



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Optimización y mejora del sistema eléctrico en la
camperización de automóviles

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Mecánica

AUTOR/A: Sancho Herrera, Guillem

Tutor/a: Saiz Jimenez, Juan Ángel

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

OPTIMIZACIÓN Y MEJORA DEL SISTEMA ELÉCTRICO EN LA CAMPERIZACIÓN DE AUTOMÓVILES

TRABAJO FIN DE GRADO INGENIERÍA MECÁNICA

AUTOR: GUILLEM SANCHO HERRERA

TUTOR: JUAN ANGEL SAIZ JIMENEZ

CURSO 2022-2023

ÍNDICE

1.	RESUMEN	3
2.	ASPECTOS GENERALES DEL PROYECTO.....	4
2.1	OBJETO.....	4
2.2	MOTIVACIÓN	5
3.	ESTUDIO DE NECESIDADES.....	6
4.	ESTUDIO DE COMPONENTES	9
4.1	ALMACENAJE DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA.....	9
4.2	ENERGÍAS RENOVABLES	10
4.3	TRANSFORMADORES/INVERSORES.....	15
4.4	<i>BOOSTER</i> (CARGADOR DE BATERÍA AUXILIAR)	19
4.5	UNIDAD DE CONTROL.....	21
5.	CONSUMO Y AUTONOMÍA ENERGÉTICA	23
6.	RESULTADO DE LA INSTALACIÓN MEJORADA	28
6.1	COMPONENTES	28
6.2	CABLEADO	45
7.	PLIEGO DE CONDICIONES.....	53
7.1	PLIEGO DE CONDICIONES	53
7.2	NORMATIVA GENERAL	53
7.3	CONDICIONES DE LOS MATERIALES	55
7.4	CONDICIONES DE LA EJECUCIÓN	58
8.	PRESUPUESTO	61
8.1	MATERIALES.....	61
8.2	COSTE HUMANO	64
8.3	COSTE TOTAL	65
9.	ANEXO.....	66
10.	PLANOS	67
10.1	POSICIÓN ELEMENTOS ELÉCTRICOS EN LA FURGONETA CAMPERIZADA	67
10.2	POSICIÓN PLACA SOLA EN EL TECHO DE LA FURGONETA.....	68
11.	BIBLIOGRAFÍA	69

1. Resumen

En los últimos años se ha empezado a transformar vehículos en hogares independientes; actualmente existen carencias en sus sistemas de almacenaje y tecnología, ya que no se ha realizado muchos estudios por lo que se va a hacer un estudio para investigar la manera de mejorar tanto el almacenaje (estudio técnico baterías actuales), la independencia energética (instalaciones fotovoltaicas, posibles instalaciones energías renovables) y los diferentes aparatos necesarios (transformadores AC/DC, cargadores de baterías, reguladores solares, etc).

Todo este estudio se va a realizar junto con mi empresa de prácticas VanBoxCamper, especializados en la realización de proyectos de camperización.

2. Aspectos generales del proyecto

2.1 Objeto

El objeto de este proyecto es mejorar los sistemas eléctricos que hasta ahora se han estado instalado en los diferentes modelos de furgones y furgonetas, utilizando los conocimientos adquiridos durante todo el grado de ingeniería mecánica.

En primer lugar, se planteará las limitaciones que se van a encontrar a la hora de escoger e instalar materiales, ya que los vehículos de gran volumen no son lo suficientemente grande como para una vivienda total, es por eso que se debe hacer adaptaciones y excepciones para llegar a una óptima instalación de todos los elementos.

En segundo lugar, se llevará a cabo un estudio de optimización entre diferentes tipos de almacenaje, variable que en los últimos años ha cambiado mucho, se estudiarán todo tipo de baterías con la finalidad de encontrar la mejor opción en función a las necesidades que nos obligan este tipo de instalaciones. Seguidamente se estudiarán los elementos eléctricos con tal de encontrar una mejora sin la pérdida de rendimiento, se investigará sobre las posibilidades en cuanto a instalaciones de energías renovables y la eficiencia que se adquiere gracias a estas, especialmente placas fotovoltaicas que serán una de las principales fuentes de energía independiente de mi proyecto, también se plantearán instalaciones para cubrir las necesidades vitales de una vivienda. Se seguirá con un profundo estudio sobre los transformadores/cargadores, elemento especialmente importante en las furgonetas camperizadas, ya que se encarga de transformar y conectar el vehículo de gran volumen con la red eléctrica de 220V. Por último, en este apartado, para el control de todas las funciones del sistema eléctrico, se estudiará la mejor unidad de control.

Una vez encontrados los mejores elementos en función de nuestras necesidades, se procederá a el cálculo y elección tanto del cableado como de la protección necesaria para garantizar la seguridad de la instalación, así como los fusibles, diferenciales y magnetotérmicos.

En siguiente lugar, se procederá detalladamente al pliego de condiciones, donde se proyectarán las condiciones que debe cumplir la instalación, sirviendo de guía para los instaladores, y garantizando la calidad del futuro proyecto.

Finalmente se ofrecerá el presupuesto el cuál costará el nuevo grupo eléctrico montado y listo dentro del vehículo.

Por tanto, los objetivos técnicos planteados para este proyecto son comparar los elementos básicos de la instalación, junto a su definición, justificación, medición y el presupuesto final con las variaciones escogidas.

2.2 Motivación

Después de haber realizado las prácticas en VanBox House, empresa especializada exclusivamente en la camperización de vehículos de 4 ruedas, me he dado cuenta de que es un sector con muy pocos años y con mucho margen de mejora, por lo que he visto una oportunidad para investigar y con los conocimientos de la empresa buscar una optimización para futuros proyectos.

Cabe destacar que muchos de los elementos instalados en las furgonetas pertenecen al sector de energías renovables, el cual se encuentra en pleno auge y desarrollo constante, por lo que diariamente se sigue progresando.

3. Estudio de necesidades

A priori se puede deducir que la optimización de sistemas de baja complejidad, como podría ser el de una furgoneta, debería ser fácil de mejorar. Pero debido a varios factores que nos delimitan en el progreso tecnológico, se ha de tener en cuenta muchas variables a la hora de cambiar o mejorar; los siguientes puntos definen las barreras que nos encontramos:

- Espacio: como se puede imaginar, construir una vivienda dentro de un furgón no es trabajo fácil, ya que el espacio es el que el tamaño del automóvil nos delimite, es por eso por lo que cada elemento añadido ha de ser lo más pequeño y compacto posible para poder dejar espacio. De esta manera el cliente ha de tener el conocimiento necesario para adquirir el tamaño de furgón que se adapte a sus necesidades. Seguidamente adjunto dos fotos con las diferentes medidas de furgonetas de gran volumen.



Imagen 1. Cotas vehículos de gran volumen.

(<https://campermania.es/furgonetas-gran-volumen/>)



Imagen 2. Dimensiones vehículos gran volumen.

(<https://alquilerfurgonetascamper.es/la-gran-volumen-dimensiones-y-cotas/>)

En mi caso, debido a las necesidades del cliente, tengo que trabajar sobre las medidas de un furgón L2H2, exactamente de la marca Fiat.

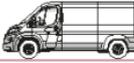
	L1 5,0 m	L2 5,4 m	L3 5,9 m	L4 6,4 m
H1 2,25 m	 8 m ³	 10 m ³		
H2 2,25 m	 9 m ³	 11,5 m ³	 13 m ³	 15 m ³
H3 2,8 m			 15 m ³	 17 m ³

Imagen 3. Dimensiones Fiat Ducato

(<https://www.pinterest.es/pin/415457134378121521/>)

- Emisiones CO₂: un apartado importante debido a la sostenibilidad del proyecto es las emisiones de CO₂ del vehículo, por eso se ha escogido este modelo de furgón, que incorpora un motor Euro 6d-TEMP con filtro de partículas y tecnología reductora de emisiones de CO₂ LPEGR (Low pressure Exhaust Gas Recirculation)

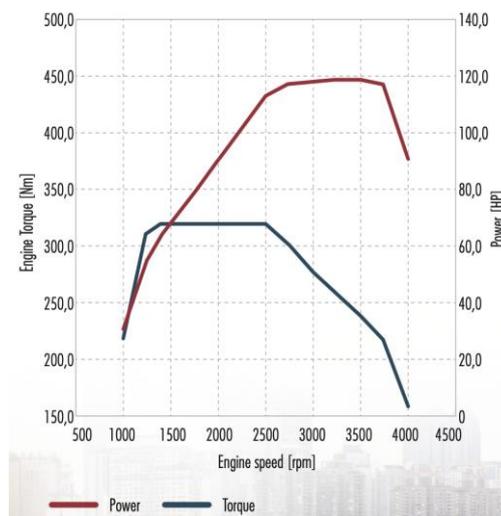


Imagen 4. Curva motor EURO 6d-TEMP 120 MULTIJET

(<https://www.fiatcamper.com/es/producto/motores>)

El modelo 120 Multijet3 Euro 6d-final se caracteriza por ser potente y ecológico, con una potencia máxima de 120 CV a 3500 rpm y emisiones de CO₂ mínimas.

- Peso: ligadamente al espacio el peso también es un factor para tener en cuenta cuando se trata de añadir al automóvil de gran volumen, ya que pasarse de las tablas normalizadas de pesos permitidos en el vehículo puede generar

problemas en el proceso de homologación. Siguiendo las normas de la dirección general de tráfico, no podremos superar los 3500 kg bajo ningún concepto, de esta manera podremos conducir el vehículo utilizando el permiso de conducción B.

- Coste: al igual que en todo proyecto, daré un elevado valor al balance entre mejora y coste del nuevo producto, ya que en ocasiones es preferible reducir los costes finales si la diferencia tecnológica es mínima, es por eso por lo que estudiaré todas las opciones posibles para encontrar el balance entre precio/mejora.
- Tiempo: finalmente se prestará atención a las diferencias de tiempo de instalación de toda opción planteada, ya que también supone una gran diferencia económica las horas de más o menos empleadas por los técnicos en la instalación de los nuevos elementos.

4. Estudio de componentes

4.1 Almacenaje de la energía eléctrica

Existen diferentes tipos de baterías, cada una con sus propias características y aplicaciones. A continuación, se va a analizar algunos de los tipos más comunes de baterías:

- **Baterías de plomo-ácido:** Son las baterías más antiguas y comunes. Utilizan placas de plomo sumergidas en ácido sulfúrico como electrolito. Son económicas, pero tienen una vida útil limitada y una baja densidad energética. Se utilizan en automóviles, sistemas de respaldo de energía y aplicaciones industriales.
- **Baterías de iones de litio (Li-ion):** Son ampliamente utilizadas debido a su alta densidad energética, vida útil prolongada y ausencia de efecto memoria. Son comunes en dispositivos electrónicos portátiles, vehículos eléctricos y sistemas de almacenamiento de energía solar.
- **Baterías de níquel-cadmio (NiCd):** Estas baterías utilizan electrodos de níquel y cadmio, y emplean hidróxido de potasio como electrolito. Tienen una alta resistencia interna, pero son duraderas y pueden soportar altas tasas de descarga. Sin embargo, contienen cadmio, que es un metal tóxico, y su uso se ha reducido en gran medida.
- **Baterías de níquel-metal hidruro (NiMH):** Son similares a las baterías de NiCd, pero utilizan hidruro metálico en lugar de cadmio como material activo en el electrodo negativo. Tienen una mayor densidad energética que las baterías de NiCd y son más respetuosas con el medio ambiente. Se utilizan en dispositivos electrónicos, juguetes y herramientas eléctricas.
- **Baterías de polímero de litio (LiPo):** Son una variante de las baterías de iones de litio, pero utilizan un electrolito sólido en lugar de líquido. Son livianas, delgadas y flexibles, lo que las hace adecuadas para dispositivos portátiles delgados como teléfonos inteligentes y tabletas.

Estos son solo algunos ejemplos de los tipos de baterías disponibles en el mercado. Cada una de ellas tiene sus ventajas y desventajas, pero de entre todas la que mejor se adapta a mi instalación son las baterías de polímero de litio, por muchas ventajas, como la alta densidad de energía, mayor cantidad de energía en relación con su peso y tamaño (que va a favorecer la falta de espacio), la baja tasa de autodescarga (la pérdida de carga cuando la batería no está en uso es mínima), la vida útil es más larga y el tiempo de carga más rápido. A pesar de tener el precio más elevado que las baterías más utilizadas en los proyectos camper, baterías de AGM, las ventajas compensan la diferencia de precio.

4.2 Energías renovables

Las energías renovables están dominando el mundo de producción de energía, especialmente en el ámbito de pequeñas instalaciones eléctricas. Hace unos años, se solía utilizar generadores de energía con motores de combustión, pero con la llegada de las energías renovables, estos generadores han quedado obsoletos y sin uso. Es por eso por lo que la principal fuente de energía independiente en las furgonetas camper es la energía solar.

El cambiar de utilizar generadores de energía con combustión a la utilización de energías renovables favorece a los objetivos de desarrollo sostenible, puesto que las emisiones de CO₂ se reducen en gran medida, así como la contaminación acústica se reduce a niveles mínimos.

4.2.1 Placas fotovoltaicas

En los automóviles camper las condiciones son óptimas para la instalación de placas solares, ya que el vehículo suele tener un espacioso techo, perfectamente expuesto al sol para la óptima captación de energía. Pero existen una serie de limitaciones, ya que los módulos de placas tienen que están atornillados en llano al techo (muchas veces con jorobas), por lo que se ha de encontrar la mejor opción.

Entre todos los diferentes paneles que existen en el mercado, estos son los más competitivos para las prestaciones necesarias:

- Paneles solares de capa delgada: Se caracterizan por su flexibilidad y están fabricados con materiales semiconductores que se depositan en capas delgadas sobre un sustrato. Estos incluyen tecnologías como CIGS (cobre, indio, galio y selenio) y CdTe (cadmio telurio). A pesar de sus características físicas para adaptarse a terrenos no llanos como los techos de los vehículos, su eficiencia es menor al de los siguientes tipos.
- Paneles solares de silicio monocristalino: Su fabricación consiste en una sola estructura de silicio, que permite convertir una mayor cantidad de luz solar en electricidad. Se trata de paneles con una alta eficiencia y rendimiento, por lo que podría ser una opción interesante para la instalación.

PANEL SOLAR
MONOCRISTALINO



PANEL SOLAR
POLICRISTALINO

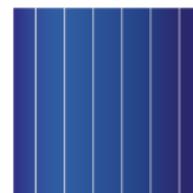
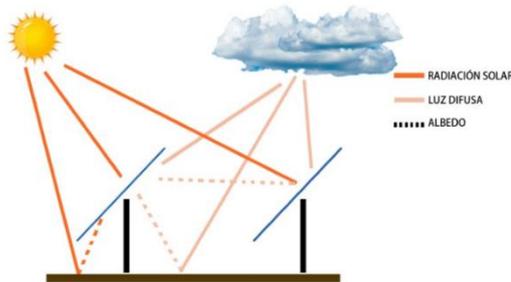


Imagen 5. Panel solar monocristalino y policristalino

(<https://autosolar.es/aspectos-tecnicos/diferencias-entre-silicio-monocristalino-y-multicristalino-o-policristalino>)

- Paneles solares de silicio policristalino: Estos paneles también están fabricados con silicio, pero su proceso de fabricación es diferente al de los paneles monocristalinos. Si bien su eficiencia es ligeramente menor, siguen siendo una opción popular debido a su coste más bajo. Son adecuados para instalaciones de mayor tamaño donde el espacio no es un problema.
- Paneles solares bifaciales: Su principal ventaja es que captan la luz no solo directamente, sino también reflejada en la parte posterior del panel, debido a esto aumenta la eficiencia global y los hace ideales para superficies reflectantes, como techos blancos o superficies acuáticas.



Como se puede observar en la imagen 3, las placas deberían estar inclinadas para su óptima captación de energía, por lo que esta opción se descarta directamente debido a las limitaciones de instalación.

Imagen 6. Fuentes de radiación módulo bifacial.
(<https://www.cambioenergetico.com/blog/placas-solares-bifaciales/>)

La mejor opción para el proyecto son los paneles solares monocristalino o policristalino. Un condicionante definitivo va a ser el clima habitual, ya que los monocristalinos son más resistentes a la sombra y al viento, y en los climas fríos con tendencia a tormenta absorben mejor la radiación y soportan menos el sobrecalentamiento, en cambio los policristalinos son mejor en climas cálidos ya que absorbe mejor el calor y afecta al rendimiento en menor medida. Es por eso que se va a instalar los paneles solares policristalinos, además son económicamente más baratos, otro factor que ayuda a la elección de estos.

4.2.2 Energía eólica

Las placas solares son directamente dependientes del sol, es por eso por lo que sin este no se puede llegar a tener autosuficiencia energética. Una opción sería tener más capacidad de almacenaje para poder sobrevivir sin la ayuda del sol, pero existe otra vía de escape, los generadores eólicos para furgonetas camper. España es un país con gran cantidad de horas de luz al año, pero también se caracteriza por tener viento, especialmente en las costas, destino popular entre los usuarios de autocaravanas y furgonetas camper.

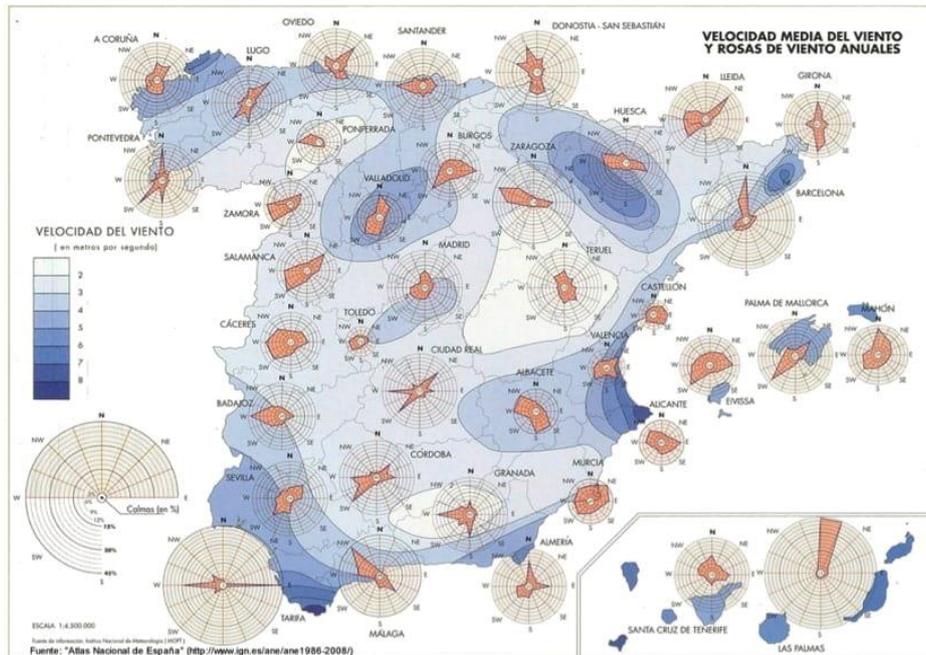


Imagen 7. Mapa eólico de España.

(https://twitter.com/UGT_CAF_MADRID/status/625408715240407040)

Como se observa en el mapa, la mayor parte de terreno español tiene una velocidad de viento suficientemente alta para generar energía.

Poco a poco van saliendo al mercado mini aerogeneradores eólicos para el autoconsumo, los cuales serían una alternativa para los días de poco sol. Pero existen algunas contradicciones en la utilización de estos en las furgonetas camper:

1. No se pueden instalar permanentemente ya que para la movilidad del automóvil consumiría más combustible por la resistencia que la energía que pueda generar
2. Se necesita una velocidad mínima de viento (10 km/h), y el punto máximo de generación eléctrica (velocidad nominal) es aproximadamente 35-40 km/h dependiendo del molino.
3. Generalmente la potencia máxima que se encuentra en el mercado es 200 W, en condiciones idóneas, ya que molinos que ofrezcan más potencia los precios son muy elevados y el tamaño también.

A pesar de estos factores, la energía eólica es una buena opción en las furgonetas como ayuda extra a las otras energías mencionadas. Teniendo un aerogenerador eólico plegable que se pueda decidir cuándo utilizarlo y cuando no, es un gran apoyo para los días de escaso sol y suficiente viento. Cabe la posibilidad de un mástil instalado y plegable en techo de la furgoneta, así como el cableado y el cargador, así como las aspas desmontables con la fácil instalación para su utilización.

Esta energía va a ser de gran utilidad, a diferencia de las instalaciones comunes que no llevan componentes eólicos, por lo que el grado de independencia va a ser muy superior al del resto de furgones camper.

4.2.3 Reguladores de carga

Una vez sabiendo que la futura instalación va a estar compuesta por ambas energías renovables, se debe encontrar un regulador de carga con posibilidad de cubrir ambos flujos de energía, se debe prestar atención a utilizar el menor espacio posible cubriendo todas las necesidades

El regulador de carga se coloca entre las energías renovables (en este caso solar y eólica) y las baterías, y básicamente se encarga de controlar el flujo de energía que circula entre ambos equipos. Los reguladores serán adaptables a los diferentes estados de carga de las baterías, y en función de la energía generada por las energías renovables.

Se puede diferenciar entre tres tipos diferentes de estados de carga:

- Fase Bulk, en este caso la batería está a niveles bajos de carga, por lo que toda la corriente producida en el campo fotovoltaico y eólico es inyectada en las baterías, incrementándose la tensión en las baterías a medida que esta se va llenando.
- Fase absorción, cuando la batería se encuentra en tensión de absorción (esta tensión dependerá del tipo de batería), el regulador se encarga de mantener dicha tensión ligeramente por debajo de dicho valor y va reduciendo la corriente hasta que las baterías esté prácticamente llena, por esta razón se debe predeterminar el regulador en función del tipo de material de las baterías.
- Fase de flotación, en esta fase la tensión se reduce a la tensión de flotación y la corriente inyectada se reduce hasta que la batería se llena por completo.

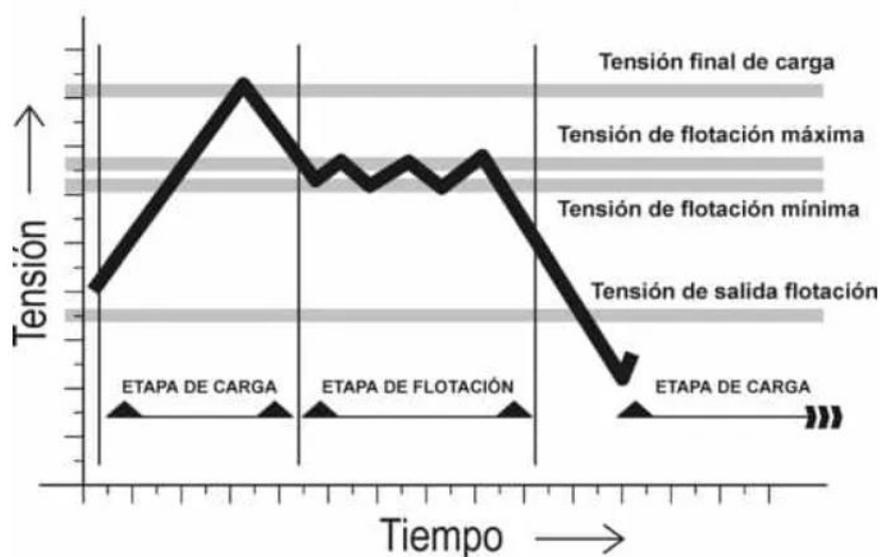


Imagen 8. Fases de carga

(https://www.google.com/search?rlz=1C1CHBF_esES901ES901&sxsrf=AB5stBgOadiFucmXtnxqe-9Bu03OA5PdXQ:1690468453480&q=fase+carga+regulador+carga&tbm=isch&source=lnms&sa=X&ved=2ahUKEwinvbHdja-AAxW6VKQEHVXpAUIQ0pQJegQIDBAB&biw=959&bih=842&dpr=1#imgsrc=n0bJvC8Yv_7HHM)

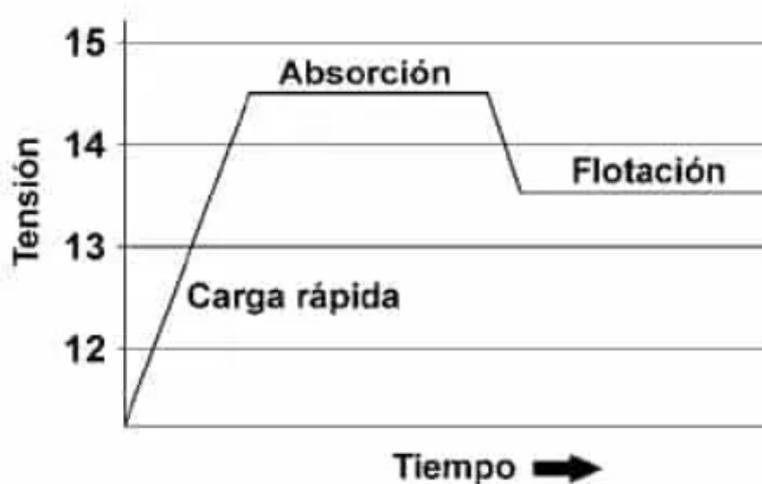


Imagen 9. Ciclo de carga

(https://www.google.com/search?rlz=1C1CHBF_esES901ES901&sxsrf=AB5stBgOadiFucmXtnxqe-9Bu03OA5PdXQ:1690468453480&q=fase+carga+regulador+carga&tbm=isch&source=lnms&sa=X&ved=2ahUKEwinvbHdja-AAxW6VKQEHVXpAUIQ0pQJegQIDBAB&biw=959&bih=842&dpr=1#imgsrc=n0bJvC8Yv_7HHM)

En los últimos años han aparecido los reguladores de carga MPPT (máximo power point tracking, seguimiento del punto de máxima potencia), que permiten obtener la máxima potencia de los paneles y generadores eólicos ya que trabajan siempre en ese punto, cosa que no pasa en los reguladores antiguos PWM. Es por eso por lo que en mi instalación buscaré un regulador capaz de regular las dos energías renovables (eólica y solar) en un mismo conjunto, para el ahorro de espacio, no serán independientes (ya que existen en el mercado reguladores capaces de regular las dos energías renovables).

El regulador es un elemento importante debido a que sirve de protección para las baterías, ya que la energía sobrante una vez cargadas a su máximo nivel será desperdiciada en forma de calor por el efecto de Joule en el mismo regulador.

4.3 Transformadores/Inversores

- Transformadores:

Un transformador es un elemento que, utilizando el principio de la inducción electromagnética, transfiere energía de un circuito al otro. Básicamente son circuitos magnéticos que convierten energía eléctrica de un nivel de voltaje y corriente a otros diferentes, en función al número de vueltas de cada uno de los enrollados y al flujo común, variable en el tiempo, que ambos enlazan. Existen dos tipos de transformadores, reductor y elevador, si reduce el voltaje o la incrementa.

El funcionamiento del transformador monofásico es simple ya que se basa en el electromagnetismo, la corriente magnética formada al pasar por un conductor corriente eléctrica. Al incrementar la corriente, el campo magnético producido será mayor. Si cerca del conductor con corriente se colocase un segundo alambre, el campo magnético variable atravesará al alambre y producirá un voltaje entre los extremos de éste. Si los extremos del alambre se conectan para formar un circuito cerrado, el voltaje ocasionará que una corriente circule a través del circuito. Un voltaje que se produce en esta forma se denomina voltaje inducido y la corriente producida por el mismo, corriente inducida. Este fenómeno se conoce como inducción electromagnética:

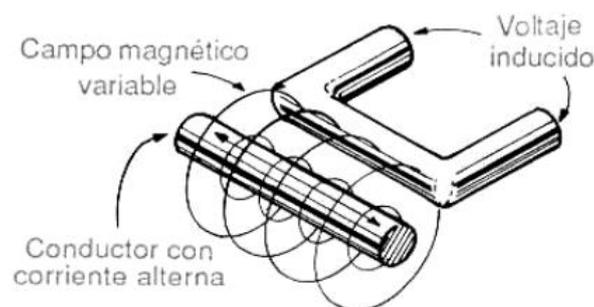


Imagen 10. Principio de funcionamiento de un transformador

De esta manera Faraday concluyó que si se modifica el número de líneas magnéticas que enlazan una bobina de alambre se induce un voltaje en la bobina. Este segundo voltaje creado por acción de transformación es el de transformador. De esta manera definimos los tres elementos necesarios de un transformador monofásico; una bobina primaria (N_1), por la cual circula la corriente suministrada por la fuente de potencia (i_1); una bobina secundaria (N_2) sobre la que se inducen las corrientes que alimentan a la carga (i_2) y

finalmente un núcleo magnético encargado de canalizar el máximo flujo magnético entre las dos bobinas

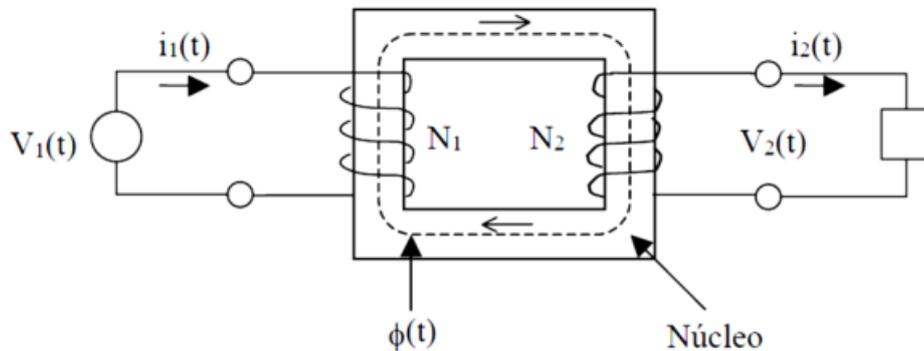


Imagen 11. Esquema funcionamiento transformador

(https://www.google.com/search?rlz=1C1CHBF_esES901ES901&sxsrf=AB5stBgbhFS7S7Q_C-UdcH66B9WOrZSegA:1690468626261&q=funcionamiento+transformador&tbm=isch&source=lnms&sa=X&sqi=2&ved=2ahUKEwi5i-Ovjq-AAxUJVvaQEHRixAOYQ0pQJegQIChAB&biw=959&bih=842&dpr=1#imgsrc=YvZF88fQuKdZcM)

Hablando de un transformador ideal, no hay ni pérdidas de flujo, ni perdidas de potencia y la permeabilidad magnética del núcleo es infinita. el flujo $\phi(t)$ es enlazado totalmente por las N_1 vueltas del enrollado primario y por las N_2 vueltas del enrollado secundario, cumpliéndose:

$$V_1 = N_1 d\phi/dt$$

$$V_2 = N_2 d\phi/dt$$

- Inversores:

Los transformadores e inversores comparten características, ya que la manera de trabajar es similar, aunque el inversor transforma energía de corriente continua a corriente alterna. Muchos de estos también incluyen un transformador, ya que muchas veces hay que cambiar la tensión de salida de la de entrada.

Existen tres tipos de inversores según la onda de salida:

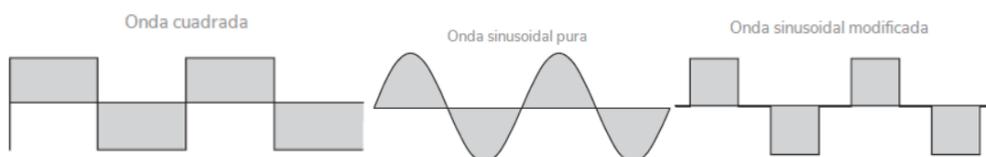


Imagen 12. Tipos de onda

(https://www.google.com/search?rlz=1C1CHBF_esES901ES901&sxsrf=AB5stBjb27qPo0jc2tz9W0oDXWoB64r66w:16)

En general los inversores de onda sinusoidal pura son aptos para todo tipo de cargas porque reproducen fielmente una onda sinusoidal al igual que la de nuestra red eléctrica doméstica.

Los inversores también comparten similitud con los alternadores, su funcionamiento el cual consiste en un eje giratorio que transforma la energía eléctrica en forma de corriente alterna a través de inducción electromagnética. Generalizando, se compone de una bobina de alambre con un imán giratorio al lado, de esta manera al girar el imán y el polo de este se acerque a la bobina, se crea una corriente inducida y esta fluye en la dirección opuesta de rotación. Entonces se produce una corriente alterna.

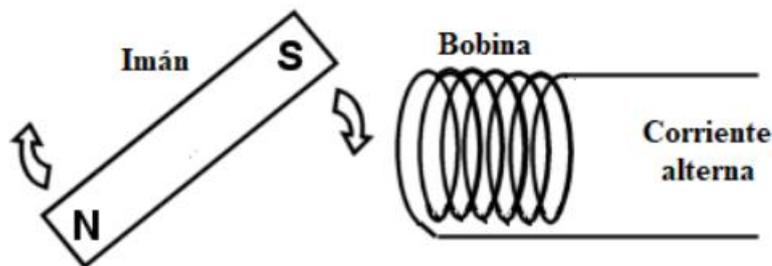
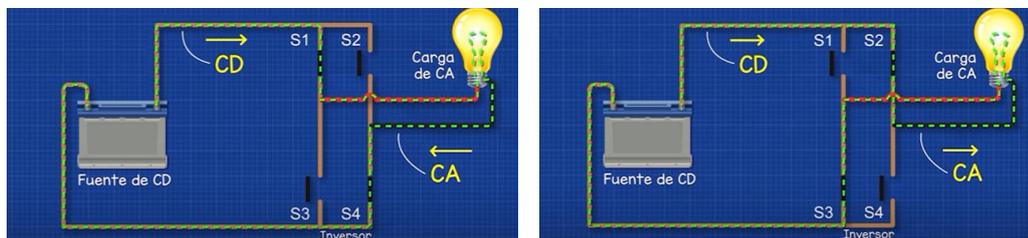


Imagen 13. Funcionamiento alternador

(<https://www.mpptsolar.com/es/esquema-funcionamiento-inversor.html>)

El inversor trabaja parecido a un alternador, con la corriente continua se conectan unos interruptores llamados IGBT encargados de dejar o no dejar pasar la corriente para simular las ondas +/- de la corriente alterna.



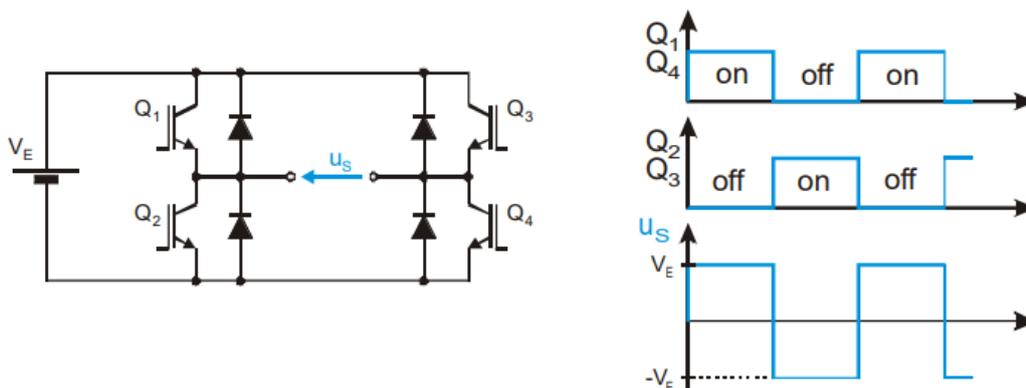


Imagen 14. Inversor puente completo

(<https://industrysurfer.com/blog-industrial/ingenieria/ingenieria-electrica-ingenieria/hogar/inversor-de-medio-puente-h-circuito-funcionamiento-formas-de-onda-aplicaciones/>)

La onda resultante de este proceso sería una onda cuadrada la cual no se parece a la onda senoidal de la corriente alterna doméstica, es por eso por lo que se aplica la modulación por ancho de pulso, que consiste con la ayuda del controlador del IGBT, abrir y cerrar rápidamente los interruptores varias veces por ciclo en un patrón de pulsaciones que varían en anchura. De esta manera obtenemos ciclos que se dividen en múltiples segmentos más pequeños, con una cantidad total de corriente que podría fluir, pero al pulsar rápidamente los interruptores, se controla la cantidad de flujo que ocurre por cada segmento, de esta manera se obtiene una corriente promedio por segmento que aumenta y disminuye, formando una onda senoidal.



Imagen 15. Modulación por ancho de pulso

(<https://industrysurfer.com/blog-industrial/ingenieria/ingenieria-electrica-ingenieria/hogar/inversor-de-medio-puente-h-circuito-funcionamiento-formas-de-onda-aplicaciones/>)

En la instalación eléctrica adaptada a las furgonetas camper, el encargado del intercambio de corriente AC/DC es un inversor/cargador inteligente, ya que es encargado de transformar la corriente continua en alterna cuando la furgoneta no está conectada a la red eléctrica doméstica y también tiene un modo en el cual se encarga de transformar la AC a DC para poder cargar la batería secundaria del vehículo. De esta el elemento inteligente está compuesto de cada una de las partes descritas anteriormente, además de tecnología para con

la utilización de los mismos elementos hacer diferentes funciones. A diferencia de la instalación que hacía en la empresa VanBox Camper, que solíamos instalar dos aparatos independientes, inversor y cargador de batería, por lo que con un inversor/cargador se gana en espacio, factor muy importante para el tipo de instalación.

4.4 *Booster* (cargador de batería auxiliar)

El siguiente elemento eléctrico llamado *booster* (cargador de batería auxiliar) se trata de un relé inteligente. Es por eso por lo que se debe entender el funcionamiento de un relé para poder entender como función un relé inteligente.

Un relé es un interruptor accionado eléctricamente. Tradicionalmente, los relés utilizan un electroimán para accionar mecánicamente el interruptor. Sin embargo, las versiones más recientes utilizan componentes electrónicos, como los relés de estado sólido. Los relés se utilizan cuando es necesario controlar un circuito mediante una señal de baja potencia, o cuando varios circuitos deben ser controlados por una sola señal. Los relés garantizan un aislamiento eléctrico completo entre el circuito de control y el circuito controlado. Los relés suelen utilizarse en circuitos para reducir la corriente que circula por el interruptor de control primario. Un interruptor, temporizador o sensor de relativamente bajo amperaje puede utilizarse para encender y apagar una carga de mucha mayor capacidad.

Los relés están compuestos por dos partes principales, se podría decir que, por dos circuitos, el circuito primario proporciona la señal de control para accionar el relé. Puede estar controlado por un interruptor manual, un termostato o algún tipo de sensor. El circuito primario suele estar conectado a una fuente de alimentación de CC de baja tensión, el secundario es el circuito que contiene la carga que necesita ser conmutada y controlada. Cuando se habla de carga, es cualquier dispositivo que consuma electricidad, como un ventilador, una bomba, un compresor o incluso una bombilla.

En el lado primario se encuentra una bobina electromagnética. Se trata de una bobina de alambre que genera un campo magnético cuando pasa corriente a través de ella, se crea un campo electromagnético. En el extremo del electroimán encontramos la armadura, que se trata de un pequeño componente pivotante. Cuando el electroimán se activa, atrae a la armadura. Cuando el electroimán pierde la energía, la armadura vuelve a su posición original con la ayuda de un muelle.

Conectado a la armadura hay un contactor móvil. Cuando la armadura es atraída por el electroimán, se cierra y completa el circuito en el lado secundario.

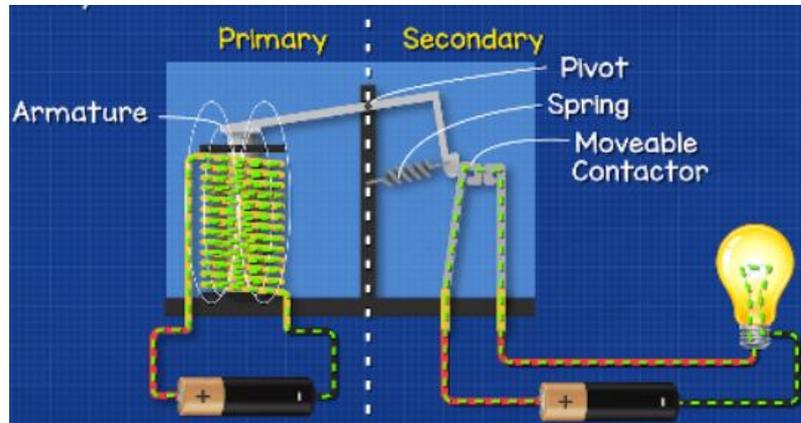


Imagen 16. Funcionamiento de un relé

(<https://www.youtube.com/watch?v=n594CkrP6xE>)

La bobina tiene un campo magnético suficiente para atraer el elemento pivotante, de esta manera se cierra el circuito secundario, como se puede observar sin la imantación del pivotante el muelle (*spring*) obligará a volver al estado inicial, no dejando pasar corriente a el circuito secundario.

El relé inteligente (*booster*), tiene una manera de funcionar bastante parecida al relé simple, pero este controla de manera inteligente la carga de la batería principal y secundaria, las cuales hay que predeterminar el tipo a través de la app controlada desde el móvil. Por medio de bluetooth se puede conectar al *booster* para poder controlar en tiempo real el estado de las dos baterías, así como las gráficas de carga y descarga de ambas, para tener un seguimiento más preciso y en caso de problema detectar de dónde viene rápidamente.

Su precio es un poco más elevado que el relé simple pero sus características hacen que sea un elemento útil, para la protección de las dos baterías (las cuales tienen un precio muy elevado, especialmente la batería secundaria de LiPo), por lo que es una optimización de la instalación ya que prolongará la vida útil de las dos baterías, así como mejorará la carga cuando el vehículo y el alternador esté en funcionamiento.

Seguidamente, el esquema detalla como el *booster* está conectado a las dos baterías, la batería del vehículo (o batería principal) y a la batería auxiliar (o batería secundaria), también se puede observar la función simple de bluetooth para tener controlado en todo momento la conexión entre baterías.

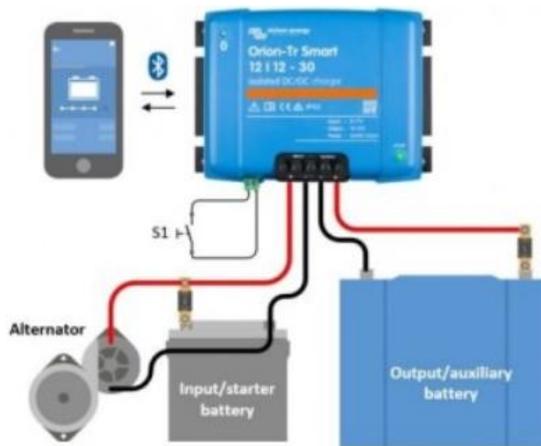


Imagen 17. Conexiones con booster

(<https://mullerenergy.com.au/product/victron-orion-tr-smart-dc-dc-charger-non-isolated/>)

4.5 Unidad de control

El último elemento es la centralita, encargada de informar y conectar todas las funciones básicas de mi instalación eléctrica de la camper.

En los últimos años, junto a la digitalización de muchos elementos cotidianos, las centralitas han pasado de tener un aspecto analógico, repletas de botones y simples luces para indicar niveles, a ser pantallas más estéticas y detalladas, con múltiples funciones.

Junto a la unidad de control siempre encontraremos la caja de protección y derivación de 12 V, que compone toda la seguridad de los elementos eléctricos mediante fusibles, así pues, están en conjunto todos ellos y con el libro de la centralita siempre se va a poder encontrar el fusible que haya podido dar algún problema.



Imagen 18. Pantalla unidad de control

(<https://www.camperflash.it/es/home/electricidad/unidades-de-control-y-accesorios/panel-de-control-pc380-sin-accesorios-camper-cbe-113800.4.1.4023.qp.82728.uw>)

Como se puede observar las funciones de la pantalla son básicas pero necesarias:

- Indica hora diaria

- Realiza una prueba del voltaje tanto de la batería principal como de la secundaria
- Controla el nivel de aguas limpias y sucias proporcionando un porcentaje
- Indica temperatura interior y exterior de la furgoneta camper
- Posibilidad de interruptor para luz exterior
- Control de carga de batería del vehículo
- Interruptor apagar sistema eléctrico

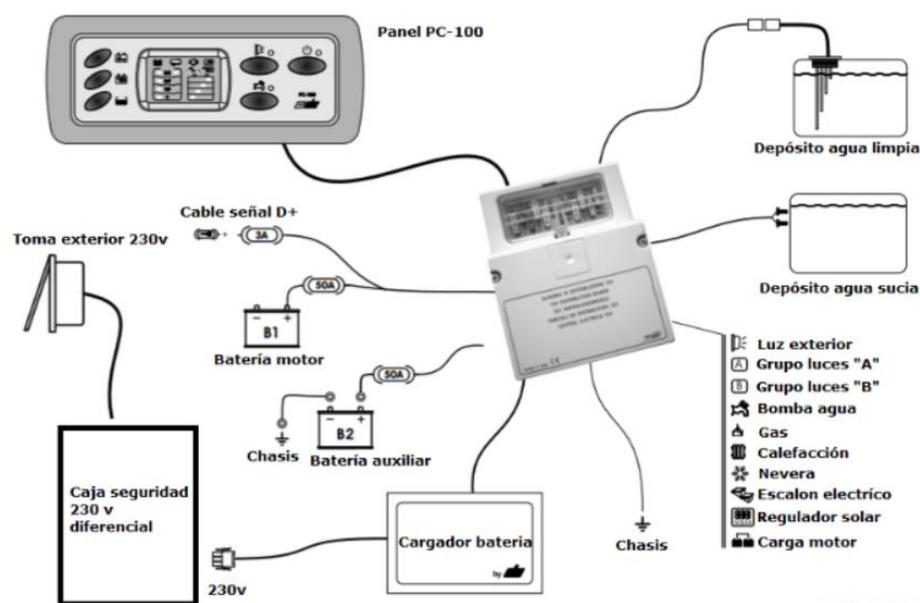


Imagen 19. Conexiones centralita

(<https://zyam.es/indicadores-y-controladores/2632-centralita-completa-cbe-pc100.html>)

Como se puede observar todos los elementos eléctricos quedan agrupados y conectados entre sí en la caja de fusibles, por lo que debe estar todo muy bien conectado, con la ayuda del libro de instrucciones va a resultar fácil y sencillo, ya que todo está explicado al detalle.



Imagen 20. Cajas fusibles y derivación 12 V

(<https://www.manualslib.es/manual/370601/Cbe-Pc100.html>)

5. Consumo y autonomía energética

Una variable que se debe tener en cuenta muy detalladamente es el uso que se le va a hacer al vehículo, porque en diferentes situaciones se van a tener diferentes necesidades, por eso se va a plantear situaciones dónde una furgoneta camper podría encontrarse, para poder saber la autonomía.

El elemento que la instalación va a estar obligada a no cambiar es la batería de litio de 200 amperios, ya que como se ha indicado en el apartado 4.1 por razones económicas es la batería que más se ajusta al balance económico/necesario de EL proyecto.

Cuando se escoge viajar en furgoneta camperizada, existen dos opciones, o bien ir a un camping donde tienes conexión a red eléctrica 220 V, con lo cual eligiendo un inversor/cargador adaptado a las necesidades debería cubrir el suministro energético, o bien ir a un sitio aislado en el que tienes que sobrevivir con las energías renovables que tienes, en el caso de este proyecto placa solar y generador eólico.

El planteamiento que se va a hacer es en función al espacio del techo de la furgoneta, instalar una única placa solar que ofrezca la máxima autonomía posible, de esta manera se podrá estar tanto tiempo en un sitio alejado como el sistema lo permita.

Para ello se calcula en primer caso cuanta energía se va a consumir al día, el fabricante de cada elemento eléctrico me indica el consumo en watios hora, como se necesita saber el consumo diario, deduciendo cuantas horas se va estar utilizando cada elemento y haciendo un cambio de unidades se sabe cuántos watios al día consumo, de ahí con la ayuda de la siguiente formula, los amperios diarios.

$$P = I \times V$$

ELEMENTOS	W HR	HRS DÍA	W DÍA	AH DÍA
	(A)	(B)	(C)	
Foco 1	2	4	8	0,67
Focos 2 y 3	2	4	8	0,67
Bomba de agua	35	0,05	1,75	0,15
Extractor	130	0,5	65	5,42
Nevera	48	8	384	32
Móvil 1	30	1,5	45	3,75
Móvil 2	30	1,5	45	3,75
Tablet	20	0,5	10	0,83
Cámara	10,4	1	10,4	0,87
Calefacción	29	4	116	9,67
Portatil 1	48	3	160	13,33
Regulador renovab	1	24	24	2
Booster		24		5,28
Caja fusibles				5
			877,15	73,1

Tabla 1. Consumos diarios

(Tabla propia)

Por lo que se consumen 73 amperios al día, sin el soporte de la placa solar ni el generador eólico. Se ha de saber que, para prolongar la vida útil de la batería de litio, esta nunca debe rebajar del 60/70% de su capacidad máxima, entonces $200 \text{ A} \times 70\% = 140 \text{ A}$, la batería nunca debería estar por debajo de 140 A, por lo que el último día de los días aislado la batería debe estar sobre el 70% de su capacidad.

El espacio que se tiene es:

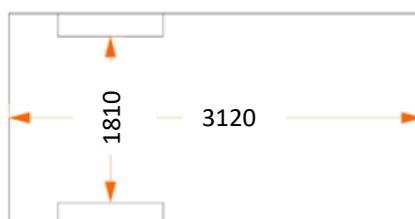


Imagen 21. Techo Furgoneta plano

(Imagen propia)

Por lo que se va a buscar una placa que sus medidas sean menores a estas medidas como es el caso del ``330 W-24 V Poly 1956 x 992 x 40 mm series 4 A´´ con las medidas descritas en el propio nombre de la placa, menores a el espacio del techo.

De esta manera una vez tengo la placa elegida en función a calidad y a un baremo mental de cuánto tiempo me va a proporcionar energía suficiente para, sin dañar la

batería, estar aislado totalmente de la red eléctrica, se ha de deducir cuanto tiempo de independencia ofrece esta.

Para calcular la potencia real que va a producir la placa se debe tener en cuenta la siguiente formula:

$$P_{ps} = \frac{Pr_{ps}}{R * HSP}$$

Pps = Potencia placa solar

Prps = Potencia real placa solar diaria

R = Rendimiento, en la gran mayoría de casos el rendimiento de las placas solares es de un 70%

HSP= cantidad de energía solar que recibe un metro cuadrado de superficie.

De forma sencilla se dice que la Hora Solar Pico (HSP) es la cantidad de energía solar que recibe un metro cuadrado de superficie. En resumen, si en este lugar existen 5 HSP, tenemos 5 horas de sol que está transmitiendo 1000 W/m². Con lo cual esa superficie habrá recibido ese día 5000 Wh/ m².

La Hora Solar Pico (HSP) es la energía recibida en horas por m², y esta energía no es la misma dependiendo de la localización (cuanto más cerca del ecuador mayor será) y por su época del año. No hay el mismo sol en un día de invierno que de verano.

Entonces, cuando nos dicen que, en valencia, tenemos en verano el mes de julio una hora solar pico de 7. Quiere decir que el sol ese mes aproximadamente nos va a generar 7000 Wh/ m² al día. Es posible que de sol vamos a tener 10 horas en verano, pero por la mañana generará poco y al medio día mucho. En total tenemos 7 kWh/ m².

Se ha de saber que la potencia nominal que nos indica el fabricante es la potencia obtenida después de hacer los ensayos bajo una irradiación de 1000W/ m², en mi caso si el sol estuviera irradiando a mi placa una energía de 1000 W/ m², la placa daría 330 vatios de energía.

Si el panel solar trabajara al 100% de su rendimiento para calcular cuánto genera la placa al día solo tendría que multiplicar HSP x potencia del panel, pero estos suelen trabajar a su 70% del rendimiento debido a la suciedad, a el sobrecalentamiento, a la falta de ventilación, y otros factores más. Entonces el cálculo de hace tal que HSP x potencia del panel x 0,7

A continuación, una tabla de HSP de todos los meses del año en España, las unidades de HSP son kWh/ m².

MES	HSP
Enero	1,98
Febrero	2,82
Marzo	4,07
Abril	5,26
Mayo	6,36
Junio	7,32
Julio	7,53
Agosto	6,55
Setiembre	5,01
Octubre	3,38
Noviembre	2,21
Diciembre	1,83
Media anual	4,53

Tabla 2. HSP España por meses

(Tabla propia)

Se va a plantear diferentes situaciones en las que la placa esté trabajando en diferentes escenarios, voy a calcular en el mes más desfavorable que es diciembre y el mes más favorable que es Julio.

- Situación 1. Julio

$$330 Wp = \frac{W_{dia}}{0,7 * 7,53}$$

Potencia real diaria (W_{dia})=1739.43 W al día en julio, que utilizando la siguiente formula:

$$P = I * V$$

Se obtiene que la intensidad obtenida en un día (12 V) son 144.95 A, por lo que en la teoría y consumiendo los gastos nombrados en la tabla 1 y cumpliéndose las horas de sol teóricas en la tabla de HSP, podría estar todo el tiempo que quiera alejado de la sociedad aislado. Hay que remarcar que es una suposición teórica, y que siempre hay que estar pendiente de los valores reales que nos indica la batería secundaria de su estado.

- Situación 2. Diciembre

$$330 Wp = \frac{Wdia}{0,7 * 1,83}$$

Potencia real diaria (Wdia)= 422,73 W al día en diciembre, que utilizando la misma fórmula que en la situación 1 se deduce que I=35,22 A. como ya se había calculado anteriormente el consumo diario es 73,1 A al día:

Pérdidas batería diarias = energía consumida – energía producida

$$Perdidas batería diarias = 73,1 - 35,22 = 37,88 A$$

Sabiendo que mi batería tiene una capacidad de 200 A y que no puede rebajarse de su 70% (140 A) para prevenir una vida útil longeva, se puede estar unos 2 días aislado energéticamente, igual como en la situación anterior es un cálculo teórico.

*A estos valores de producción energética se le deberían de añadir la energía producida por el generador, pero debido a su poca exactitud, es muy difícil de calcular que va a producir en cada momento, va a ser un añadido en ocasiones puntuales, siempre y cuando la camper se encuentre en una ubicación con viento.

6. Resultado de la instalación mejorada

6.1 Componentes

Primero que todo este apartado va a estar enfocado en explicar con detalle el esquema eléctrico:

La instalación eléctrica está compuesta primero que todo por la batería principal (corresponde a la batería de arranque del vehículo) que como todo vehículo lleva el alternador que, conectado al *booster* a través de la batería cargará la batería secundaria (esta es la batería que voy a añadir yo al furgón) cuando el vehículo esté arrancado.

Seguidamente se tiene la toma de 220 V exterior junto a su protección (explicado apartado 6.3), conectada al cargador, que se encarga de convertir 220 V a 12 V para desde la toma exterior poder cargar la batería secundaria. Se ha de indicar que el cargador y el inversor es el mismo aparato electrónico, pero en el esquema está separado ya que tiene la posibilidad de desarrollar diferentes funciones, de igual manera la toma de 220 V proporcionará a parte de la energía eléctrica al inversor/cargador, una red eléctrica en la furgoneta de 220 V cuando esta no se encuentra conectada a la red eléctrica; está indicado como la dirección cambia de sentido en los consumibles de 220 V, ya que el inversor coje energía de la batería secundaria y la transforma de 12 V a 220 V.

Finalmente se tiene las energías renovables (placa solar y generador eólico) conectadas al regulador y el regulador a la batería secundaria.

Cabe remarcar que enchufes, luces y aparatos electrónicos (nevera y calefacción) están conectados en paralelo entre ellos, pero en serie con el *booster* para unirlos a la batería secundaria (encargada de proporcionar la energía a este bloque), a pesar de este detalle, será la caja de fusibles la encargada de las conexiones entre batería principal, secundaria y elementos como enchufe, luces y aparatos electrónicos.

ESQUEMA ELÉCTRICO COMPLETO BATERÍA AUXILIAR Y CONSUMIBLES
(PLACA SOLAR, BOOSTER, CARGA EXTERIOR y INVERSOR 220v)

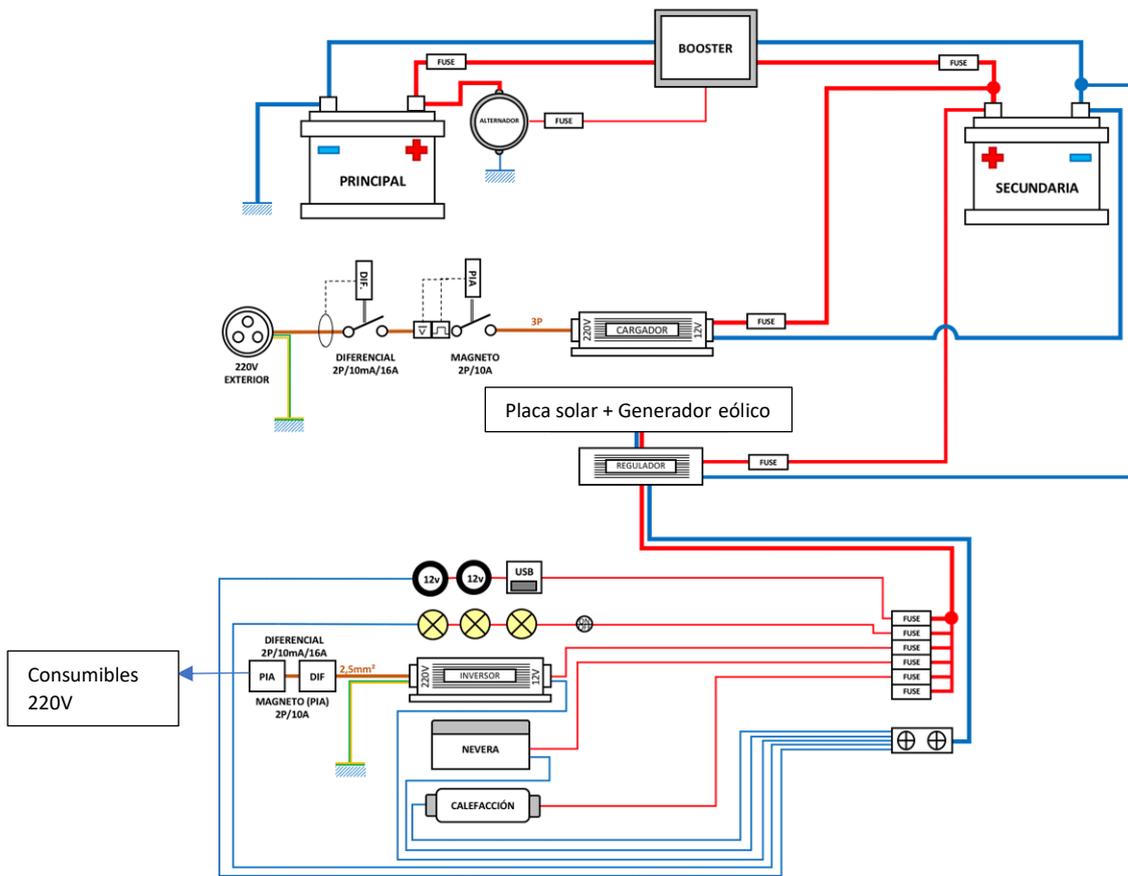


Imagen 22. Esquema eléctrico 12V+220V

(<https://www.tierrasinsolitas.com/instalacion-electrica-en-una-furgoneta-camper/> + edición propia)

6.1.1 Batería

En la actualidad, existen varias marcas y modelos de baterías que se destacan por su rendimiento y duración. A continuación, se va a mencionar algunas de las mejores baterías actuales:

- Tesla Powerwall: Es una batería de almacenamiento de energía diseñada para uso residencial. Es altamente eficiente y cuenta con una gran capacidad de almacenamiento, lo que la convierte en una opción popular para sistemas solares.
- LG Chem RESU: Esta batería de litio es ampliamente reconocida por su calidad y rendimiento. Ofrece una alta densidad energética y una vida útil prolongada. Se utiliza tanto en sistemas residenciales como comerciales.

- Sonnen Eco: Sonnen es una marca líder en sistemas de almacenamiento de energía. Su batería Sonnen Eco es altamente eficiente y cuenta con una amplia capacidad de almacenamiento. Además, ofrece funciones inteligentes de gestión de energía.
- Olalitia Lithium LiFePO4 200: Esta batería de litio hierro-fosfato (LiFePO4) se destaca por su seguridad y durabilidad. Es una opción popular para sistemas solares residenciales y comerciales debido a su alta eficiencia y capacidad de almacenamiento. Además, el sistema bms incorpora conexión bluetooth para poder, con la app de Olalitia controlar el estado de la batería en todo momento.
- Panasonic EverVolt: Panasonic es conocida por fabricar productos de alta calidad, y su línea de baterías EverVolt no es una excepción. Estas baterías de litio ofrecen una larga vida útil y un rendimiento confiable para sistemas de energía solar.

Todas las nombradas anteriormente ofrecen características muy competentes, pero Olalitia 200 Ah destaca por su precio un poco más reducido que el de sus competencias, además sigue todas las características que se habían planteado como mejores en el apartado 4.1, es por eso que ``Batería de litio OLALITIO LiFePO4 12.8 V 200 Ah Smart BMS con Bluetooth`` será la escogida para la instalación eléctrica mejorada.

*En caso de no poder adquirir esta batería nombrada la segunda opción sería la Panasonic EverVolt 200Ah, por compartir características con la Olalitia.



Imagen 23. OLALITIO 200Ah

(<https://olalitia.com/producto/bateria-de-litio-olalitia-lifepo4-12-8v-200ah-smart-bms-con-bluetooth>)

6.1.2 Placa solar

Como se ha indicado en el apartado 5, la placa la he escogido en función del tamaño del techo del camper, es por eso que el módulo fotovoltaico escogido es una placa BlueSolar 330 W.

Debido a la calidad de la marca Victron ya que la empresa donde hice las prácticas suele trabajar con ellos, puedo asegurar de primera mano que la calidad es excelente a un precio competitivo. De entre toda su gama de placas policristalinas, esta es la placa con mayor potencia y mejores características para la instalación.

Referencia del artículo	Descripción	Peso neto	Rendimiento eléctrico bajo STC (%)				
			Potencia nominal	Tensión de potencia máx.	Corriente de potencia máx.	Tensión de circuito abierto	Corriente de cortocircuito
			P _{MPP} W	V _{MPP} V	I _{MPP} A	V _{oc} V	I _{sc} A
SPP040201200	20W-12V Poly 440 x 350 x 25mm series 4a	1.9	20	18.4	1.09	21.96	1.18
SPP040301200	30W-12V Poly 655 x 350 x 25mm series 4a	2.8	30	18.2	1.66	21.80	1.80
SPP040451200	45W-12V Poly 425 x 668 x 25mm series 4a	3.1	45	19.1	2.36	22.90	2.55
SPP040601200	60W-12V Poly 545 x 668 x 25mm series 4a	4	60	19.3	3.12	23.10	3.37
SPP040901200	90W-12V Poly 780 x 668 x 30mm series 4a	6.1	90	19.5	4.61	23.44	4.98
SPP041151200	115W-12V Poly 1015 x 668 x 30mm series 4a	8	115	18.94	6.08	22.73	6.56
SPP041151202*	115W-12V Poly 1030 x 668 x 30mm series 4b	8	115	18.9	6.08	22.73	6.56
SPP041751200	175W-12V Poly 1485 x 668 x 30mm series 4a	12	175	18.3	9.56	21.9	10.24
SPP042702000	270W-20V Poly 1640 x 992 x 35mm series 4a	18.4	270	31.7	8.52	38.04	9.21
SPP043302400	330W-24V Poly 1956 x 992 x 40mm series 4a	22.5	330	37.3	8.86	44.72	9.57
SPP043302402*	330W-24V Poly 1980 x 1002 x 40mm series 4b	23	330	37.3	8.86	44.72	9.57

Imagen 24. Tabla paneles solares Victron

(<https://iterin.com/paneles-solares-victron-bluesolar-monocristalinos-2959.html>)

La placa escogida es ``Placa Solar Fotovoltaica Policristalina BlueSolar VICTRON 330 W 4a`` ya que mirando sus especificaciones se acopla a el proyecto, ya que tiene suficiente potencia para el uso que le voy a dar. Además, los materiales de la marca VictronEnergy están diseñados para ser instalados en furgonetas camper, por lo que la propia placa tiene una mayor resistencia frente a alteraciones en el tiempo, como puede ser viento, lluvia, días muy soleados. Es por eso por lo que es la mejor opción para la instalación.

*En caso de no poder adquirir la batería explicada, otra opción interesante sería adquirir una placa muy parecida a la seleccionada: ``Placa Solar Fotovoltaica Policristalina BlueSolar VICTRON 330 W 4b``



Imagen 25. Placa solar Victron

(<https://www.victronenergy.com.es/solar-pv-panels/bluesolar-panels>)

6.1.3 Generador eólico

A diferencia de las placas solares, los generadores es una tecnología con mucho margen de mejora ya que no existen muchas opciones en el mercado, a pesar de esta carencia de opciones, al igual que en las baterías se van a nombrar los generadores eólicos para uso doméstico mejor valorados:

1. Primus Windpower Air 40: Un aerogenerador pequeño y eficiente con una capacidad de generación de hasta 400 vatios. Es fácil de instalar y es adecuado para aplicaciones fuera de la red y en entornos con vientos moderados.
2. Southwest Windpower Skystream: Un aerogenerador de 2.4 kW que se ha utilizado ampliamente en aplicaciones residenciales y pequeñas empresas. Es fácil de instalar y cuenta con una tecnología de seguimiento del viento para una mayor eficiencia.
3. Bergey Excel: Los aerogeneradores de la serie Excel de Bergey están disponibles en diferentes capacidades, como 1 kW, 2 kW y 10 kW. Son conocidos por su confiabilidad y rendimiento en una variedad de condiciones de viento.
4. Ampair 600: Este aerogenerador tiene una capacidad de generación de hasta 600 vatios y es adecuado para aplicaciones en tierra y marinas. Es resistente y puede soportar condiciones climáticas adversas.
5. Rutland FM1803: Un pequeño aerogenerador de 300 vatios que es popular para aplicaciones en barcos, caravanas y sistemas fuera de la red en pequeñas viviendas.
6. VEVOR Generador de Turbina Eólica 12 V 400 W: Su fácil sencillez de montaje lo hace una opción muy interesante, a pesar de sus grandes dimensiones es un producto económico, suficiente para los días de viento sin sol.

Es fundamental destacar que la eficiencia y la producción de energía de los aerogeneradores dependen en gran medida de las condiciones del viento en el lugar de instalación. Antes de invertir en un aerogenerador para cualquier situación, es esencial evaluar las condiciones del viento en la ubicación prevista para asegurarse de que el equipo será efectivo y proporcionará el rendimiento esperado.



Imagen 26. VEVOR 400W 3 aspas

(<https://www.amazon.es/VEVOR-Aerogenerador-Horizontal-Resistente-Controlador/dp/B099N6R7BS>)

De entre todos ellos el número 6, VEVOR 400 W es la mejor opción ya que su fácil montaje deja la posibilidad de montarlo y desmontarlo cuando el vehículo este estacionado donde sea, teniendo el sistema eléctrico instalado y solo montando y conectando el generador, se tendrá este generador preparado. No es el de mejor calidad del mercado, pero si una herramienta útil para el uso que deseo en mi instalación, puesto que está compuesto por un mástil con pie y tres aspas con el generador fáciles de montar y desmontar.

Hay que remarcar que la potencia nominal se debe en condiciones bajo 25.3 nudos, lo que es igual a 13 m/s, una velocidad de viento poco común, pero a 2 m/s ya empieza a producir energía.

*Si no se pudiese adquirir el generador nombrado, por diferentes razones, el aerogenerador seleccionado sería Primus Windpower Air 40, ya que la potencia nominal es exactamente la misma que el generador eólico VEVOR, por lo que serviría el mismo regulador de carga.



Imagen 27. Tabla de potencia Vevor

(<https://www.amazon.es/VEVOR-Aerogenerador-Horizontal-Resistente-Controlador/dp/B099N6R7BS>)

$$1 \text{ MPH} = 0,868976 \text{ nudos} = 0,44704 \text{ m/s}$$

Como se puede observar desde que la velocidad del viento es mínima ya empieza a producir energía, incrementando la producción mientras el viento va creciendo.

6.1.4 Regulador de carga

Este regulador ha de ser adaptado a la potencia máxima del ventilador y de la placa solar, claramente nunca se dará el caso, pero siempre es mejor prevenir por si se diera, que el regulador pudiera soportar esta potencia de entrada (400 W+330 W)

De entre todos los reguladores, como se ha comentado en el punto 4.2.3, se va a buscar un regulador MPPT puesto que como se ha explicado anteriormente, tiene mejores características que las otras opciones de mercado.

Después de estudiar varias opciones posibles la mejor opción es el regulador ``FLTXNY POWER Controlador de Carga Híbrido 1600W'', a pesar de sobrepasar la potencia máxima admitida, es el controlador de carga que mejor se adapta a la instalación eléctrica debido a las siguientes características:

- controlador de carga híbrido combina con todas las baterías de 12/24 V, incluyendo batería de litio. Apto para generador de viento máximo de 800 W y paneles solares de 600 W para sistema complementario solar de viento para el hogar, barco, luz de calle.
- la parte de carga de turbina de viento adopta tecnología MPPT de refuerzo, que hace que se cargue continuamente y eficientemente, incluso en baja velocidad del viento
- el parámetro se ajustará perfectamente después de elegir el tipo de batería. El usuario también puede ajustar según los requisitos propios. Este sistema se ha actualizado en más inteligente para controlar el voltaje de carga estable.
- pantalla LCD más grande que es fácil de navegar y manejar. Dos cargas CC (salida) con 4 modos de salida y cada uno se puede ajustar diferentes modelos.
- Protección de carga inversa de solar, sobretensión de carga/bajo voltaje y protección de sobrecarga, conexión de batería inversa y protección de circuito abierto, protección contra rayos, etc.



Imagen 28. FLTXNY POWER Regulador

(<https://www.amazon.es/FLYT-h%C3%ADbrido-controlador-rejilla-turbina/dp/B08J6M5215>)

*Si bajo ninguna opción se pudiese adquirir el regulador de carga nombrado anteriormente se instalarían dos reguladores de carga, uno para la placa fotovoltaica (Regulador solar VICTRON ENERGY MPPT 100/30 "SmartSolar") y otro para el generador eólico (regulador que se compra con el kit del aerogenerador)

6.1.5 Inversor/cargador

Es uno de los sistemas electrónicos más caros de toda la instalación, es por eso por lo que se ha de adaptar muy bien a que tipo de uso se le vaya a hacer, ya que un

inversor de mejores características va a resultar un gasto innecesario en la furgoneta camper.

Existen muchos inversores/cargadores, pero entre todas las marcas especializadas en campers son las mejores opciones, ya que se adaptan en funciones y en tamaño, debido a que han sido diseñados para utilizarse en este tipo de vehículos. De entre todas estas marcas podemos destacar Victron energy ya que ofrece productos de toda clase en relación con las furgonetas camper, otra marca interesante es Enerdrive, al igual que Victron Energy ofrece de todo tipo de productos. Pero por experiencia personal mi decisión se decanta por un inversor/cargador de Victron Energy.

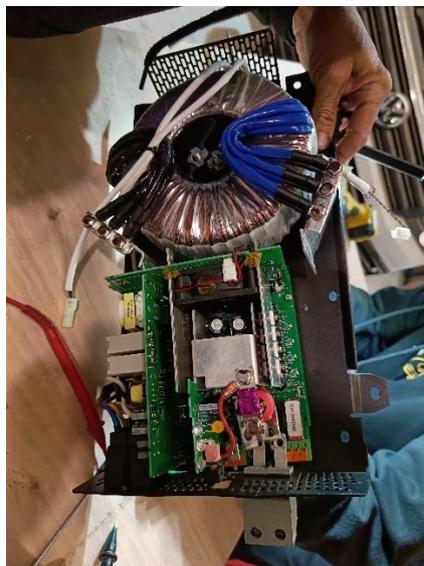


Imagen 29. Victron energy inversor/cargador interior

(Imagen propia)

Es por eso por lo que en función a el uso diario (tabla 1) se va a escoger entre la cantidad de modelos que tiene la marca. La idea inicial tiene un consumo de 220 V muy bajo, pero siempre hay que pensar en lo peor y que se va a necesitar en una determinada ocasión bastante potencia en 220 V. Sería el caso de un día que este cargando/utilizando estos 4 elementos juntos:

Elemento	Consumo W
Ordenador portátil	48
Carga rapida móvil	10
Televisión led	200
Pequeño ventilador	350
TOTAL	608 W

Tabla 3. Consumo 220V

(Tabla propia)

En este caso, sin utilizar muchos aparatos eléctricos a 220V a la vez se debe tener como mínimo un inversor de 608 VA; una vez sabido esta potencia se ha de que encontrar qué inversor/cargador se adaptará a mi mejor.

12 voltios 24 voltios 48 voltios	MultiPlus 12/500/20 MultiPlus 24/500/10 MultiPlus 48/500/6	MultiPlus 12/800/35 MultiPlus 24/800/16 MultiPlus 48/800/9	MultiPlus 12/1200/50 MultiPlus 24/1200/25 MultiPlus 48/1200/13	MultiPlus 12/1600/70 MultiPlus 24/1600/40 MultiPlus 48/1600/20
PowerControl / PowerAssist	No	Sí	Sí	Sí
Funcionamiento en trifásico y en paralelo	Sí	Sí	Sí	Sí
Conmutador de transferencia	16 A	16 A	16 A	16 A
INVERSOR				
Rango de tensión de entrada	9,5 – 17 V 19 – 33 V 38– 66 V			
Salida	Tensión de salida: 230 VCA ± 2 % Frecuencia: 50 Hz ± 0,1 % ⁽¹⁾			
Potencia cont. de salida a 25 °C ⁽²⁾	500 VA	800 VA	1200 VA	1600 VA
Potencia cont. de salida a 25 °C	430 W	700 W	1000 W	1300 W
Potencia cont. de salida a 40 °C	400 W	650 W	900 W	1100 W
Potencia cont. de salida a 65 °C	300 W	400 W	600 W	800 W
Potencia pico	900 W	1600 W	2400 W	2800 W
Eficiencia máxima	90 / 91 / 92 %	92 / 93 / 94 %	93 / 94 / 95 %	93 / 94 / 95 %
Consumo en vacío	6 / 6 / 7 W	7 / 7 / 8 W	10 / 9 / 10 W	10 / 9 / 10 W
Consumo en vacío en modo búsqueda	2 / 2 / 3 W	2 / 2 / 3 W	3 / 3 / 3 W	3 / 3 / 3 W
CARGADOR				
Entrada de CA	Rango de tensión de entrada: 187-265 VCA Frecuencia de entrada: 45 – 65 Hz			
Tensión de carga de "absorción"	14,4 / 28,8 / 57,6 V			
Tensión de carga de "flotación"	13,8 / 27,6 / 55,2 V			
Modo de almacenamiento	13,2 / 26,4 / 52,8 V			
Corriente de carga de la batería auxiliar ⁽⁴⁾	20 / 10 / 6 A	35 / 16 / 9 A	50 / 25 / 13 A	70 / 40 / 20 A
Corriente de carga de la batería de arranque	1 A (solo modelos de 12 V y 24 V)			
Sensor de temperatura de la batería	Sí			
GENERAL				
Relé programable ⁽⁵⁾	Sí			
Protección ⁽²⁾	a – g			
Puerto de comunicación VE.Bus	Para funcionamiento paralelo y trifásico, control remoto e integración del sistema (Se necesita un separador RJ45 ASS030065510 para los modelos 500 / 800 / 1200 VA)			

Imagen 30. Modelos inversor/cargador VictronEnergy

(<https://www.victronenergy.com.es/upload/documents/Datasheet-MultiPlus-500VA-2000VA-ES.pdf>)

De esta manera, siguiendo la línea de 12 voltios, ya que la instalación principal y baterías trabajan a 12 V, se ha decidido por "MultiPlus 12/800/35", lo que indica que es inversor de 12 V-220 V con una potencia máxima de trabajo de 800 VA de inversor y

una intensidad máxima de carga (al estar conectado a la red eléctrica doméstica) de 35 A. Además, el inversor tiene la opción de conectarse al móvil para poder comprobar en tiempo real como está trabajando, puesto que tiene tres modos:

- Encendido: en este modo estará haciendo la función de inversor solamente, en esta situación la camper no estará conectada a la red eléctrica doméstica de 220 V.
- Apagado: el inversor/cargador no estará trabajando.
- Cargador remoto encendido: en el último modo estará cargando la batería secundaria ya que la furgoneta se encontrará conectada a la red eléctrica doméstica 220 V.

*En el caso de no poder adquirir el inversor/cargador de victron la instalación se debería de plantear de otra manera diferente, ya que no existe otra opción actualmente que comparta las características de la marca Victron, por lo que se debería replantear la instalación.

6.1.6 *Booster* (cargador batería secundaria)

Como bien se ha explicado en el punto 4.4 este elemento se ha de prestar especial atención ya que se encarga de conectar la batería principal del vehículo con la secundaria. Una mala elección o programación del *booster* podría hacer que la batería principal redujera su capacidad en parado y se quedase con un nivel inferior al necesario para arrancar el vehículo.

Pero entre los más competitivos se encuentran los reguladores de carga de las marcas Victron, Renogy y Votronic, y de igual manera que los otros componentes, el booster de la marca Victron lidera todas las comparaciones, ya que sus prestaciones son mejor al de los restos de marcas, debido a su implantación de tecnología e investigación.

En modo cargador el algoritmo de carga de tres etapas alarga la vida de la batería cargándola correctamente. Especialmente en el caso de vehículos con un alternador inteligente, o en caso de caída de tensión causada por cables muy largos, la carga controlada es indispensable. La carga controlada también protege el alternador en los sistemas de litio en los que la carga directa puede sobrecargar el alternador debido a la baja impedancia de la batería de litio. En modo de salida fija, la tensión de salida permanecerá estable independientemente de la carga aplicada o de una tensión de entrada cambiante (dentro del rango especificado).

El cargador DC-DC Orion-Tr Smart (nombre) puede configurarse para proporcionar alimentación solo cuando el motor está en funcionamiento. Esto es posible gracias a la detección integrada de apagado del motor. Esto también evita que la tensión a bordo del vehículo baje demasiado. No es necesario intervenir en el sistema del vehículo, ni instalar un sensor separado de funcionamiento del motor.

El cargador DC-DC Orion-Tr Smart se puede programar con la aplicación VictronConnect, al igual que todos los elementos electrónicos de Victron Energy.

Estas son las características que han hecho que se decida por este regulador de carga:

- Adecuado para su uso en vehículos con un alternador inteligente (motores Euro 5 y Euro 6)
- SIN necesidad, de accesorios o simuladores de señal alternador D+
- Bluetooth Smart habilitado
Se puede usar cualquier smartphone, tableta u otro tipo de dispositivo con Bluetooth para monitorizar, cambiar los ajustes y actualizar el cargador cuando haya nuevas funciones de software disponibles.
- Completamente programable
 - . Algoritmo de carga de baterías (configurable) o salida fija.
 - . Compatibilidad inteligente con el alternador: mecanismo de detección de motor en marcha.
- Algoritmo de carga adaptable de 3 etapas: carga inicial – absorción – flotación
 - En el caso de las baterías de plomo-ácido es importante que, si las descargas son leves, el tiempo de absorción sea corto para evitar sobrecargar la batería. Después de una descarga profunda, el tiempo de carga de absorción aumenta automáticamente para garantizar una recarga completa de la batería.
 - En el caso de las baterías de litio, el tiempo de absorción es fijo: 2 horas por defecto.
 - Alternativamente, se puede optar por una tensión de salida fija.
- On/Off remoto
Se puede conectar un interruptor On/Off remoto a un conector bifásico. Alternativamente, el terminal H (derecha) del conector bifásico puede cambiarse al positivo de la batería, o el terminal L (izquierda) del conector bifásico puede cambiarse al negativo de la batería (o al chasis del vehículo, por ejemplo).
- Protección contra las altas temperaturas:
La corriente de salida se reducirá cuando la temperatura ambiente sea alta.
- Carga máxima a 30 A, controlando siempre estado de ambas baterías

*En la hipotética situación que no fuese posible adquirir el cargador de batería nombrado anteriormente, la otra opción sería instalar el siguiente: Booster de carga MBB 40 Amperios / 12 Voltios EZA, ya que la calidad es similar a la marca Victron y las valoraciones son muy positivas, por lo que de igual manera es una opción competente.



Imagen 31. Orion-Tr Smart

(<https://invertersrus.com/product/orion-ori121236140/>)

6.1.7 Unidad de control y caja de fusibles

Los dos últimos elementos suelen siempre ir juntos, ya que se trata de un kit, ya que son dos elementos conectados entre sí.

A pesar del avance tecnológico de las furgonetas camper, la unidad de control tipo pantalla no es elemento con mucha información, puesto que su simplicidad hace que no se actualice mucho. Es por eso que la marca más competitiva a nivel de precio, calidad y simplicidad es CBE.

Esta marca italiana tiene muchos productos, los cuales voy a nombrar seguidamente junto a sus características:

1. PC 110, sistema completo de mando y control del sistema eléctrico de 12 V (170x80 mm)
 - Panel de control con pantalla LED
 - Control gráfico del estado de la batería del coche y de la secundaria
 - Control gráfico del estado del depósito de agua dulce
 - Alarma de reserva del depósito de agua residual
 - Separador electrónico de baterías integrado
 - Gestión trivalente del frigorífico
 - 10 fusibles de protección del usuario de 12 V
 - Recarga de la batería del coche
 - Control de tensión mínima (función "protección batería")



Imagen 32. PC 110

(<https://van-house.es/categoria-producto/electricidad/centralitas-electricidad/>)

2. PC 260, sistema completo de mando y control del sistema eléctrico de 12 V (180 x 125 mm)
 - Panel de control con pantalla LCD negativa de 3,2 pulgadas
 - Control en Voltios y gráfico del estado de la batería del coche y de la batería secundaria
 - Control en % y gráfico del estado del depósito de agua dulce
 - Alarma de reserva del depósito de agua residual
 - Electrónica de batería integrada
 - Gestión trivalente del frigorífico
 - 10 fusibles de protección usuario 12V
 - Recarga de la batería del coche
 - Control de tensión mínima (función "protección batería")
 - Reloj digital
 - Visualización de la temperatura interior y exterior
 - Función "Crepúsculo" para ajustar el brillo de la pantalla y los botones durante la noche



Imagen 33. PC 260

(<https://van-house.es/categoria-producto/electricidad/centralitas-electricidad/>)

3. PC 380, sistema completo de mando y control del sistema eléctrico de 12 V (190 x 130 mm)
 - Panel de control con pantalla LCD negativa de 4,8" y 12 colores
 - Control en Voltios y gráfico del estado de la batería del coche y de la batería de servicio
 - Control en % y gráfico del estado del depósito de agua dulce
 - Alarma de reserva del depósito de agua residual
 - Separador electrónico de baterías integrado
 - Gestión trivalente del frigorífico
 - 10 fusibles de protección usuario 12V
 - Recarga de la batería del coche
 - Control de tensión mínima (función "battery saver")
 - Reloj digital
 - Actualización del software desde el puerto USB
 - Función "Crepúsculo" para ajustar el brillo de la pantalla y los botones por la noche



Imagen 34. PC 380

(<https://van-house.es/categoria-producto/electricidad/centralitas-electricidad/>)

Como se puede observar todos tienen casi las mismas características, los modelos PC 260 y PC 380 están mejor equipados, pero lo que más importa es el aspecto físico y la diferencia de precios. Es por eso por lo que se ha decidido a escoger la tercera opción, el modelo PC 380, ya que físicamente luce bonito y fácil de manejar.

*En caso de no poder adquirir la opción nombrada se debe escoger la pantalla PC 260, ya que como se ha nombrado comparte muchas características con la unidad de control PC 380

La caja de fusibles el fabricante tiene la misma para todos los modelos con diferente programación, pero físicamente igual, gracias a su ayuda en las instrucciones resulta muy fácil su instalación en el sistema electrónico.

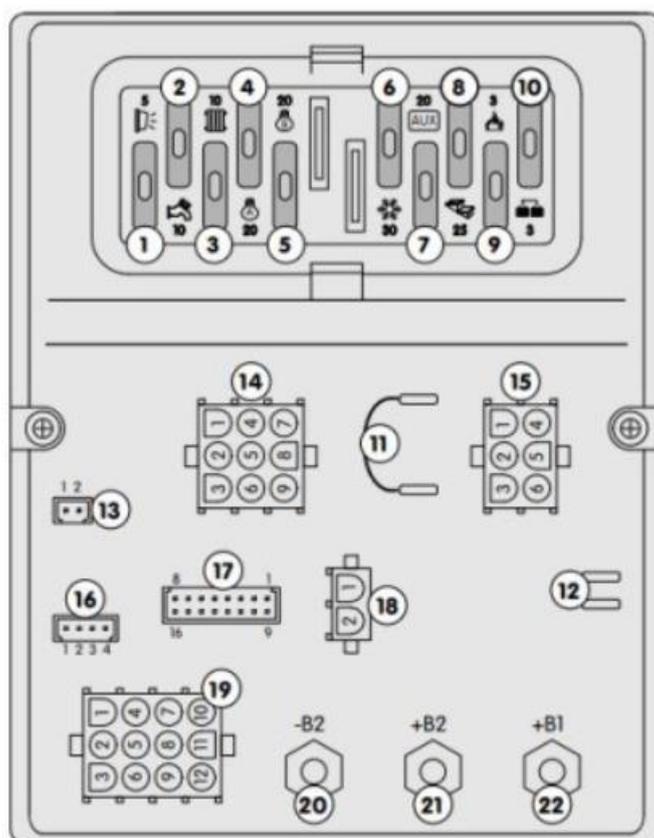


Imagen 35. Esquema caja fusibles CBE PC380

(<https://van-house.es/categoria-producto/electricidad/centralitas-electricidad/>)

1. Fusible de 5 A para la alimentación de la luz exterior, depende del interruptor general y se desconecta automáticamente cuando el motor está en marcha.
2. Fusible de 10 A para la alimentación de la bomba de agua, depende del interruptor general.
3. Fusible de 10 A para la alimentación de la estufa/caldera, depende del interruptor principal de luces.
4. Fusible de 20 A para la alimentación del grupo de luces "A", depende del interruptor principal.
5. Fusible de 20 A para la alimentación del grupo de luces "B", depende del interruptor principal.
6. Fusible de 30 A para la alimentación de 12 V del AES y del frigorífico trivalente. La nevera trivalente se apaga automáticamente cuando se para el motor.
7. Fusible de 20 A para la alimentación auxiliar (regulador solar), conectada directamente a la batería de servicio (B2).
8. Fusible de 25 A para la alimentación del escalón eléctrico, conectado directamente a la batería de servicio (B2).
9. Fusible de 3 A para la alimentación de gas (frigorífico, cocina, válvula de caldera, etc.), conectado directamente a la batería de servicio (B2).
10. Fusible de 3 A para la protección de la salida simulada OUT D+.

11. Conexión frigorífico AES - Puente para excluir el relé trivalente del frigorífico, utilizado para conectar el frigorífico AES directamente a la batería de servicio (B2).
12. Salida simulada del alternador D+ para controlar: paso eléctrico, nevera AES, válvula de drenaje eléctrica, retorno de antena eléctrica.

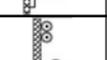
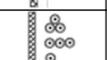
6.2 Cableado

Antes de empezar a realizar los cálculos sobre el cableado de la instalación, se ha de dar una serie de explicaciones para que la información posterior quede clara.

Como bien se sabe, todos los cables de cualquier instalación eléctrica sufren un calentamiento debido a la intensidad que circula por él, es por eso que, si no se han calculado bien la sección de dichos cables, se pueden llegar a quemar provocando un incendio.

Hoy en día existen muchísima información y desinformación a cerca de estos cálculos, pero la mejor tabla sería la tabla de corrientes máximas según la norma UNE 60364-5-52 de 2014.

TABLA B.52-1 (UNE-HD 60364-5-52: 2014) Métodos de instalación de referencia

Instalación de referencia		Tabla y columna				
		Intensidad admisible para los circuitos simples				
		Aislamiento PVC		Aislamiento XLPE o EPR		
		Número de conductores				
		2	3	2	3	
	Conductores aislados en un conducto en una pared térmicamente aislante	A1	Tabla C.52-1 bis columna 4	Tabla C.52-1 bis columna 3	Tabla C.52-1 bis columna 7b	Tabla C.52-1 bis columna 6b
	Cable multiconductor en un conducto en una pared térmicamente aislante	A2	Tabla C.52-1 bis columna 3	Tabla C.52-1 bis columna 2	Tabla C.52-1 bis columna 6b	Tabla C.52-1 bis columna 5b
	Conductores aislados en un conducto sobre una pared de madera o mampostería	B1	Tabla C.52-1 bis columna 6a	Tabla C.52-1 bis columna 5a	Tabla C.52-1 bis columna 10b	Tabla C.52-1 bis columna 8b
	Cable multiconductor en un conducto sobre una pared de madera o mampostería	B2	Tabla C.52-1 bis columna 5a	Tabla C.52-1 bis columna 4	Tabla C.52-1 bis columna 8b	Tabla C.52-1 bis columna 7b
	Cables unipolares o multipolares sobre una pared de madera o mampostería	C	Tabla C.52-1 bis columna 8a	Tabla C.52-1 bis columna 6a	Tabla C.52-1 bis columna 11	Tabla C.52-1 bis columna 9b
	Cable multiconductor en conductos enterrados	D1	Tabla C.52-2 bis columna 3	Tabla C.52-2 bis columna 4	Tabla C.52-2 bis columna 5	Tabla C.52-2 bis columna 6
	Cables con cubierta unipolares o multipolares directamente en el suelo	D2	Tabla C.52-2 bis columna 3	Tabla C.52-2 bis columna 4	Tabla C.52-2 bis columna 5	Tabla C.52-2 bis columna 6
	Cable multiconductor al aire libre Distancia al muro no inferior a 0,3 veces el diámetro del cable	E	Tabla C.52-1 bis columna 9a	Tabla C.52-1 bis columna 7a	Tabla C.52-1 bis columna 12	Tabla C.52-1 bis columna 10b
	Cables unipolares en contacto al aire libre Distancia al muro no inferior al diámetro del cable	F	Tabla C.52-1 bis columna 10a	Tabla C.52-1 bis columna 8a	Tabla C.52-1 bis columna 13	Tabla C.52-1 bis columna 11
	Cables unipolares espaciados al aire libre Distancia entre ellos como mínimo el diámetro del cable	G	Ver UNE-HD 60364-5-52			

XLPE: Polietileno reticulado (90°C) EPR: Etileno-propileno (90°C) PVC: Policloruro de vinilo (70°C)

Cobre: $\rho_{20} = 1/56 \Omega \text{mm}^2/\text{m}$; Aluminio: $\rho_{20} = 1/35 \Omega \text{mm}^2/\text{m}$

$\rho = K_{\theta} \cdot \rho_{20}$ Para el cobre y el aluminio: $\theta = 70^{\circ}\text{C} \rightarrow K_{\theta} = 1,20$; $\theta = 90^{\circ}\text{C} \rightarrow K_{\theta} = 1,28$

POTENCIAS NORMALIZADAS DE TRANSFORMADORES (EN kVA):

5, 10, 15, 20, 30, 50, 75, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000

FACTORES DE MAYORACIÓN K_G : 1,25 para motores y 1,8 para lámparas de descarga

Tabla 4. Norma UNE 60364-5-52 de 2014

TABLA C.52-1 bis (UNE-HD 60364-5-52: 2014)
Intensidades admisibles en amperios Temperatura ambiente 40 °C en el aire

Método de instalación de la tabla B.52-1	Número de conductores cargados y tipos de aislamiento																	
		PVC 3	PVC 2															
A1			PVC 3	PVC 2														
A2		PVC 3	PVC 2															
B1																		
B2																		
C																		
E																		
F																		
1	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11	12	13
Sección mm²																		
Cobre																		
1,5	11	11,5	12,5	13,5	14	14,5	15,5	16	16,5	17	17,5	19	20	20	20	21	23	-
2,5	15	15,5	17	18	19	20	20	21	22	23	24	26	27	26	28	30	32	-
4	20	20	22	24	25	26	28	29	30	31	32	34	36	36	38	40	44	-
6	25	26	29	31	32	34	36	37	39	40	41	44	46	46	49	52	57	-
10	33	36	40	43	45	46	49	52	54	54	57	60	63	65	68	72	78	-
16	45	48	53	59	61	63	66	69	72	73	77	81	85	87	91	97	104	-
25	59	63	69	77	80	82	86	87	91	95	100	103	108	110	115	122	135	146
35	-	-	-	95	100	101	106	109	114	119	124	127	133	137	143	153	168	182
50	-	-	-	116	121	122	128	133	139	145	151	155	162	167	174	188	204	220
70	-	-	-	148	155	155	162	170	178	185	193	199	208	214	223	243	262	282
95	-	-	-	180	188	187	196	207	216	224	234	241	252	259	271	298	320	343
120	-	-	-	207	217	216	226	240	251	260	272	280	293	301	314	350	373	397
150	-	-	-	-	-	247	259	276	289	299	313	322	337	343	359	401	430	458
185	-	-	-	-	-	281	294	314	329	341	356	368	385	391	409	460	493	523
240	-	-	-	-	-	330	345	368	385	401	419	435	455	468	489	545	583	617
Aluminio																		
2,5	11,5	12	13	14	15	16	16,5	17	17,5	18	19	20	20	20	21	23	25	-
4	15	16	17	19	20	21	22	22	23	24	25	26	28	27	29	31	34	-
6	20	20	22	24	25	27	29	28	30	31	32	33	35	36	38	40	44	-
10	26	27	31	33	35	38	40	40	41	42	44	46	49	50	52	56	60	-
16	35	37	41	46	48	50	52	53	55	57	60	63	66	66	70	76	82	-
25	46	49	54	60	63	63	66	67	70	72	75	78	81	84	88	91	98	110
35	-	-	-	74	78	78	81	83	87	89	93	97	101	104	109	114	122	136
50	-	-	-	90	94	95	100	101	106	108	113	118	123	127	132	140	149	167
70	-	-	-	115	121	121	127	130	136	139	145	151	158	162	170	180	192	215
95	-	-	-	140	146	147	154	159	166	169	177	183	192	197	206	219	233	262
120	-	-	-	161	169	171	179	184	192	196	205	213	222	228	239	254	273	306
150	-	-	-	-	-	196	205	213	222	227	237	246	257	264	276	294	314	353
185	-	-	-	-	-	222	232	243	254	259	271	281	293	301	315	337	361	406
240	-	-	-	-	-	261	273	287	300	306	320	332	347	355	372	399	427	482
Aislamientos termoestables (90°C)													Aislamientos termoplásticos (70°C)					
XLPE: Polietileno reticulado						EPR: Etileno-propileno						PVC: Policlورو de vinilo						

Tabla 5. Norma UNE 60364-5-52 de 2014

En la tabla B.52-1 se detalla como seleccionar el cable de la tabla C.52-1 dependiendo de la instalación de referencia, así como otros factores. La tabla C.52-1 indica que cable se ha de utilizar en función a las intensidades admisibles en amperios con una temperatura ambiente de 40 °C teniendo en cuenta los siguientes factores, el número de conductores cargados, tipos de aislamiento y el tipo de material.

De esta tabla se ha resumido la información que realmente resulta útil, de esta manera se ha formulado la siguiente tabla de corriente máxima en conductores unipolares de cobre a 40 °C:

SECCIÓN (mm ²)	DENSIDAD (A/mm ²)	AMPERIOS MAX (A)	FUSIBLE MAX (A)
1,5	10	15	15
2,5	9	22	20
4	8	32	35
6	7	42	40
10	6	60	63
16	5	80	80
25	4	100	100
35	3,5	123	125
50	3	150	160

Tabla 6. Ajuste cableado según intensidades

(<https://www.tierrasinsolitas.com/instalacion-electrica-en-una-furgoneta-camper/>)

En la tabla anterior se detalla cada sección de cable que intensidad puede soportar por mm² sin quemarse, la intensidad máxima y que fusible máximo se debería instalar, ya que el fusible aparte de proteger los elementos electrónicos, protegen el cable de no ser quemado.

Además de la intensidad que circula por el cable se ha de tener en cuenta la caída de potencial, es decir, la pérdida de potencial eléctrica que ocurre cuando se mueve una carga a través de un conductor. Por lo que la caída de potencial va a depender directamente de los metros y de la sección de nuestro cable. Para el cálculo de la caída de potencial hay que utilizar la fórmula siguiente:

$$\Delta V = \frac{2 * I * \rho * L}{S}$$

ΔV = Caída de tensión (voltios) I= Intensidad en el circuito(amperios)

ρ = Resistividad del material. El cobre es 0,0175 Ω * mm²/m

L= Longitud del conductor (metros) S= Sección del cable (mm²)

El significado de la caída de tensión es muy sencillo, si tengo un elemento que esté consumiendo 72 W en mi instalación y se encuentre a 5 m de la batería de 12 V:

$$\Delta V = \frac{2 * 6 * 0,0175 * 5}{1,5}$$

$$\Delta V = 0,7 V$$

Lo que significa que a el elemento eléctrico le llegará solamente 11,3 V. Pero posiblemente no puede ser la caída de tensión real ya que no se ha

comprobado si la sección de cable escogida es la correcta, se ha basado en la tabla 5 sin tener en cuenta la caída de tensión.

Para obtener la intensidad que va a circular por el cable hay que utilizar la fórmula de la potencia eléctrica nombrada anteriormente:

$$P = I * V$$

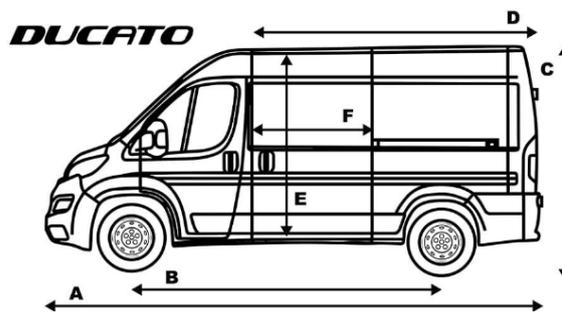
Seguidamente el cálculo de la sección depende de la caída de la tensión que no se tiene, es por eso que existen tablas normalizadas para poder hacer los cálculos suponiendo un porcentaje de caída de tensión, estos son el % de caída que se debe escoger:

- Placa solar – Regulador: Máximo 3%, recomendable 1%.
- Regulador – Batería: Máximo 1%, recomendable 1%.
- Batería – Inversor: Máximo 1%, recomendable 1%.
- Nevera: Máximo 2%, recomendable 1%.
- Línea de iluminación: Máximo 3%, recomendable 3%.
- Bomba de agua: Máximo 3%, recomendable 3%.
- Otros equipos: Máximo 5%, recomendable 3%.

Y la fórmula que se debe seguir para el cálculo es la siguiente:

$$S = \frac{2 * L * I}{C * V_1}$$

S= Sección del cable (mm^2) L= Longitud del conductor (metros)
 I= Intensidad en el circuito(amperios) C= Constante(para el cobre a 25 °C es 56)
 V₁=Caída de tensión admisible en la instalación (puede ser 1%, 2% o 3%)



Fiat Ducato III L2/H2

A - Longitud total, B - distancia entre ejes, C - altura total, D - la longitud del espacio de carga, E - la altura de la puerta deslizante, F - la anchura de la puerta corredera

Símbolo	A	B	C	D	E	F
Dimensión (mm)	5413	3450	2524	3120	1790	1250

Imagen 36. Dimensiones Fiat Ducato L2H2

(<https://www.transitcenter.es/fiat-ducato-3-data-specification.php>)

La longitud del cable es un factor un poco imprevisible antes de empezar a hacer la instalación, pero planteando donde se van a instalar los elementos, se puede intuir que longitud tendrán los cables correspondientes.

- Placa solar-Regulador

La placa va a estar colocada en el techo del vehículo en la parte trasera y el regulador en el paso de rueda junto a todo el resto de la instalación, por lo que la longitud del cable va a ser 2 m, la intensidad máxima 27,5 A y la caída de potencial 0,12 V (1% de 12V)

$$S = \frac{2*2*27,5}{56*0.12} = 16.36 \text{ mm}^2$$

16 mm² ya que debe ser un tamaño normalizado siempre superior o igual al resultado de la fórmula.

Esta parte de la instalación no incorpora fusibles ya que el regulador es el encargado de la protección.

- Generador eólico – Regulador

El regulador permanecerá desinstalado, pero con un enchufe de corriente continua, tendrá 2 m de cable hasta el regulador, la intensidad máxima 33.3 A y la caída de potencial 0,12 V (1% de 12V)

$$S = \frac{2*2*33.3}{56*0.12} = 19.82 \text{ mm}^2$$

20 mm² por ser un tamaño normalizado, no lleva fusibles por la misma razón que la placa solar.

- Regulador solar- Batería secundaria

La intensidad máxima se duplica ya que cabe la posibilidad de estar produciendo la placa solar y el generador eólico a la vez, por lo que la intensidad aumentará a 60,83 A, pero la distancia entre ambos elementos será 0,5 m y la caída de potencial 0,12 V.

Debido a que la distancia de cable es muy corta no se calculará utilizando la fórmula de caída de potencial, sino de la tabla 5, es decir 16 mm y un fusible de 70 A, ya que debe de ser igual o menor a 80 y mayor a 60,83 A

- Batería principal – *Booster*

En este caso si que se debe prestar atención a la distancia ya que la batería principal se encuentra en el frontal del vehículo y la el *booster* junto a la

instalación en el paso de rueda izquierdo (lado de la batería principal), por lo que la longitud del cable será de 3 m, la intensidad 30 A y la caída de potencial 0,12 V

$$S = \frac{2 * 3 * 30}{56 * 0.12} = 26.78 \text{ mm}^2$$

Por lo que el cable de la principal al booster da un resultado de 35 mm² y el fusible debe ser menor a 125 A, por lo que instalaré un fusible de 80 A

- Batería secundaria – *Booster*

En este caso ambos elementos se encontrarán juntos por lo que el cable será de 16 mm² y el fusible de 30 A

- Inversor – Batería secundaria

De igual manera ambos elementos van a ser instalados juntos por lo que la caída de potencial no se tiene en cuenta. Como la intensidad entre elementos es de un máximo de 66,6 A, en la función de transformador ya que puede llegar a ofrecer 800 W en 220 V, lo que significa que necesita una intensidad de 66,6 A a 12 V, por lo que el cable necesario es de 16 mm² y el fusible de 70 A.

- Todos los elementos restantes ajenos a este proyecto he cogido la información de diferentes webs especializadas en instalaciones camper, de esta manera:

- . Iluminación: cable 1,5 mm² – fusible 10 A
- . Tomas de corriente: cable 2,5 mm² – fusible 20 A
- . Nevera: cable 2,5 mm² – fusible 30 A
- . Bomba de agua: cable 2,5 mm² – fusible 15 A

- Cableado 220 V

Este apartado no se suele tener en cuenta ya que la tirada de cable en corriente alterna monofásica no es muy larga y las pérdidas de potencial en AC son muy bajas, pero se va a proceder al cálculo para asegurar la seguridad de la instalación.

$$S = \frac{2 * k * L * I}{C * V_1}$$

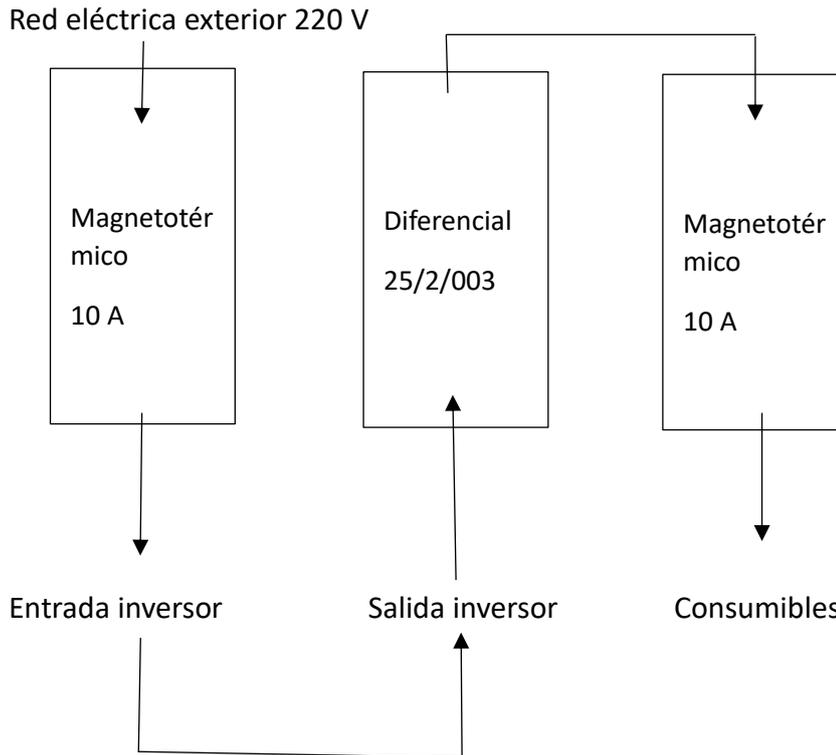
S = Sección del cable (mm²) k = Incremento de la sección en alterna (k=1,02)
 L = Longitud del conductor (metros)
 C = Constante (cobre es 56) V₁ = Caída tensión admisible (1%, 2% o 3%)

La longitud del cable será de 3 metros, y la caída de tensión (1%) de 2,2 V, y la intensidad 3,64 A (800 W / 220 V = 3,64 A)

$$S = \frac{2 \cdot 1,02 \cdot 3 \cdot 3,64}{56 \cdot 2,2} = 0,18 \text{ mm}^2$$

Por lo que el cable a utilizar será de 1,5 mm² o 2,5 mm²

- Protección 220 V



El esquema anterior está compuesto por dos protecciones diferentes: el magnetotérmico y el diferencial.

El magnetotérmico protege a las instalaciones de cableado y aparatos eléctricos contra sobrecargas y cortocircuitos, se basa en los efectos magnéticos y térmicos que produce la corriente. El magnetotérmico consta de dos partes, un electroimán que actúa frente a un rápido aumento de la corriente (cortocircuitos) y una lámina bimetálica que sirve como control térmico, cuando esta lámina se calienta por encima de un límite, hace saltar un dispositivo mecánico que provoca el corte de corriente. El magnetotérmico te indica la máxima corriente hasta el corte, es decir un magnetotérmico de 10 A, cortará la corriente al alcanzar los 10 A

El diferencial lo que hace es detectar la diferencia de electrones que entran y salen en nuestro hogar; si esa diferencia no es cero, puede tratarse de electricidad que está saliendo por otra parte, es decir, por ejemplo, a través de

una descarga accidental a una persona. Se clasifican por tensión nominal 25 A (25) y por la sensibilidad 30 mA (003).

Este va a ser la protección de mi circuito eléctrico 220 V, está compuesto primeramente por un magnetotérmico que se encarga de proteger el inversor de la red doméstica exterior. Seguidamente de la salida del magnetotérmico de 10 A entra al inversor, y del *out* del inversor entrará a el diferencial y del diferencial 25/2/003 en serie al magnetotérmico de 10 A. De la salida del último magnetotérmico va directamente a los consumibles 220 V de la furgoneta.

Intensidad de corriente en miliamperes (mA)	Efectos sobre el cuerpo
hasta 1	Imperceptible para el hombre
2 a 3	Sensación de hormigueo en la zona expuesta
3 a 10	Contracción involuntaria. El sujeto generalmente consigue liberarse del contacto, de todas maneras la corriente no es mortal.
10 a 50	La corriente no es mortal si se aplica durante intervalos decrecientes a medida que aumenta su intensidad, de lo contrario los músculos de la respiración se ven afectados por calambres que pueden provocar la muerte por asfixia
50 a 500	Corriente decididamente peligrosa en función creciente con la duración del contacto que da lugar a la fibrilación ventricular (funcionamiento irregular del corazón con contracciones muy frecuentes e ineficaces), lo que constituye un serio riesgo vital.
más de 500	Decrece la posibilidad de fibrilación, pero aumenta el riesgo de muerte por parálisis de centros nerviosos y quemaduras internas.

Imagen 37. Efectos corriente cuerpo humano

(<https://areatecnologia.com/electricidad/danos-corriente.html>)

7. Pliego de condiciones

7.1 Pliego de condiciones

En este apartado de condiciones técnicas se resumirá y delimitará las características técnicas de la instalación en función a los elementos de la misma y la instalación en el vehículo, sirviendo de guía para los instaladores y de esta manera cumplir las especificaciones mínimas en el marco legal u de calidad del producto final.

7.2 Normativa general

Homologar significa legalizar todas las modificaciones realizadas en la camperización de la furgoneta., para poder circular legalmente.

Uno de los puntos principales a tener en cuenta en la modificación de una furgoneta es la legalización del propio proyecto. Para poder circular con el vehículo una vez realizada su transformación, es necesario realizar las homologaciones pertinentes. El objetivo de estas homologaciones es pasar la Inspección por Reforma de Importancia con Proyecto de la ITV, que no es el mismo proceso que la inspección periódica, necesaria para renovar la verificación de circulación con la furgoneta. Según dicta la ITV en el Real Decreto 866/2010 de tipificación de las reformas de vehículos, una reforma de vehículo es “toda modificación, sustitución, actuación, incorporación o supresión efectuada en un vehículo después de su matriculación, que o bien cambia alguna de las características de este, o es susceptible de alterar los requisitos reglamentariamente aplicables contenidos en el Real Decreto 2028/1986, de 6 de junio. Este término incluye cualquier actuación que implique alguna modificación de los datos que figuran en la tarjeta de ITV del vehículo”. Las reformas realizadas a vehículos están reguladas, además de por la normativa citada, por el Manual de Reformas de Vehículos, elaborado por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo de España y es válido para todas las ITV del país. Este documento indica qué modificaciones y reformas serán necesarias homologar y cuáles no, dependiendo de sus características. Según indica este Manual, la mayoría de las modificaciones y bricolajes que se realizan en una camperización deben homologarse, sobre todo si estos afectan a la estructura de la furgoneta. Es decir, “prácticamente todo lo que vaya atornillado o sobresalga del perímetro de la furgoneta (placa solar, nuevas ventanas, claraboyas...) es totalmente necesario homologar”.

Los requisitos necesarios para no necesitar homologación en la furgoneta son: no modificar la estructura de la furgoneta; no instalar elementos exteriores fijos; no instalar una calefacción estacionaria; no modificar los asientos.

Otra modificación necesaria para poder utilizar la furgoneta una vez modificada es modificar la ficha técnica del vehículo. Conforme al Real Decreto 2282/1998, cada tipo de vehículo tiene un código, el cuál vendrá indicado en su ficha técnica.

El código inicial del vehículo, si haber modificaciones previas, es:

- 24 - Furgón/Furgoneta MMA 3.500 kg: “Automóvil destinado al transporte de mercancías cuya cabina está integrada en el resto de la carrocería con masa máxima autorizada igual o inferior a 3.500 kg”.

Este punto pertenece al *Real Decreto 2282/1998* y una vez hecha la instalación el código deberá ser cambiado a:

- 2448 - Furgón vivienda: debe disponer obligatoriamente de cama o asiento convertible en cama, así como un mueble adicional para almacenaje. Todo debe estar rígidamente fijado y anclado. MMA menor o igual a 3.500 kg y mantiene la limitación de velocidad en 120 km/h. ITV similar a los turismos.

Una vez descrita la normativa y el tipo de inspección de la ITV española a realizar, a continuación, se describen todos los documentos y los pasos necesarios para legalizar los cambios realizados en una furgoneta con el fin de camperizarla:

- Proyecto Técnico, este es el documento central de la homologación, el cual solo lo puede realizar un ingeniero industrial colegiado. Como explica el Manual de Reformas de Vehículos, “deberá identificarse: técnico competente, el vehículo (marca, tipo, variante, denominación comercial, número de identificación, matrícula) y las reformas realizadas”. El contenido mínimo del proyecto deberá incluir: memoria, cálculos justificativos, pliego de condiciones y planos. En su contenido deberá especificar todas las reformas realizadas, con los cálculos que las justifican y sus códigos correspondientes, así como los cálculos físicos de aerodinámica y seguridad teniendo en cuenta el nuevo peso y dimensiones de la furgoneta.
- Certificado de Dirección Final de Obra, certifica que el proyecto se ha llevado a cabo siguiendo lo planificado y debe realizarlo el mismo ingeniero técnico responsable del proyecto. “Deberá identificarse: técnico competente, el vehículo (marca, tipo, variante, denominación comercial, número de identificación, matrícula y una o varias fotografías del vehículo después de la reforma), reformas realizadas y taller/es donde se ha/n ejecutado la/s reforma/s”.
- Informe de Conformidad, “Si la transformación de un vehículo implica distintas reformas, el emisor del informe deberá identificarlas mediante los códigos de reformas asignados en este Manual”. Este informe lo realiza un laboratorio de automóviles, en base al Proyecto Técnico.
- Instalación eléctrica (220 V) en la furgoneta, en la ITV será necesario un certificado extra que indique que la instalación cumple con la reglamentación de baja tensión, según el Real Decreto 842/2002, que garantiza el uso de los materiales de seguridad adecuados y una instalación correcta de fusibles y plomos. Este certificado lo debe realizar un instalador profesional autorizado

7.3 Condiciones de los materiales

- La batería propuesta es de la marca Olalitio de 200Ah, y sus características técnicas son las siguientes:

Modelo OLALITIO 12-200

Capacidad nominal: 200 Ah / 2560 Wh

Rango de voltaje de trabajo: 10.0 .. 14.6 V

Voltaje nominal: 12.8 V

Vida de ciclo: ≥ 4000 al 80% DoD

Características de carga: CCCV / IU

Voltaje de fin de carga: max. 14.6 V

Corriente de carga recomendada: 20 A

Corriente máxima de carga: 50 A

Corriente de descarga continua: 150 A

Corriente máxima de descarga: (≤ 15 mseg.) 450 A

Sistema de gestión integrado: El sistema de administración de batería BMS integra el monitoreo de Bluetooth 4.0 con la aplicación para teléfono inteligente.

Permitir el control y la carga de los diferentes elementos de una batería de acumulador y protegerla de sobrecargas, sobretensiones y sobrecalentamientos.

Aplicación / conexión: Instalación posible tanto en paralelo como en serie (max. 4 baterías en serie)

Grado de protección: IP65

Material de la caja: ABS

Rango de temperatura (descarga): $-20^{\circ}\text{C} \dots +60^{\circ}\text{C}$

Rango de temperatura (carga): $0^{\circ}\text{C} \dots +45^{\circ}\text{C}$

Rango de temperatura (almacenamiento): $-5^{\circ}\text{C} \dots +35^{\circ}\text{C}$

Terminales: M8

Garantía: 5 años de garantía del fabricante

Peso: 23.5 kg

Dimensiones (Largo x Altura x Ancho): en mm 535 x 222 x 235

En caso de no tener la posibilidad de no poder esta batería debido a problemas ajenos al proyecto se debería utilizar una batería de características lo más parecido posible.

- La placa solar es el Módulo solar policristalino Victron Energy Bluesolar de 330 W / 24 V, con garantía contra defectos de fabricación de 5 años y de rendimiento del 80% durante 25 años, sus características técnicas son las siguientes:

Tipo de placa: Policristalina

Número de células: 72

Potencia nominal (Pmax): 330 W
Tensión máx. potencia (VMPP): 37.3 V
Corriente máx. potencia (IMPP): 8.86 A
Tensión circuito abierto (VOC): 44.72 V
Corriente corto circuito (ISC): 9.57 A
Tolerancia: +/-3%
Dimensiones: 1980 x 1002 x 40mm
Peso: 23 Kg

- El generador eólico es el VEVOR Generador de Turbina Eólica 3 Palas 12 V 400 W, y sus respectivas especificaciones son las siguientes:

Modelo: VV-FLFDJ-S7-3Y400W12VKZQ
Potencia Nominal: 400 W
Voltaje Nominal: 12 V / DC
Corriente Clasificada: 24 A
Diámetro del Rotor: 1,2 m / 47 "
Peso Neto: 9 kg / 20 libras
Número de Hoja: 3
Material de Hoja: Fibra de Nailon
Velocidad Nominal del Viento: 13 m/s
Dimensión del Paquete: 69x29,5x19,5 cm / 27x11,5x7,5 "

- El siguiente elemento se trata del regulador de carga tanto de la placa solar, como del generador eólico, se trata de FLTXNY POWER Controlador de Carga Híbrido 1600W y sus características técnicas son las siguientes:

Voltaje nominal del sistema: 12 V/24 V.
Potencia nominal del viento: 1000 W, 3, corriente sin carga: <0,05 A
Modo de alimentación del controlador: batería o solar
Voltaje máximo de imputación: 60 V
Corriente de salida CC: igual al voltaje de la batería (12V)
Corriente de salida máxima: 20 A
Contenido de la pantalla: pantalla LCD
Peso neto: 2,2 kg

Se verifica que el voltaje nominal del regulador coincide con el voltaje nominal de la placa y del generador eólico, de manera que los elementos son compatibles.

- El inversor/cargador, como el resto de los elementos debe coincidir en el voltaje nominal bajo el cual trabaja, las siguientes son sus especificaciones de uso:

Voltaje Inversor: 12 V
Peso Inversor: 6.4 kg

Dimensiones Inversor: 360 x 240 x 100 mm
Eficiencia Máxima: 92%
Clase De Protección: IP21
Tensión De Entrada: 12 V
Potencia Nominal De Salida (VA): 800 VA
Pico De Potencia (W): 1600 W
Tensión / Frecuencia CA De Salida: 230 VAC \pm 2% / 50 Hz \pm 0,1%
Tipo De Onda: Pura
Garantía: 5 años

- El booster, la conexión entre ambas baterías es el modelo Victron Energy Orion-TR Smart 12/12-30A (360W) Cargador DC-DC, las características técnicas del cual son las siguientes:

Rango de tensión de entrada (1) 10-17 V
Subtensión de desconexión 7 V
Reinicio de subtensión 7,5 V
Tensión nominal de salida 12,2 V
Rango de ajuste de la tensión de salida 10-15 V
Tolerancia de la tensión de salida \pm 0,2 V
Nivel de ruido 2 mV rms
Corriente de salida máxima (10 s) a tensión nominal de salida menos 20 % 40 A
Corriente de cortocircuito 60 A
Potencia cont. de salida a 25 °C 430 W
Potencia cont. de salida a 40 °C 360 W
Eficiencia 87 %
Corriente de carga de entrada sin carga < 80 mA
Corriente en reposo < 1 mA
Aislamiento galvánico 200 V entre entrada, salida y carcasa
Rango de temperatura de trabajo -20 a +55 °C (reducción de potencia del 3 % por cada °C sobre 40 °C)
Humedad Máx. 95 % sin condensación
Conexión CC Bornes de tornillo
Sección de cable máxima: 16 mm² (AWG6)
Peso Modelos de 12 V de entrada y/o 12 V de salida: 1,8 kg (3 lb) Otros modelos: 1,6 kg 3,5 lb.
Dimensiones (al x an x p) Modelos de 12 V de entrada y/o 12 V de salida: 130 x 186 x 80 mm (5,1 x 7,3 x 3,2 pulgadas)
Grado de protección IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión)
Normas: EN 60950 (Seguridad)
EN 61000-6-3, EN 55014-1 / EN 61000-6-2, EN 61000-6-1, EN 55014-2 (Emisiones/Normativas)
ECE R10-5 (Directiva de automoción)

- La unidad de control es el panel CBE PC380, y sus características técnicas están definidas previamente en el punto 6.1.7, en caso de no poder adquirir esta unidad de control las otras dos opciones (detalladas punto 6.1.7) con funciones similares también servirían para la instalación, ya que la compatibilidad es la misma.
- Los fusibles para utilizar son fusibles de cuchilla en función de la intensidad máxima soportada se distinguen por colores normalizados, además deben ser capaces de funcionar correctamente, cumpliendo las condiciones especificadas en la UNE-EN 60269-1 y la UNE-EN 60269-2+A1+A2, además su tolerancia en las características de tiempo-corriente no debe exceder en más de un 10% en lo que respecta a la corriente.
- Todo el cableado cumplirá con lo establecido en la legislación vigente. Los conductores necesarios tendrán la sección adecuada para reducir las caídas de tensión y los calentamientos. Concretamente, para cualquier condición de trabajo, los conductores deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior, incluyendo cualquier terminal intermedio, al 1,5 % a la tensión nominal continua del sistema. Se incluirá toda la longitud de cables necesaria (parte continua y/o alterna) para cada aplicación concreta, evitando esfuerzos sobre los elementos de la instalación y sobre los propios cables. Los cables de exterior estarán protegidos contra la intemperie. Para conocer la legislación vigente, dirigirse al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión:

https://www.google.com/search?q=Reglamento+Electrot%C3%A9cnico+de+Baja+Tensi%C3%B3n&rlz=1C1CHBF_esES901ES901&oq=Reglamento+Electrot%C3%A9cnico+de+Baja+Tensi%C3%B3n&aqs=chrome..69i57.515844j0j9&sourceid=chrome&ie=UTF-8

7.4 Condiciones de la ejecución

- Todo el cableado debe ir por dentro de los muebles de la furgoneta, como se ha explicado, este proyecto se encarga de optimizar la parte eléctrica y electrónica de la camperización de un vehículo, es por eso que en la medida de lo posible se va a cablear lo necesario por la estructura de la furgoneta, con el fin de garantizar durabilidad y seguridad en la instalación. De esta manera solo se debe quedar a la vista lo necesario para reparar en caso de avería. Indirectamente se debe buscar un fin estético, tratando de pasar los cables visibles lo más escondidos posibles, por detrás de armarios, por dentro de paredes, con tal de garantizar profesionalidad en el proyecto.

- Se debe asignar una parte del vehículo como la ubicación del sistema eléctrico, de esta manera se debe instalar el *booster*, el inversor, la unidad de control y las protecciones individuales, además de la caja de fusibles juntos, esta parte debe estar ventilada ya que el trabajo con corriente eléctrica genera calor que debe ser disipado en la medida de lo posible.

Todos estos componentes estarán atornillados a una madera tapizada con el fin de elegancia, además deben estar distribuidos de manera óptima para una estética perfecta, esta madera debe quedar atornillada al vehículo, quedando todos los elementos eléctricos seguros ante los movimientos del vehículo.

El acceso a esta zona de la furgoneta debe ser fácil y rápido para poder actuar en caso de fallo o de avería. Además, la pantalla de control debe estar visible para poder ser utilizada en cualquier momento, se debe instalar en una ubicación y altura que el cliente note comodidad. Especialmente la caja de fusibles que debe tener fácil acceso y se deben dar instrucciones en caso de un fusible roto al cliente.

Se ha de recalcar que cada camperización es única y las adaptaciones en función a distribución se han de adaptar a las preferencias del cliente, es por eso que siguiendo el marco legal siempre se va a dar prioridad a las decisiones del cliente.

- La batería debe quedar cerca de todos los componentes nombrados en el punto anterior, se debe anclar a la estructura del vehículo con la utilización de retales de madera, se trata de un componente de grandes dimensiones además de elevado peso, por eso se debe prestar mucha atención en su anclaje.
- La placa solar va atornillada y pegada al techo con la utilización de un soporte para módulo solar de aluminio con agujeros pretaladrados puesto que la placa tiene un grosor de 40, se debe dejar que la placa tenga canalización de aire entre la parte de abajo y el techo del vehículo, aunque con las jorobas de los techos de los furgones son óptimos para la ventilación y la prevención de sobrecalentamiento.



Imagen 38. Perfil aluminio soporte placa solar

El cable de la placa solar al regulador de carga atravesará el techo con un pasamuros sellado con sika (buscar material)

- El generador eólico debe quedar plegado dentro de la furgoneta, con su respectiva instalación hecha y preparada para solo conectar y con su trípode poderse instalarse para su funcionamiento en el exterior del vehículo, de esta manera el cliente puede decidir cuando se puede o debe utilizar y cuando no.

8. Presupuesto

El presupuesto se va a dividir en dos apartados principales, los gastos en los materiales, en los que se va a incluir el coste del vehículo en el que se va a ejecutar la instalación y por otra parte el coste del diseño del proyecto, en el que se incluye el trabajo realizado por el ingeniero para la optimización y planteamiento de la futura instalación.

8.1 Materiales

8.1.1 Vehículo

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD SIN IVA	PRECIO TOTAL SIN IVA
Furgón 30 L1H1 2.3 Multijet 120 4p	Ud.	1	21.199,65 €	21.199,65 €
TOTAL	-	-	-	21.199,65 €

8.1.2 Componentes eléctricos

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD SIN IVA	PRECIO TOTAL SIN IVA
Bateria litio OLALITIO Lithium (LiFePO4) Smart BT BMS 12'8V 200Ah	Ud.	1	682,56 €	682,56 €
Placa Solar Fotovoltaica Policristalina VICTRON 330W / 24V Serie 4b	Ud.	1	203,73 €	203,73 €
VEVOR Generador de Turbina Eólica 12 V 400 W Aerogenerador Horizontal 3 Cuchillas	Ud.	1	93,22 €	93,22 €
FLTXNY POWER Controlador de	Ud.	1	118,50 €	118,50 €

Carga Híbrido 1600W				
Inversor/Cargador VICTRON MULTIPLUS 12V 800VA 35A	Ud.	1	393,14 €	393,14 €
Cargador Booster ORION TR SMART 12/12 30A	Ud.	1	173,01 €	173,01 €
Kit Centralita CBE PC380 digital	Ud.	1	295,25 €	295,95 €
TOTAL	-	-	-	1977,38 €

8.1.3 Cableado

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD SIN IVA	PRECIO TOTAL SIN IVA
CABLE FLEXIBLE NORMAL SECCIÓN 1,5 MM ² ROJO 450-750V H07V-K	1 metro	25	0,35 €	8,75 €
CABLE FLEXIBLE NORMAL SECCIÓN 1,5 MM ² NEGRO 450-750V H07V-K	1 metro	25	0,35 €	8,75 €
CABLE FLEXIBLE NORMAL SECCIÓN 2,5 MM ² ROJO 450-750V H07V-K	1 metro	25	0,47 €	11,75 €
CABLE FLEXIBLE NORMAL SECCIÓN 2,5 MM ² NEGRO 450-750V H07V-K	1 metro	25	0,47 €	11,75 €
CABLE FLEXIBLE LIBRE DE HALÓGENOS 16 MM ² ROJO 750V H07Z1-K (AS)	1 metro	25	2,82 €	70,5 €
CABLE FLEXIBLE LIBRE DE HALÓGENOS 16 MM ² NEGRO	1 metro	25	2,82 €	70,5 €

750V H07Z1-K (AS)				
CABLE FLEXIBLE LIBRE DE HALÓGENOS 25 MM ² ROJO 750V (AS) H07Z1-K	1 metro	10	4,43 €	44,3 €
CABLE FLEXIBLE LIBRE DE HALÓGENOS 25 MM ² NEGRO 750V (AS) H07Z1- K	1 metro	10	4,43 €	44,3 €
MANGUERA ELÉCTRICA UNIPOLAR 1X35 FLEXIBLE RV-K COLOR ROJO	1 metro	10	5,88 €	58,8 €
MANGUERA ELÉCTRICA UNIPOLAR 1X35 FLEXIBLE RV-K COLOR NEGRO	1 metro	10	5,88 €	58,8 €
MANGUERA ELÉCTRICA NEGRA 3G2,5 CABLE FLEXIBLE RV-K 1KV	1 metro	15	1,55 €	23,25 €
TOTAL	-	-	-	411,45 €

8.1.4 Protección

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD SIN IVA	PRECIO TOTAL SIN IVA
Fusible coche MIDI 70A 32VDC	Ud.	2	1,10 €	1,10 €
Fusible coche MIDI 70A 32VDC	Ud.	2	1,10 €	2,20 €

06.187/30. Fusible de coche de lamina MINI 30A	Ud.	2	0,15 €	0,30 €
MAXIFUSIBLE 30A. Para coches y vehiculos especiales	Ud.	2	0,82 €	1,64 €
MAXIFUSIBLE 20A. Para coches y vehiculos especiales	Ud.	1	0,82 €	0,82 €
AFU15L. Fusible de coche de lamina LED 15A	Ud.	1	0,35 €	0,35 €
AFU15L. Fusible de coche de lamina LED 10A	Ud.	1	0,35 €	0,35 €
78.201/25. DIFERENCIAL+MAGNETO 1P+N 25A	Ud.	1	22,50 €	22,50 €
Interruptor Diferencial Residencial 1P+N 30mA 25-40A 6kA Clase AC MAXGE	Ud.	1	12,95 €	12,95 €
TOTAL	-	-	-	41,86 €

8.2 Coste humano

8.2.1 Proyecto

El ingeniero ha estado trabajando un total de 8 horas durante 20 días laborables, lo que supone un total de 160 horas para la optimización y el planteamiento de la instalación eléctrica. El precio es de 15 € la hora, por lo que:

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD SIN IVA	PRECIO TOTAL SIN IVA
Ingeniero	Hora	160	15 €	2400 €
TOTAL	-	-	-	2400 €

8.3 Coste total

TOTAL SIN IVA	IVA al 21%	TOTAL CON IVA
26030,34 €	5466,38 €	31496,72 €

EL PRECIO TOTAL DE ESTE PROYECTO ES DE TREINTA UN MIL CUATROCIENTOS NOVEINTA Y SEIS EUROS Y SETEINTA DOS CENTIMOS

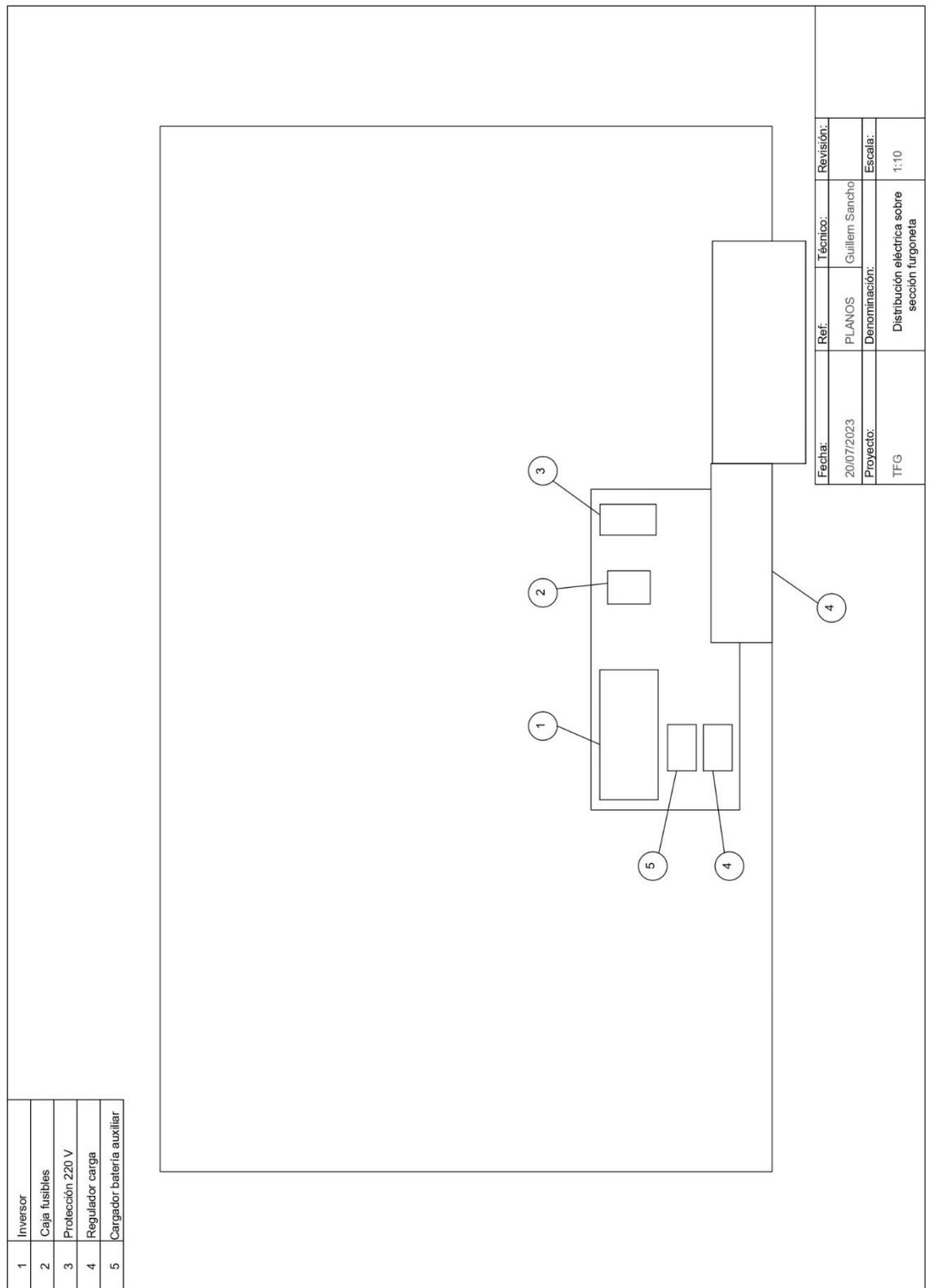
9. Anexo

Objetivos de Desarrollo Sostenibles	Alto	Medio	Bajo	No Proced e
ODS 1. Fin de la pobreza.			X	
ODS 2. Hambre cero.				X
ODS 3. Salud y bienestar.				X
ODS 4. Educación de calidad.		X		
ODS 5. Igualdad de género.				X
ODS 6. Agua limpia y saneamiento.				X
ODS 7. Energía asequible y no contaminante.	X			
ODS 8. Trabajo decente y crecimiento económico.		X		
ODS 9. Industria, innovación e infraestructuras.		X		
ODS 10. Reducción de las desigualdades.				X
ODS 11. Ciudades y comunidades sostenibles.		X		
ODS 12. Producción y consumo responsables.	X			
ODS 13. Acción por el clima.	X			
ODS 14. Vida submarina.				X
ODS 15. Vida de ecosistemas terrestres.			X	
ODS 16. Paz, justicia e instituciones sólidas.		X		
ODS 17. Alianzas para lograr objetivos.		X		

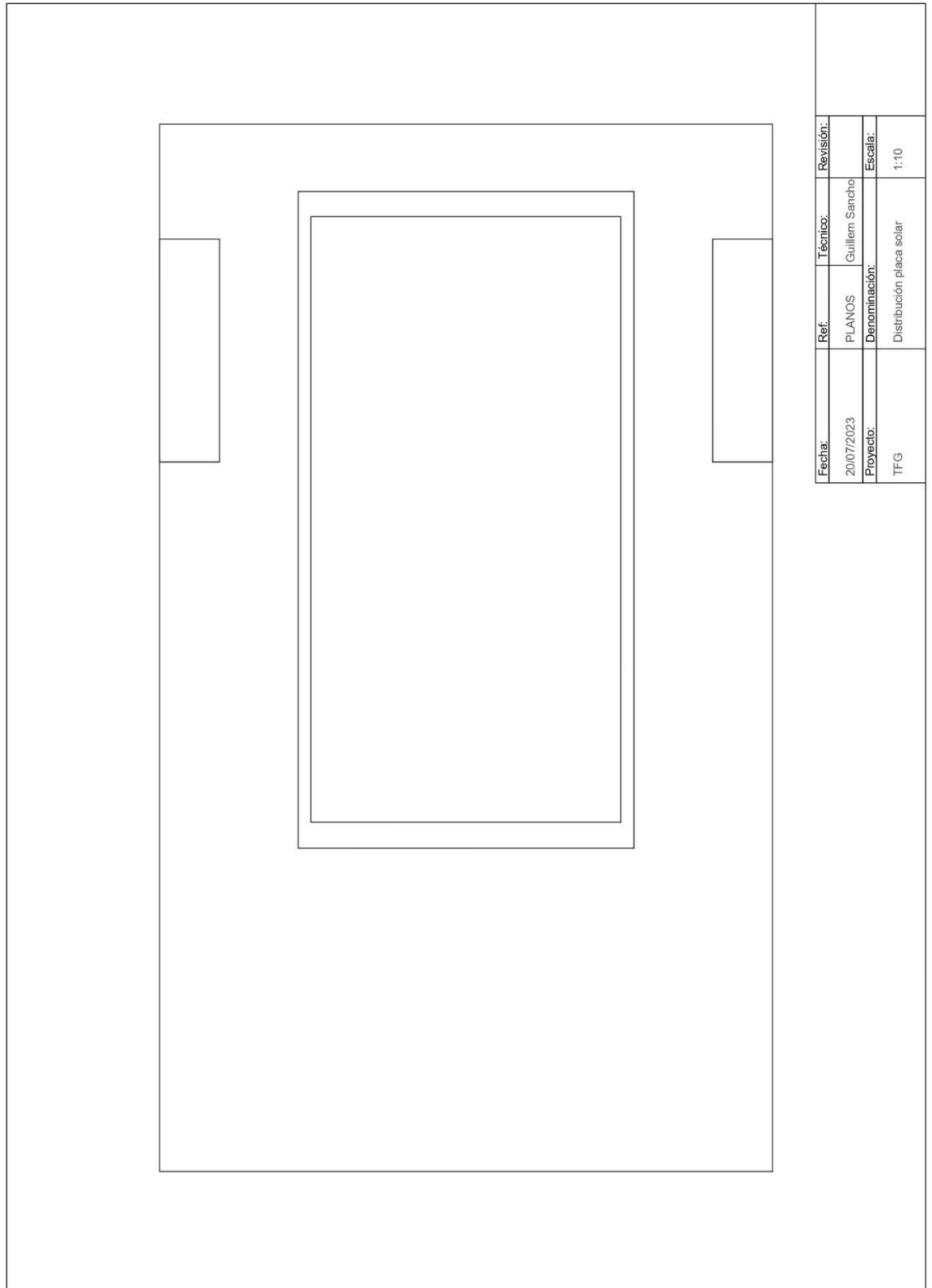
- El objetivo de desarrollo sostenible 7 alto se debe a varias razones, primeramente por la elección a un motor que se caracteriza por incorporar con filtro de partículas y tecnología reductora de emisiones de CO2 LPEGR (Low pressure Exhaust Gas Recirculation), por otra parte se cambia de los generadores de motores de combustión por la utilización de energías renovables, por lo que la energía generada es asequible y no contamina.
- De igual manera el punto 12 se ha seleccionado como alto debido a que la producción autónoma de energía crea un consumo responsable de ella, ya que la energía es limitada y obliga a el cliente a controlar la cantidad de energía consumida.
- El punto 13 de ODS se basa en los mismos principios que los dos puntos nombrados anteriormente ya que se busca la manera de por el medio de las energías renovables la instalación sea autosuficiente sin la emisión de partículas contaminantes.

10. Planos

10.1 Posición elementos eléctricos en la furgoneta camperizada



10.2 Posición placa sola en el techo de la furgoneta



11. Bibliografía

- <https://alquilerfurgonetascamper.es/la-gran-volumen-dimensiones-y-cotas/> (16/05/2023)
- <https://www.dgt.es/muevete-con-seguridad/viaja-seguro/en-autocaravana/> (16/05/2023)
- <https://campermania.es/furgonetas-gran-volumen/> (18/05/2023)
- <https://alquilerfurgonetascamper.es/la-gran-volumen-dimensiones-y-cotas/> (19/05/2023)
- <https://www.pinterest.es/pin/415457134378121521/> (19/05/2023)
- <https://www.fiatcamper.com/es/producto/motores> (19/05/2023)
- <https://autosolar.es/aspectos-tecnicos/diferencias-entre-silicio-monocristalino-y-multicristalino-o-policristalino> (21/05/2023)
- <https://www.cambioenergetico.com/blog/placas-solares-bifaciales/> (21/05/2023)
- <https://eliseosebastian.com/panel-fotovoltaico-de-pelicula-delgada/> (21/05/2023)
- https://twitter.com/UGT_CAF_MADRID/status/625408715240407040 (23/05/2023)
- <https://sincodigopostal.com/generador-eolico-furgoneta-camper/> (23/05/2023)
- <file:///C:/Users/g sanc/OneDrive/Documentos/UPV/TFG/INVERSORES%20SQW.pdf> (23/05/2023)
- <https://www.youtube.com/watch?v=BFdPmdNgJm4> (27/05/2023)
- https://www.google.com/search?rlz=1C1CHBF_esES901ES901&sxsrf=AB5stBgOadiFucmXtnxqe9Bu03OA5PdXQ:1690468453480&q=fase+carga+regulador+carga&tbm=isch&source=lnms&sa=X&ved=2ahUKEwinv_bHdja-AAxW6VKQEHVXpAUIQ0pQJegQIDBAB&biw=959&bih=842&dpr=1#imgrc=n0bJvC8Yv7HHM (27/05/2023)
- <https://industrysurfer.com/blog-industrial/ingenieria/ingenieria-electrica-ingenieria/hogar/inversor-de-mediopuente-h-circuito-funcionamiento-formas-de-onda-aplicaciones/> (28/05/2023)
- <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/equipos-solares-regulador-controlador-de-carga/> (30/05/2023)
- <https://industrysurfer.com/blog-industrial/ingenieria/ingenieria-electrica-ingenieria/hogar/inversor-de-mediopuente-h-circuito-funcionamiento-formas-de-onda-aplicaciones/> (30/05/2023)
- <https://zyam.es/indicadores-y-controladores/2632-centralita-completa-cbe-pc100.html> (02/06/2023)
- <https://www.youtube.com/watch?v=n594CkrP6xE> (03/06/2023)
- <https://theengineeringmindset.com/how-relays-work/> (03/06/2023)
- <https://mullerenergy.com.au/product/victron-orion-tr-smart-dc-dc-charger-non-isolated/> (03/06/2023)
- <https://www.camperflash.it/es/home/electricidad/unidades-de-control-y-accesorios/panel-de-control-pc380-sinaccesorios-camper-cbe-113800.4.1.4023.gp.82728.uw> (03/06/2023)
- <https://www.tierrasinsolitas.com/instalacion-electrica-en-una-furgoneta-camper/> (07-12-24/06/2023)

<https://olalitio.com/producto/bateria-de-litio-olalitio-lifepo4-12-8v-200ah-smart-bms-con-bluetooth> (08/07/2023)

<https://iterin.com/paneles-solares-victron-bluesolar-monocristalinos-2959.html> (08/07/2023)

<https://www.amazon.es/dp/B08J6M5215?tag=generatulus-21&linkCode=ogi&th=1&psc=1> (09/07/2023)

<https://www.amazon.es/VEVOR-Generador-Aerogenerador-Controlador-Carreteras/dp/B08P6R5JCY> (09/07/2023)

<https://www.amazon.es/FLYT-h%C3%ADbrido-controlador-rejilla-turbina/dp/B08J6M5215> (09/07/2023)

<https://invertersrus.com/product/orion-ori121236140/> (09/07/2023)

<https://van-house.es/categoria-producto/electricidad/centralitas-electricidad/> (12/07/2023)

<https://www.transitcenter.es/flat-ducato-3-data-specification.php> (15/07/2023)

https://industria.gob.es/Calidad-Industrial/seguridadindustrial/instalacionesindustriales/baja-tension/Documents/tablas/hidrocantabrico/ET_5002_5_jun11.pdf (15/07/2023)

<https://areatecnologia.com/electricidad/danos-corriente.html> (16/07/2023)

<https://www.victronenergy.com.es/upload/documents/Datasheet-Orion-Tr-Smart-DC-DC-chargers-isolated-250-400W-ES.pdf>

<https://www.amazon.es/VEVOR-Aerogenerador-Horizontal-Resistente-Controlador/dp/B099N6R7BS> (21/07/2023)

https://bricoelige.com/manguera-negra-electrica-cable-flexible-3x25-rv-k-1kv#/11-embalaje_cables-por_metros (21/07/2023)

https://www.google.com/search?q=Reglamento+Electrot%C3%A9cnico+de+Baja+Tensi%C3%B3n&rlz=1C1CHBF_esES901ES901&oq=Reglamento+Electrot%C3%A9cnico+de+Baja+Tensi%C3%B3n&aqs=chrome..69i57.515844j0j9&sourceid=chrome&ie=UTF-8 (22/07/2023)