrico se rompe y ya no puede pasar más corriente por él.

Lo más habitual es usar disyuntores automáticos como protección frente a la sobrecorriente. Se llaman disyuntores miniatura (MCB). Este dispositivo tiene dos activadores que activan su mecanismo de apagado. Un activador térmico para pequeñas corrientes de sobrecarga de largo plazo, y uno magnético para corrientes elevadas de corta duración, como las corrientes de cortocircuito.

Hay MCB de tres tipos: B, C y D. Todos tienen las mismas características térmicas. Pero tienen diferentes niveles de corriente de cortocircuito.

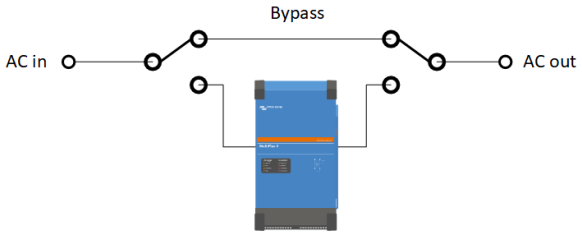
- El tipo B se desconecta a 5 In (5 corrientes nominales) y suele usarse como MCB doméstico.
- El tipo C se desconecta a 10 In y se usa para transformadores y lámparas fluorescentes.
- El tipo D se desconecta a 20 In y se usa para motores grandes, transformadores y lámparas de mercurio.




Cuando se produce una corriente de cortocircuito, con suficiente corriente, el MCB (B, C o D) se apaga en el transcurso de 100 ms.

## 6.6. Interruptor bypass CA

Se recomienda incorporar un bypass manual en los sistemas inversor/cargador. Esto es especialmente útil en sistemas críticos para la misión. Permite sortear el inversor/cargador y conectar la entrada de CA (red o generador) directamente a las cargas. Resultará imprescindible en caso de que el inversor/cargador necesite un cambio de configuración o si hay algún problema con el inversor/cargador y se conecta directamente la entrada CA (red eléctrica o generador), si es necesario retirarlo para arreglarlo.

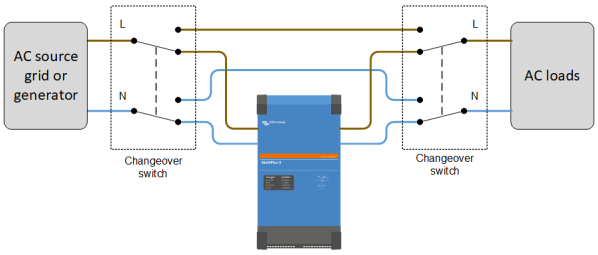



*La función de un interruptor bypass*

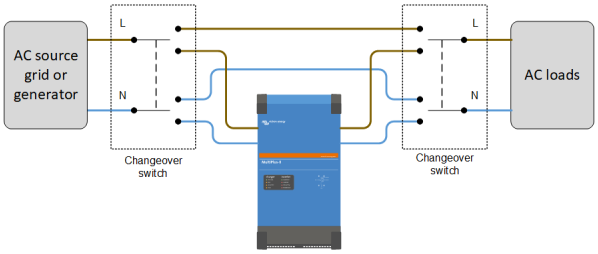
Para crear el bypass deberán interrumpirse las rutas CA que entran y salen del inversor/cargador y deberá establecerse un circuito bypass por separado. El bypass ha de tener un valor nominal igual a la carga CA total del sistema.

El bypass manual puede montarse con dos interruptores de conmutación. Un ejemplo de interruptor de conmutación adecuado es el interruptor de conmutación Hager SF263 de dos polos con una posición descentrada.

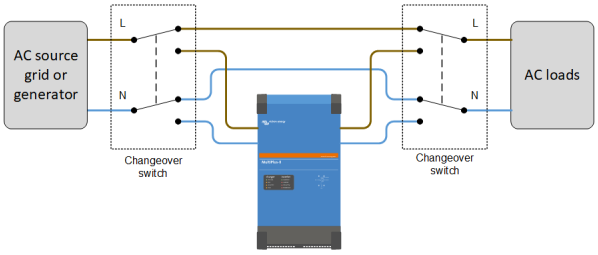
Los siguientes diagramas muestran cómo están conectados los interruptores de conmutación en el sistema y las tres posibilidades de conmutación.




*El inversor/cargador está conectado y el bypass está desconectado.*




*El inversor/cargador y el bypass están desconectados.*




*El inversor/cargador está desconectado y el bypass está conectado.*

En caso de que se use un inversor/cargador de baja potencia, como el MultiPlus Compact o el MultiPlus 500 a 2000 VA, es fácil hacer un bypass manual del inversor/cargador. Solo tiene que quitar los enchufes negros de entrada y salida de CA del inversor/cargador e introducirlos uno en el otro.



Enchufes CA del MultiPlus Compact

## 6.7. Consideraciones especiales sobre el cableado CA de sistemas de inversor/cargador en paralelo

Se pueden conectar varios inversores/cargadores en paralelo para crear un inversor/cargador más grande. Cuando se conecta un sistema en paralelo a una fuente de alimentación CA, la longitud y el grosor de los cables CA es importante. A diferencia del cableado CC, para el cableado CA es importante que los cables no sean muy cortos ni muy gruesos. No es aconsejable sobredimensionar los cables de CA. El uso de cables CA demasiado gruesos tiene consecuencias negativas.

En un sistema en paralelo, todos los inversores/cargadores deben ser idénticos. Pero esto no siempre es así. Cada inversor/cargador tiene un contactor de entrada de CA interno. Estos contactores no son siempre idénticos, pueden tener pequeñas diferencias en sus resistencias internas en comparación con los otros. La pequeña diferencia en la resistencia puede hacer que la corriente CA se desvíe de una unidad a otra.




*Ejemplo de cableado interno de un inversor/cargador.*

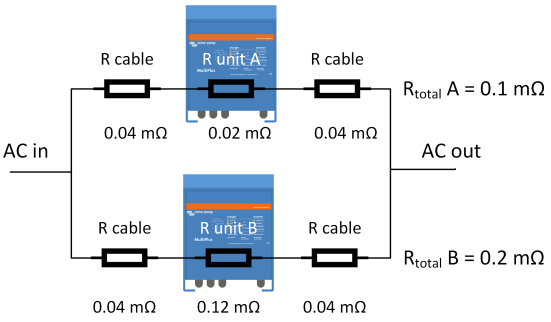
En un sistema en paralelo, la corriente CA debe estar uniformemente distribuida entre todas las unidades de inversor/cargador en paralelo. Cuando la resistencia del cableado es muy baja, la pequeña diferencia en la resistencia de los contactores se convertirá en una diferencia relativamente grande. Y esto resultará en una distribución desigual de la corriente.

**Un ejemplo exagerado:**

Las unidades A y B están conectadas en paralelo. Se usa un cable muy grueso y corto de modo que la resistencia del cableado es muy baja. Pero las dos unidades tienen una pequeña resistencia interna (contactor CA). Véase la imagen de la derecha.

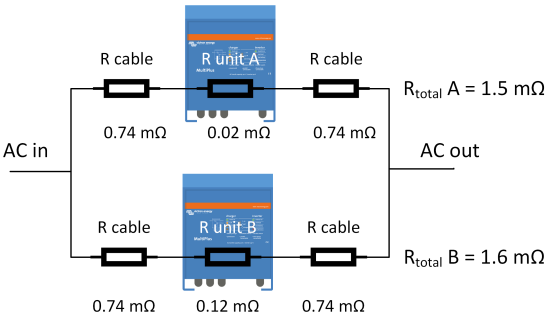
En este escenario, la resistencia total de la unidad A es 0,1 mΩ y la resistencia total de la unidad B es 0,2 mΩ.

De modo que la unidad A llevará el doble de corriente que la B.




Ahora, usamos las mismas unidades en paralelo, pero con cables más finos y más largos. Véase la imagen de la derecha. La resistencia total de la unidad A es 1,5 mΩ y la resistencia total de la unidad B es 1,6 mΩ. De este modo la distribución de la corriente es mucho mejor.

La unidad A solo llevará 1,066 veces más corriente que la unidad B.



**Prevención de la distribución desigual de las corrientes CA:**

Para evitar este problema, se recomienda usar cables CA largos, de longitud similar. Siga siempre las recomendaciones de longitud y grosor de los cables recogidas en el manual del producto. No aumente la sección de los cables de CA por encima de la recomendación del manual.

Por ejemplo:

La tolerancia a la caída de tensión de un contactor de inyección a la red de 100 A es de unos 20 mV a 100 A. La resistencia total del cable (entrada + salida) debe ser, por lo tanto, mayor de R = 60 mV/100 A = 0,6 mΩ.

**Comprobación de la distribución uniforme de corrientes CA:**

La mejor forma de comprobar si este tipo de problema de cableado está afectando a un sistema en paralelo es la siguiente:

- Cargue el sistema por completo.
- Mida (pinza amperimétrica) la corriente CA de cada una de las corrientes.
- Compare las corrientes.

Las lecturas de corriente deberían ser muy similares. Si hay diferencias muy grandes, es que hay un problema con el cableado (o con una conexión).

**Fusibles CA de cadenas en paralelo:**

Cada unidad ha de tener un fusible independiente. Asegúrese de usar el mismo tipo de fusible en cada unidad para que la resistencia sea igual. Considere usar fusibles conectados mecánicamente.

**Más información:**

Para más información sobre sistemas paralelos y trifásicos, véase el manual de Paralelo y trifásica https://www.victronenergy.com/live/ve.bus:manual_parallel_and_three_phase_systems.

## 6.8. Rotación de fase en sistemas de inversor/cargador trifásicos

**Rotación de fase:**

Las 3 fases: L1, L2 y L3 de una fuente trifásica deben conectarse por orden numérico. Preste especial atención a la rotación de fase de la alimentación CA desde la red o desde un generador. Si se conecta en la rotación incorrecta, el sistema no aceptará la entrada de la red de suministro y solo funcionará en modo inversor. En este caso, cambie dos fases para corregirlo. Una forma rápida de arreglar la rotación de fase es cambiar dos fases al azar y ver si así el sistema del inversor acepta la CA de entrada.

Si se trata de un sistema móvil, es probable que en algún punto haya una conexión al generador o a la red con una rotación de fase mal conectada y el sistema de inversor/cargador rechazará la entrada y permanecerá en modo inversor, agotando así las baterías. Montar un interruptor de conmutación sencillo que pueda cambiar dos de las fases es una buena solución que arregla inmediatamente el problema de la rotación de fase, sin paralizar el proceso. Además de la conmutación manual, también existen dispositivos automáticos que pueden hacer esto.

Para más información sobre sistemas paralelos y trifásicos, véase el manual de Paralelo y trifásica https://www.victronenergy.com/live/ve.bus:manual_parallel_and_three_phase_systems.

# 7. Conexión a tierra, tierra y seguridad eléctrica

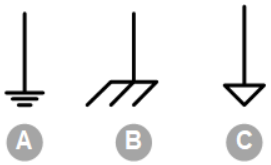
La conexión a tierra (toma de tierra o puesta a tierra) constituye una vía de retorno común para la corriente eléctrica de un circuito eléctrico. Se crea conectando el punto neutro de una instalación a la masa general de la tierra o a un chasis. La toma de tierra es necesaria por seguridad eléctrica y también constituye un punto de referencia en un circuito para medir las tensiones.

En general, hay tres tipos de conexión a tierra, a saber:

A. Tierra

B. Tierra del chasis

C. Puesta a tierra




- La **tierra** es una conexión física directa con la Tierra. Normalmente se hace poniendo una barra de cobre (pica de tierra) en la tierra del suelo. Pero dependiendo de la edad y la ubicación del sistema, también puede ser una placa o tira de cobre enterrada en la tierra, o la red de suministro de agua o las tuberías del agua de una casa. .
- La **tierra del chasis** es una conexión a una estructura metálica como la de un vehículo o el casco metálico de un barco. También puede ser la carcasa metálica del equipo eléctrico. .
- La **puesta a tierra** es un punto de referencia común para la medición de tensiones en un circuito. Como resultado, una tensión puede estar por encima de tierra (positiva) o por debajo (negativa).



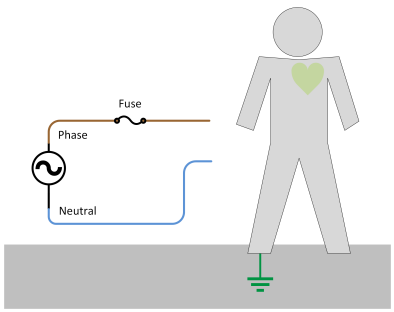
## 7.1. Seguridad eléctrica

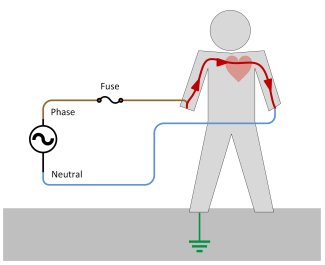
La electricidad es peligrosa, puede matar, herir o quemar a una persona. La corriente es la parte más peligrosa de la electricidad. Una pequeña corriente que pase por una persona ya puede ser muy peligrosa. Véase la siguiente tabla.

| Corriente eléctrica (contacto de 1 segundo) | Efectos fisiológicos |
|---|---|
| 1 mA | Umbral en el que se siente una sensación de hormigueo. |
| 5 mA | Aceptada como corriente inofensiva máxima. |
| 10 - 20 mA | Comienzo de la contracción muscular sostenida (corriente que “no se puede soltar”). |
| 100 - 30 mA | Fibrilación ventricular, es mortal si se mantiene. Se conserva la función respiratoria. |
| 6 A | Contracción ventricular sostenida seguida de ritmo cardíaco normal (desfibrilación). Parálisis respiratoria temporal y posibles quemaduras. |

La corriente fluirá en cuando se cierre un circuito eléctrico. Por ejemplo, imagine dos cables de CA sueltos: uno con corriente y uno neutro. Si los cables están simplemente sueltos, no habrá corriente porque el circuito no está cerrado. Pero si toca un cable con corriente con una mano y el neutro con la otra, usted mismo cierra el circuito y la electricidad pasará por el cable con corriente de vuelta al cable neutro a través de su cuerpo y de su corazón. La corriente seguirá fluyendo hasta que se funda el fusible, pero para entonces seguramente ya estará muerto.





| | | |
|---|---|---|
| *Cables eléctricos expuestos.* | *El circuito eléctrico no está cerrado y la electricidad no puede fluir.* | *El circuito eléctrico está cerrado y la electricidad fluirá.* |

Aparte de tocar un cable neutro y uno con corriente al mismo tiempo, hay otras situaciones peligrosas que pueden producirse, por ejemplo cuando la electricidad pasa por la tierra. Esta es una situación más probable que la de una persona que toque un conductor neutro y una fase a la vez. El conductor neutro está conectado a tierra en algún punto. Esto puede ser en la instalación doméstica, en la red de distribución o en el generador de energía (punto estrella).

Si hay un fallo en el equipo eléctrico es posible que las partes metálicas de ese equipo lleven corriente. Esto puede pasar si hay un atajo interno entre la electricidad activa y la carcasa metálica del equipo. Piense, por ejemplo, en una lavadora que no funciona bien. Puede tener un fallo por una avería eléctrica, por un daño mecánico o por cables eléctricos dañados en contacto con la carcasa metálica del equipo eléctrico.

En el momento en que toque la lavadora averiada, la electricidad pasará desde la fase a la carcasa metálica, a través de usted, hasta la tierra. Desde la tierra, la electricidad pasará al neutro de la alimentación de la red. El circuito está completo. La electricidad seguirá fluyendo hasta que se funda el fusible de suministro de la red. Pero al igual que en la situación anterior, para entonces probablemente ya esté muerto.

Para que las instalaciones eléctricas fueran más seguras, se introdujo el conductor de tierra. El conductor de tierra conecta la carcasa metálica a la tierra.

Ahora. Si usted toca el equipo averiado, la electricidad pasará por el conductor de tierra y no por su cuerpo. Esto se debe a que la electricidad irá por la ruta de menor resistencia. La ruta a través de usted y la tierra es más resistiva que la del cable de puesta a tierra. Pero tenga en cuenta que aún es posible que una pequeña cantidad de corriente pase por una persona. Una corriente de más de 30 mA ya es peligrosa.

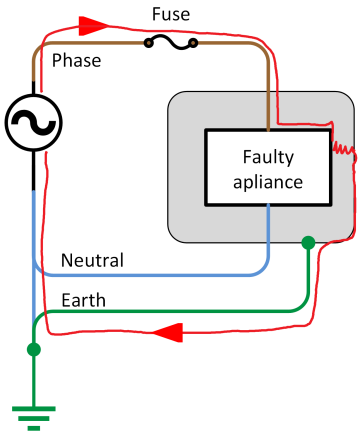
Tenga en cuenta que un solo cable de puesta a tierra no es suficiente. También se necesita un interruptor diferencial (ID) en la instalación. Véase el capítulo ID, RCD, RCCB o GFCI [62] para más información.

## 7.2. Cableado de la puesta a tierra

Un buen cableado de tierra es fundamental para la seguridad eléctrica. Las conexiones de cable y de tierra han de tener baja resistencia eléctrica. Recuerde que la electricidad irá por el camino de menos resistencia. De modo que tiene que asegurarse de que el cable de tierra es lo suficientemente grueso y de que las conexiones están bien apretadas.

Puede haber corrientes elevadas atravesando el cable de puesta a tierra si hay una avería en el equipo. La puesta a tierra ha de poder llevar esta corriente hasta que se funda el fusible del sistema. Así que es importante que el cable de tierra sea lo suficientemente grueso.

Los cables de tierra o de toma de tierra son amarillos/verdes. En instalaciones más antiguas o en algunos países también puede encontrar un cable verde.




PRECAUCIÓN: Respete siempre la normativa de cableado local para elegir el tamaño correcto del cable de puesta a tierra.

## 7.3. ID, RCD, RCCB o GFCI

La electricidad puede ser muy peligrosa. Incorporar un conductor de tierra a un sistema hace que sea más seguro, pero las instalaciones pueden ser aún más seguras con un interruptor diferencial (ID).

Su uso es obligatorio en todas las instalaciones de CA.

**Función del ID:**

El ID detecta que la electricidad está pasando a la tierra y desconecta inmediatamente. La electricidad irá a la tierra si hay un fallo en el sistema o, lo que es más importante, cuando la corriente esté pasando por una persona. Los ID están diseñados para desconectar en cuanto se detecta un flujo de corriente hacia la tierra.

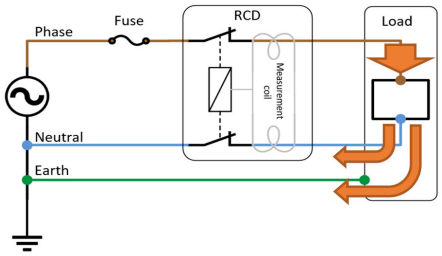
Los interruptores diferenciales (ID) pueden conocerse con distintos nombres:

- Dispositivo de corriente residual (RCD) Disyuntor de corriente residual (RCCB).
- Interruptor de circuito por corriente de pérdida a tierra (GFCI).
- Interruptor por corriente de pérdida a tierra(GFI).
- Interruptor de corriente de fuga del aparato (ALCI).
- Interruptor de seguridad.
- Dispositivo de fugas a tierra.

**Funcionamiento del ID:**

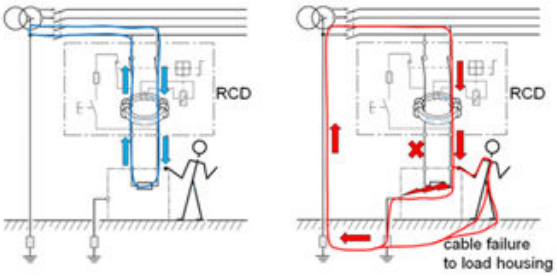
Un ID mide el equilibrio de corriente entre el conductor de fase y el neutro. El dispositivo abrirá su contacto cuando detecte una diferencia de corriente entre la fase y el neutro.

En un sistema seguro, la suma de las corrientes de alimentación y retorno debe ser igual a cero. De lo contrario, hay un fallo en el sistema, hay fugas de corriente a tierra o a otro circuito.




Los interruptores diferenciales (ID) estás diseñados para evitar la electrocución detectando esta fuga de corriente, que puede ser mucho menor (normalmente 5 - 30 mA) que las corrientes necesarias para accionar los disyuntores o los fusibles convencionales (varios amperios). Están pensados para actuar en 20 - 40 milisegundos. Este periodo de tiempo es inferior al necesario para que la descarga eléctrica haga que el corazón llegue a fibrilación ventricular, la causa más frecuente de muerte por descarga eléctrica.

Un sistema seguro protege contra cortocircuitos, sobrecargas y corrientes de fuga de tierra.




La detección de fugas de tierra solo es posible en sistemas en los que el conductor neutro está conectado al conductor de tierra, como un sistema TN o TT. No es posible detectar fugas a tierra en una red IT.

**Dónde montar un ID**

En una instalación eléctrica, el ID debe montarse antes de las cargas. En la práctica, esto significa que el ID tiene que montarse antes de dividir la instalación en distintos grupos. Si se usa un inversor o inversor/cargador, el ID debe colocarse después. De lo contrario no habrá protección de puesta a tierra mientras el inversor esté operativo. Los consumidores eléctricos que solo funcionan cuando están conectados a la toma del puerto, necesitarán su propio ID.

**Disparo accidental del ID**

En algunas instalaciones, el ID saltará antes de tiempo. Esto puede deberse a lo siguiente:

- El sistema tiene un enlace MEN doble (neutro a tierra) y esto hará que el ID salte debido a una diferencia de potencial en la tierra.
- El sistema tiene equipo que introduce una pequeña cantidad de fuga de tierra neutra 'por debajo del umbral', pero el efecto acumulativo puede ocasionar activaciones impredecibles del ID. Algunos de los aparatos que suelen dar problemas y que es conveniente comprobar y desconectar en primer lugar cuando surjan problemas son: compresores de refrigeradores antiguos y calentadores eléctricos (debido a su propio diferencial de tierra de la pica a tierra principal).

## 7.4. Enlace neutro a tierra en inversores e inversores/cargadores

Las fuentes de alimentación CA necesitan tener un enlace neutro a tierra (enlace MEN) para que el ID pueda funcionar. Este es el caso para la red, pero también si la fuente de CA es un generador o un inversor.

- Si la fuente de alimentación CA es la red, el enlace MEN se habrá conectado con cable en el panel eléctrico en el que la red entra en la instalación.
- Si la fuente de alimentación CA es un generador, el enlace MEN se habrá conectado con cable en los terminales de conexión CA del generador.
- Si la fuente de alimentación CA es un inversor, el enlace MEN se habrá conectado con cable en la conexión CA del inversor o en el panel eléctrico de la instalación.

Pero cuando se usan unidades inversor/cargador combinadas, el enlace MEN no es tan claro. El inversor/cargador tiene dos modos de funcionamiento diferentes:

- En modo inversor, funciona como inversor independiente y es la fuente principal de alimentación del sistema.
- En modo cargador, se alimentará a través de energía de la red o de un generador que llega al sistema.

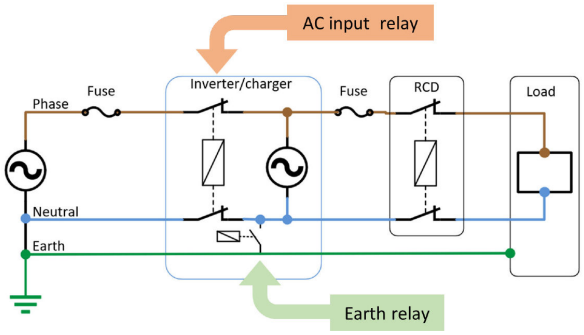
Cuando el inversor/cargador esté invirtiendo y actuando como fuente de alimentación, tendrá que hacer un enlace MEN independiente. Pero cuando esté alimentado a través de un generador o del suministro de la red, el suministro entrante tendrá que tener el enlace MEN en lugar del inversor/cargador.

Los inversores/cargadores de Victron incluyen un relé de tierra interno. Este relé establece o rompe automáticamente la conexión entre tierra y neutro. Si no se desea que esto sea así, este relé puede apagarse en los ajustes del inversor/cargador. Tenga en cuenta que si el relé se apaga, tendrá que conectar con cable un enlace de neutro a tierra en el sistema.

Del mismo modo, en algunas instalaciones, puede que no esté permitido romper el conductor neutro. En ese caso, suponiendo que se usa un inversor/cargador-II, elija un ajuste de código de red de un tipo que determine que la ruta del neutro a CA esté unida externamente.

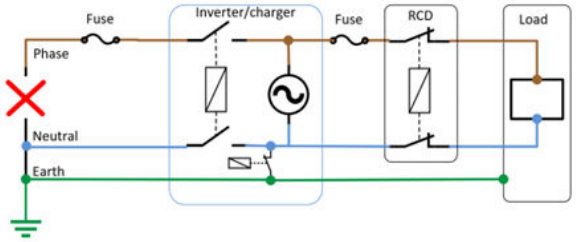
**El inversor/cargador está en modo cargador y/o en modo paso a través (feed-through):**

Cuando el inversor está conectado a la alimentación CA, el relé de entrada de CA está cerrado y al mismo tiempo, el relé de puesta a tierra está abierto. El sistema de salida de CA depende de que la alimentación CA proporcione el enlace neutro a tierra. El enlace es necesario para que el ID del circuito de salida de CA funcione. Relé de puesta a tierra relé de entrada de CA




**El inversor/cargador está en modo inversor:**

Cuando el suministro de energía CA está desconectado, se ha apagado o ha fallado, se abre el relé de entrada de CA. Cuando el relé de entrada CA está abierto, la instalación ya no tiene enlace neutro a tierra. Por esto es por lo que al mismo tiempo el relé de tierra está cerrado. En cuanto el relé de puesta a tierra se cierra, el inversor/cargador ha establecido un enlace neutro a tierra interno. El enlace es necesario para que el ID del circuito de salida de CA funcione.



## 7.5. Instalaciones móviles

Una instalación móvil es una instalación que funciona con independencia de la red. Cuando se conecta a la alimentación CA, se suele conectar a la red en distintas ubicaciones y/o generadores. Por ejemplo, barcos, vehículos o sistemas de alimentación móviles auxiliares. En este capítulo, se usa la instalación de un barco. No obstante, la información puede usarse para cualquier instalación móvil.

Las instalaciones móviles no tiene una pica a tierra. Por lo que se necesita algo en su lugar que cree un potencial de tierra central. Todas las partes metálicas que se puedan tocar del barco o del vehículo deben estar conectadas entre sí para crear una tierra local. Algunos ejemplos de partes metálicas de un barco o vehículo son: chasis, casco, tuberías metálicas, barandillas, motor, contactos de tierra de las tomas de alimentación, pararrayos y la placa de puesta a tierra (si la hay).

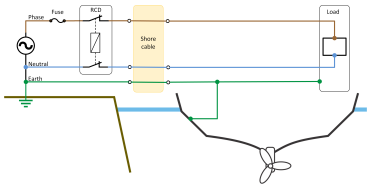
Un sistema móvil normalmente se conecta a distintas fuentes de alimentación. En estos casos, a veces no está claro cuál de los cables de la fuente de alimentación del puerto se conecta a la puesta a tierra o si la puesta a tierra está conectada. Además, es posible que la fase y el neutro no se hayan conectado correctamente. Conectar una fuente como esta a un sistema móvil podría crear un cortocircuito a tierra. O simplemente no hay puesta a tierra.

También es importante considerar si el sistema móvil se conecta a la alimentación o si está desconectado de la alimentación y funciona de forma autónoma.

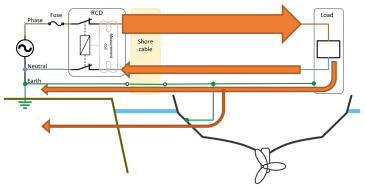
Algunos ejemplos de distintas situaciones en las que se puede encontrar un sistema móvil:

**Un barco conectado a la alimentación del puerto**

Cuando un barco está amarrado y conectado a la instalación de suministro del puerto es similar a una instalación doméstica. Solo hay una diferencia, que el barco no tiene su propia conexión a tierra, como la pica de tierra que se puede encontrar en una casa.



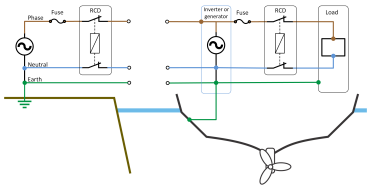

La instalación del barco utiliza la toma de tierra proporcionada por la conexión del puerto. Desgraciadamente, esta toma de tierra no siempre es fiable debido a que los cables del pantalán a menudo son muy largos y es posible que no tengan suficiente grosor. Para que la situación sea segura, las partes metálicas del barco, como el casco, tendrán que conectarse a la tierra entrante desde el cable de alimentación del puerto. La tierra de alimentación del puerto está conectada al neutro.




Si se produce una fuga a tierra, la corriente pasará por el conductor de tierra del cable de red, pero también a través del casco y del agua y de vuelta a la tierra del puerto. Los dos circuitos de fuga a tierra tienen el mismo potencial y de alguna forma están conectados en paralelo. Pero pasará más corriente por el conductor de tierra del cable del puerto. El camino que va por el casco y el agua ofrece más resistencia. El ID aún detectará un fallo de la puesta a tierra porque comparará la corriente de fase entrante con la corriente de salida a través del neutro.

**Un barco desconectado de la toma del puerto**

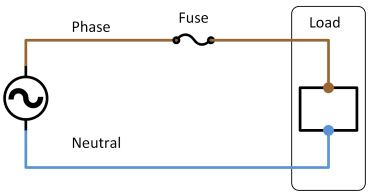
En cuanto el barco se desconecta de la alimentación del puerto, toda la instalación cambia porque ahora ya no forma parte de la red y la conexión con el neutro y la tierra se ha perdido.




La instalación es ahora la principal fuente de energía y junto con la carga forma su propio circuito eléctrico autónomo. No pasará ninguna corriente por el casco ni por el agua.

**Red flotante en un barco o en un vehículo (red IT)**

En un sistema móvil en el que un inversor (o generador) es la única fuente de alimentación, se puede elegir específicamente usar la red IT en lugar de la red TT. En una red IT, la fase y el neutro no están acoplados a otro potencial como la puesta a tierra. Las tensiones creadas por una fuente de alimentación independiente son flotantes. Un sistema así es muy seguro y fácil de instalar.

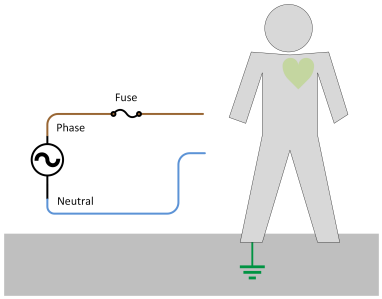



Si una persona toca un conductor o una carcasa de este sistema, ninguna corriente puede fluir a la tierra. Recuerde que para que la corriente fluya hace falta un circuito completo. En este sistema no hay conductor de puesta a tierra y el circuito eléctrico a tierra no está completo. Esto es una situación similar a la del transformador de seguridad de un baño,

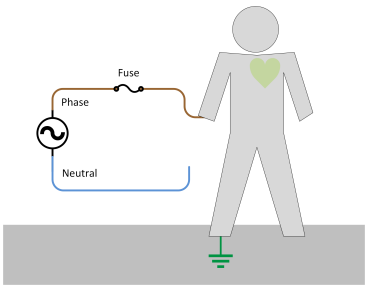


En principio, los inversores y los generadores no son más que la fuente de dos diferencias de potencial con una diferencia de 230 V (o 120 V). El contacto no producirá un flujo de corriente porque el recorrido no es completo.  Es lo mismo que cuando un pájaro está apoyado en un cable de electricidad.

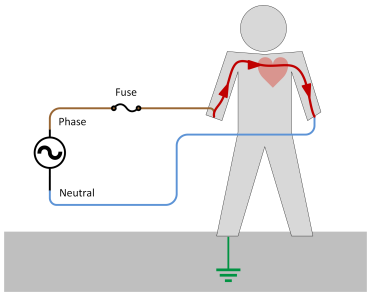
Tenga en cuenta que tocar la fase y el neutro al mismo tiempo siempre es peligroso porque así se completa el recorrido.




*Seguro, no habrá flujo de electricidad*



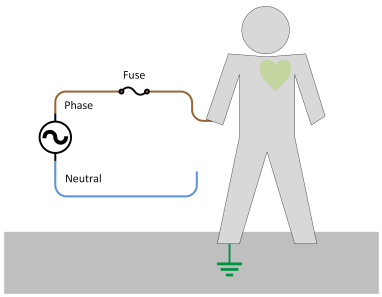

*Seguro, no habrá flujo de electricidad*



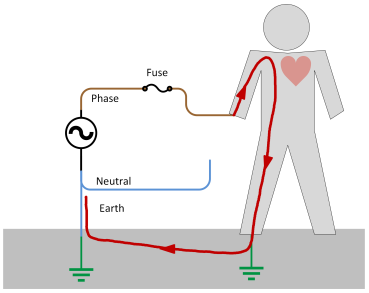

*Poco seguro, habrá flujo de electricidad*

**Red móvil con toma de tierra y enlace neutro a tierra (red TT)**

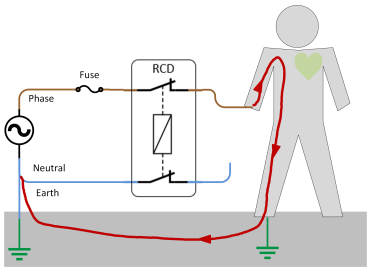
Si el sistema móvil se conecta a la red mediante un interruptor de transferencia o mediante un inversor/cargador, se introduce en el sistema una toma de tierra y un enlace neutro a tierra. Se convierte en una red TT. Este también es el caso si la normativa local exige que haya una toma de tierra, un enlace neutro a tierra y un ID en los sistemas móviles que contengan un inversor o un generador.  En el momento en que esto suceda, el sistema será más peligroso, de modo que en cuanto se han añadido al sistema una puesta a tierra y un enlace de neutro a tierra, será necesario instalar un ID para satisfacer los requisitos de la red TT o TN a la que la red móvil está conectada.




*No hay puesta a tierra, no habrá flujo de electricidad*




*Se añade una puesta a tierra, habrá flujo de electricidad*




*Seguro, el ID servirá de protección si hay flujo de electricidad*

**De red IT a red TT**

Con un sistema móvil, es posible crear una red que sea una red TT cuando esté conectada a la red eléctrica y al mismo tiempo pasará a ser una red IT flotante cuando esté desconectada de la red eléctrica y se esté usando un generador o un inversor. Esto no es deseable y debe evitarse.

Cuando una instalación se desconecta de la red, también se desconecta de la toma de tierra de la red. Si la instalación móvil no tiene puesta a tierra ni enlace de tierra a neutro, pasará a ser un sistema flotante en el momento en que se desconecte la red eléctrica.

Aunque puede que el sistema tenga un ID, el ID ya no puede detectar una fuga de corriente a tierra porque el neutro no está conectado a tierra.

Pulsar el botón de prueba del ID es inútil si no hay enlace de neutro a tierra. Cuando pulse el botón de prueba, tendrá la falsa impresión de que el ID está operativo, pero en realidad no funcionará en caso de fallo de la puesta a tierra ya que falta el enlace de neutro a tierra. Cuando se pulsa el botón de prueba de un ID, se activa un bypass interno que simula una fuga a tierra, de modo que puede probarse eléctrica y mecánicamente el ID. El botón de prueba no sirve en absoluto para comprobar toda la instalación. Solo prueba el propio ID. Esto puede llevar a confusiones y a situaciones de peligro. Por estos motivos, se recomienda seguir siempre los principios de la red TT, también en las situaciones en las que la instalación no está conectada a la red eléctrica.

El interruptor de red IT a TT debe acomodarse para que se establezca una conexión entre el neutro y la puesta a tierra del sistema móvil en cuanto se desconecte la red eléctrica.  Esto puede hacerse automáticamente mediante un inversor/cargador con un relé de puesta a tierra o conectando un cable en un interruptor de transferencia. No todos los inversores y generadores tienen un neutro conectado a tierra. Esto debe comprobarse siempre antes de la instalación. Y si hace falta, debe establecerse un enlace neutro a tierra.

## 7.6. Aislamiento y puesta a tierra de equipos de Victron

En este apartado se explica el aislamiento de diferentes productos de Victron entre CA y CC, o entre CC y CC. Esta información es necesaria para que un sistema con equipos de Victron pueda conectarse a tierra correctamente.

**Aislamiento de todos los inversores e inversores/cargadores de Victron:**

- Entre los circuitos CA y el chasis: aislamiento básico. El chasis debe estar conectado a tierra. .
- Entre CA y CC: aislamiento reforzado. Una vez que el chasis se ha conectado a tierra, se considera que es seguro tocar la CC si la tensión nominal es de 28 V o menos.
- Entre los circuitos CC y el chasis: aislamiento básico. Por lo tanto, se admite la conexión a tierra CC negativa o positiva.

En el caso de conexión a tierra positiva, las conexiones de interfaz no aisladas llevarán al negativo CC y no a la conexión a tierra. Poner a tierra una conexión así dañaría el producto.  La terminal de conexión a tierra de CA de todos los inversores e inversores/cargadores se conecta al chasis.

**Puesta a tierra del neutro CA de los inversores Victron**

El neutro de todos los inversores de 1600 VA nominales y más y del inversor Compact 1200 VA se conecta al chasis. Al poner a tierra el chasis también se pone a tierra el neutro de CA. Se necesita un neutro conectado a tierra para el correcto funcionamiento del ID (o RCD, RCCB, RCBO o GFCI).

Si no hay una toma de tierra fiable disponible y/o si no hay instalado un ID (o RCD, RCCB, RCBO o GFCI), la conexión del neutro CA al chasis debería retirarse para mejorar la seguridad. Advertencia: es probable que una instalación así no cumpla la normativa local.

El neutro CA de los inversores de menos potencia generalmente no está conectado al chasis. Se puede establecer una conexión neutro a tierra, pero consulte el manual del producto.

**Puesta a tierra del neutro CA de los inversores/cargadores Victron**

El neutro CA de salida de todos los inversores/cargadores está conectado al neutro CA de entrada cuando los relés de retroalimentación están cerrados (CA disponible en la entrada). Cuando los relés de retroalimentación están abiertos, un relé de tierra conecta el neutro saliente al chasis. Se necesita un neutro conectado a tierra para el correcto funcionamiento del ID. En casi todos los modelos se puede deshabilitar el relé de tierra. Consulte el manual del producto.

**Aislamiento de cargadores solares MPPT**

No hay aislamiento entre la entrada FV y la salida CC. Hay aislamiento básico entre entrada/salida y chasis.

**Aislamiento de otros productos**

Cargadores de baterías: aislamiento reforzado entre CA y CC. Aislamiento básico entre CA y el chasis, excepto para los cargadores IP65 Smart, que tienen aislamiento reforzado entre CA y la carcasa de plástico. Convertidores CC-CC, separadores de diodo y separadores FEC y otros productos CC: la carcasa siempre está aislada de la CC (aislamiento básico).

## 7.7. Puesta a tierra del sistema

Hasta ahora hemos hablado de tierra o conexión a tierra CA en instalaciones de CA, pero también hace falta en los componentes CC de una instalación. En este capítulo se describen algunas instalaciones habituales que no solo tienen un inversor/cargador sino también una bancada de baterías, un cargador solar y un conjunto FV.

**Puesta a tierra de un sistema desconectado de la red**

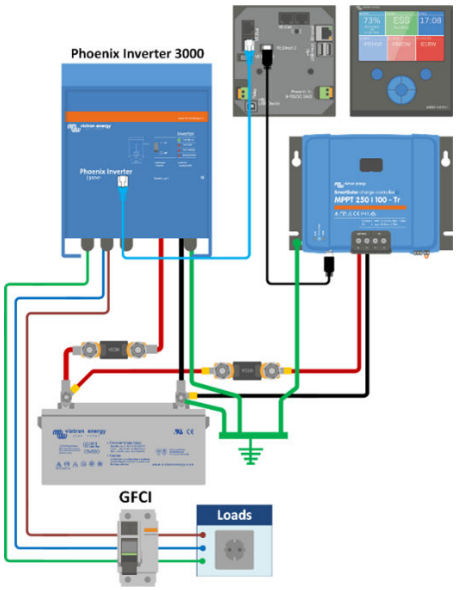
No conecte a tierra ni el positivo ni el negativo del conjunto FV. La entrada negativa FV del MPPT no está aislada de la salida negativa. Por lo que al poner a tierra el FV se producirían corrientes de tierra. Los marcos FV no obstante pueden conectarse a tierra, ya sea cerca del conjunto FV o (preferentemente) a la tierra central. Esto proporciona cierta protección frente a los rayos.

Ponga la conexión a tierra cerca de la batería. Se supone que tocar los polos de la batería es seguro. Por lo tanto, la toma de tierra de la batería debería ser la conexión a tierra más fiable y visible.

El cableado de tierra CC debería tener el grosor suficiente para transportar una corriente de fallo al menos igual a la corriente nominal del fusible CC.

El chasis del inversor o Multi/Quattro debe conectarse a tierra. Existe un aislamiento básico entre la CA y el chasis. El chasis del cargador solar MPPT debe estar conectado a tierra. Existe un aislamiento básico entre la CA y el chasis.

Tenga en cuenta que no se muestra la distribución CA con fusibles o MCB y conjunto solar y la conexión a tierra del marco FV.



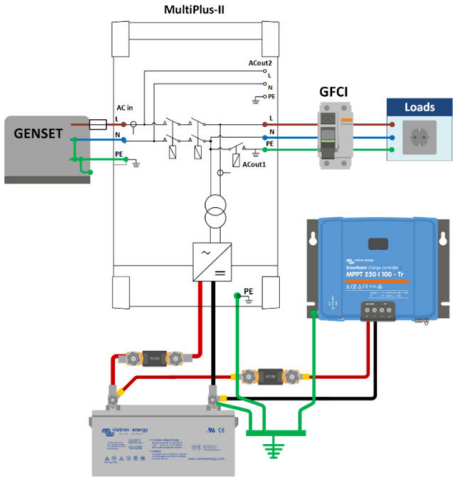

**Generador sin conexión a la red**

Use una sola toma de tierra, cerca de la batería. Se supone que tocar los polos de la batería es seguro. Por lo tanto, la toma de tierra de la batería debería ser la conexión a tierra más fiable y visible.

El cableado de tierra CC debería tener el grosor suficiente para transportar una corriente de fallo al menos igual a la corriente nominal del fusible CC.

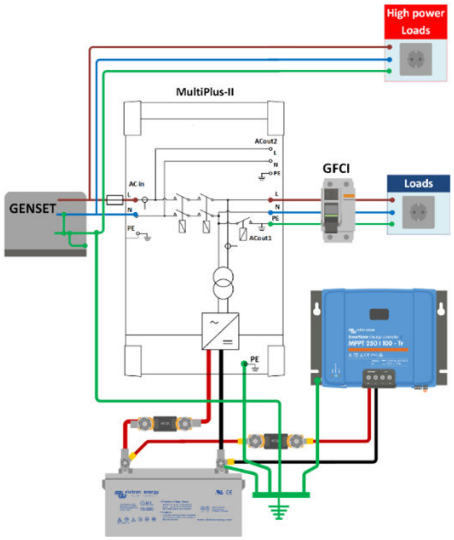
Del mismo modo, el cableado de tierra CA debería poder transportar una corriente de fallo al menos igual a la corriente nominal del fusible CA.

El ID solo funcionará si el chasis del Multi/Quattro tiene toma de tierra.



**Generador de lata potencia sin conexión a la red**

Conecte a tierra el generador directamente en la toma de tierra central.

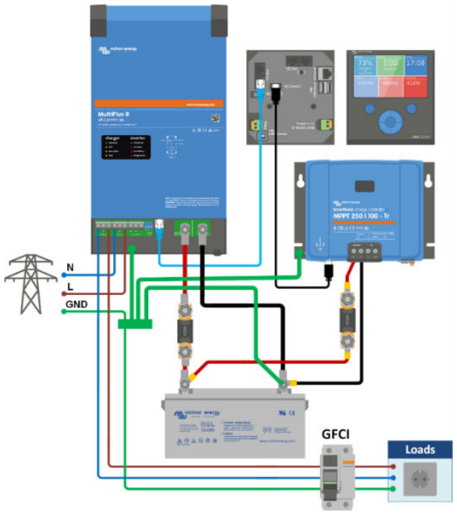



**Sistema de almacenamiento de energía (ESS) conectado a la red**

El cableado de tierra CC debería poder transportar una corriente de fallo al menos igual a la corriente nominal del fusible CC.

Conecte el chasis del inversor/cargador a la barra de conexiones de la toma de tierra.

La toma de tierra de CA de salida puede sacarse desde la barra de conexiones central o desde el terminal de salida de CA.

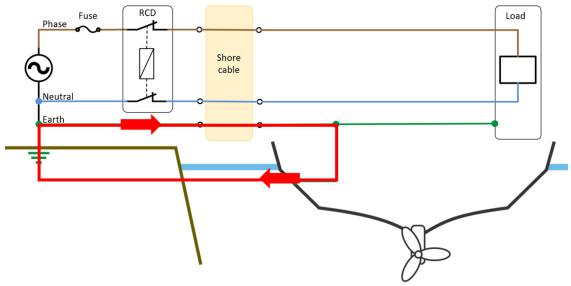


# 8. Corrosión galvánica

La corrosión galvánica se debe a una corriente eléctrica que entra en un barco a través del conductor de tierra de la alimentación del puerto y vuelve al puerto por el agua. Estas corrientes pueden causar corrosión en los metales del barco que están debajo del agua, como el casco, la hélice, el eje, etc. Esta corriente se llama corriente galvánica.

La corriente galvánica es una corriente CC. La causa la diferencia natural de tensión entre metales. Una corriente galvánica solo puede existir si hay un circuito eléctrico cerrado. Un conductor de otro circuito eléctrico puede formar parte del circuito de corrosión galvánica. Si un barco con un casco de metal está cerca de la orilla, hay una diferencia natural de tensión de 0,1-1 VCC entre el casco y el agua.

Esta diferencia de potencial no tiene ninguna consecuencia siempre que no se cierre el circuito eléctrico. Pero en cuanto se conecta la alimentación del puerto al barco, la puesta a tierra del puerto se conecta automáticamente al casco del barco y el circuito eléctrico se completa. Se establece el siguiente circuito: casco - agua - puerto - pica de tierra - cable de tierra - casco. Una corriente galvánica pasará por este circuito. La corriente galvánica pasa en parte por el circuito de CA pero no está relacionada con ese circuito. Seguirá pasando corriente hasta que la diferencia de potencial desaparezca. La intensidad de la corriente depende de la resistencia del circuito eléctrico. La resistencia viene determinada por factores como la longitud del cable de alimentación del puerto y la resistencia de la tierra local.




En términos químicos, el metal más “débil” del circuito galvánico será el que antes someta sus moléculas para que la corriente siga fluyendo. Si el casco del barco es parte del circuito galvánico y el casco contiene el metal más débil, el casco empezará a corroerse con el tiempo. Esto puede terminar en una situación poco deseable y puede llegar a ser muy caro y poco seguro si no se vigila. Se conocen casos de barcos hundidos a causa de la corrosión galvánica. Los cascos de aluminio son especialmente vulnerables a este tipo de corrosión.  También puede haber corrosión galvánica entre las distintas piezas metálicas que están unidas a un barco, como la hélice, el motor y el casco, entre otros. Todas estas piezas está conectadas a tierra y por lo tanto habrá pequeñas corrientes adicionales entre ellas. Por esta razón se montan los ánodos de sacrificio. Un ánodo de sacrificio es una pieza de un metal más débil que los metales que la rodean. De modo que se sacrifica para proteger al resto de los metales. Solo evitan la corrosión retrasándola. El tipo de ánodo de sacrificio que se debe usar depende del tipo de metal que proteja y del tipo de agua en la que se encuentre el barco. Se recomienda revisar estos ánodos regularmente.

## 8.1. Prevención de la corrosión galvánica

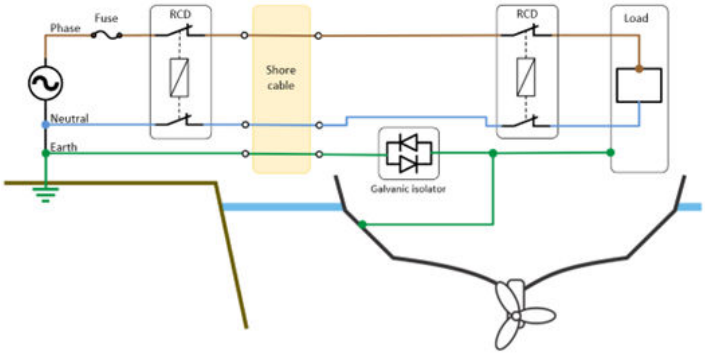
La respuesta es bastante sencilla. Para evitar la corrosión el circuito eléctrico debe romperse. Aunque esto es casi imposible de conseguir con los pequeños circuitos que se establecen entre las diferentes piezas metálicas adheridas al barco, sí se puede hacer con la conexión a la alimentación del puerto.

La forma más sencilla de romper el circuito es no conectar la tierra del puerto al casco. No obstante, esto no es muy seguro y no se recomienda porque supone que el casco no tendrá suficiente puesta a tierra por lo que no se puede garantizar que el ID vaya a seguir funcionando correctamente, creando una situación insegura a bordo. Hay formas seguras de evitar la corrosión galvánica sin poner en juego la seguridad. Esto puede lograrse usando un aislamiento galvánico o usando un transformador de aislamiento.

## 8.2. El aislamiento galvánico

El aislamiento galvánico evita la corrosión galvánica. Bloquea las corrientes CC de baja tensión que entran en el barco a través del conductor de tierra de la alimentación del puerto. Estas corrientes pueden causar corrosión en los metales del barco que están debajo del agua, como el casco, la hélice, el eje, etc.

El aislamiento galvánico se compone de dos diodos conectados en antiparalelo. El aislamiento galvánico se conecta entre la conexión de tierra del puerto y el punto central de tierra del barco.

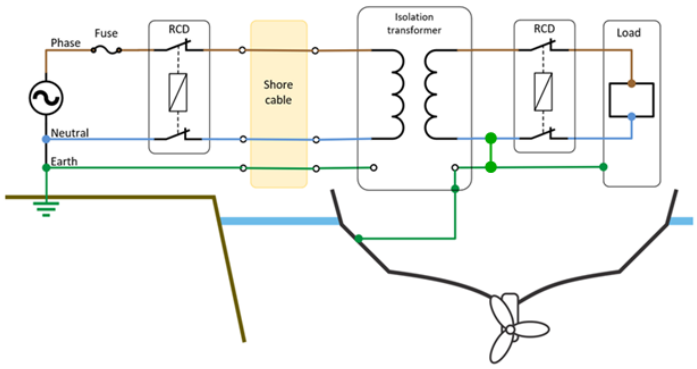



Los diodos de esta configuración conducen electricidad en las dos direcciones solo cuando se alcanza una determinada tensión umbral. La tensión umbral es de aproximadamente 1,4 VCC. La tensión umbral es mayor que la diferencia de potencial galvánico entre distintos metales. De este modo, la corriente galvánica no puede pasar. Por otro lado, se permitirá el paso de una tensión de fallo de tierra mayor en el circuito de CA, permitiendo el correcto funcionamiento del ID conectado.

La ventaja del aislamiento galvánico es su pequeño peso y tamaño, la desventaja es que esta unidad necesita un buen conductor de tierra. Otra consideración es que la corrosión galvánica también puede aparecer a través del conductor neutro. Esto en los casos en los que el conductor neutro se ha conectado a tierra a través de uno de los aparatos eléctricos de a bordo, como un filtro de supresión.

## 8.3. El transformador de aislamiento

Una solución mejor para detener la corrosión galvánica es usar un transformador de aislamiento. En un transformador de aislamiento, la electricidad entrante se convierte en electromagnetismo y luego se vuelve a convertir en electricidad.




La entrada y la salida están totalmente aisladas y romperán el circuito eléctrico entre punto estrella - conductor de tierra - casco - agua - punto estrella, bloqueando así de forma eficaz la corriente galvánica. Otra característica del transformador de aislamiento es que en términos eléctricos es una fuente de electricidad, alimentada por otra fuente de electricidad. En la parte de la salida del transformador, una de las fases salientes está conectada al casco, creando así una fase, neutro y tierra, lo que garantiza el correcto funcionamiento de un ID.

Un transformador de aislamiento aportará la misma seguridad que en una instalación doméstica. La instalación está también completamente aislada de los problemas eléctricos de los barcos de los alrededores. Una ventaja adicional es que un transformador de aislamiento puede a menudo incrementar o reducir la tensión entrante del puerto Esto puede ser útil cuando se tiene que conectar un barco de 230 VCA a una alimentación de 120 VCA o viceversa.

# 9. Reconocimientos

**Autor:**

Margreet Leeftink

**Agradecimientos:**

Reinout Vader, la comunidad de Victron Community y la World Wide Web.

**Referencias:**

Información sobre la velocidad de los fusibles: https://www.swe-check.com.au/pages/learn_fuse_markings.php

Fusibles marinos Eaton Bussmann: https://www.eaton.com/au/en-gb/catalog/fuses-and-fuse-holders/marine-fuses-and-mounting-bars.html#tab-1

Peligros de la electricidad: https://www.hsa.ie/eng/Topics/Electricity/Dangers_of_Electricity/

Interferencia y apantallamiento de cables: https://www.multicable.com/resources/reference-data/signal-interference-and-cable-shielding/

Ilustración de la ley de Ohm: https://www.clipart.email/download/4165420.html

Diagrama circular de la ley de Ohm: https://www.esdsite.nl/elektronica/wetvanohm.html

Imagen del interruptor magnetotérmico: https://electrical-engineering-portal.com/how-circuit-breaker-trip-unit-works

Imagen de embarrado de cobre estañado: https://au.rs-online.com/web/p/din-rail-terminal-accessories/4895420/

Fusibles de cuchilla: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Electrical_fuses,_blade_type.svg

Herramienta de crimpado profesional RS: Herramientas de crimpado de cables | RS (rs-online.com)

Imagen de cable NMEA 2000: https://www.powerandmotoryacht.com/electronics/down-wire

Página de la Wikipedia sobre el rayo: hhttps://es.wikipedia.org/wiki/Rayo