



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTRÓNICA MENCIÓN  
INSTRUMENTACIÓN & AVIÓNICA**

**MONOGRAFÍA: PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
TECNÓLOGO EN: ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y  
AVIONICA**

**AUTOR: MORALES PIZUÑA, JOB SALOMÓN**

**DIRECTORA: ING. SANDOVAL VIZUETE, PAOLA NATALY**

**LATACUNGA**

**2021**





**“IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE UN SISTEMA DE CARGA, CON ENERGÍA FOTOVOLTAICA PARA LOS DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS QUE LLEVAN EN LOS CHALECOS DE COMBATE DEL PERSONAL MILITAR DE LA FUERZA TERRESTRE”.**



## General

- Implementar un prototipo de un sistema de carga, con energía fotovoltaica para los dispositivos electrónicos en los chalecos de combate del personal militar de la Fuerza Terrestre.

## Específicos

- Recopilar información sobre el funcionamiento y suministro de corriente eléctrica en dispositivos electrónicos y móviles que se usan en los chalecos de combate utilizados por el personal militar de la Fuerza Terrestre.
- Analizar las dimensiones y condiciones climáticas de la región donde se implementará el prototipo de la propuesta.
- Armar y probar el prototipo realizado, que permite generar corriente eléctrica, capaz de cargar con energía fotovoltaica los dispositivos móviles electrónicos de emergencia del personal militar de la Fuerza Terrestre.



# Planteamiento del problema

En la historia del Ecuador, el ejército ecuatoriano ha jugado un papel muy importante en el desarrollo nacional, especialmente en la defensa del territorio y la soberanía nacional, sin embargo, en las unidades militares y en las zonas selváticas, se utiliza energía renovable al momento de patrullar o identificar hitos. El equipo electrónico utilizado como parte del chaleco de combate táctico tiene poca o ninguna presencia, y puede quedarse sin energía y por lo tanto no puede funcionar, evitando así la comunicación con radios, teléfonos satelitales, sistemas de posicionamiento global (GPS), teléfonos móviles, etc.

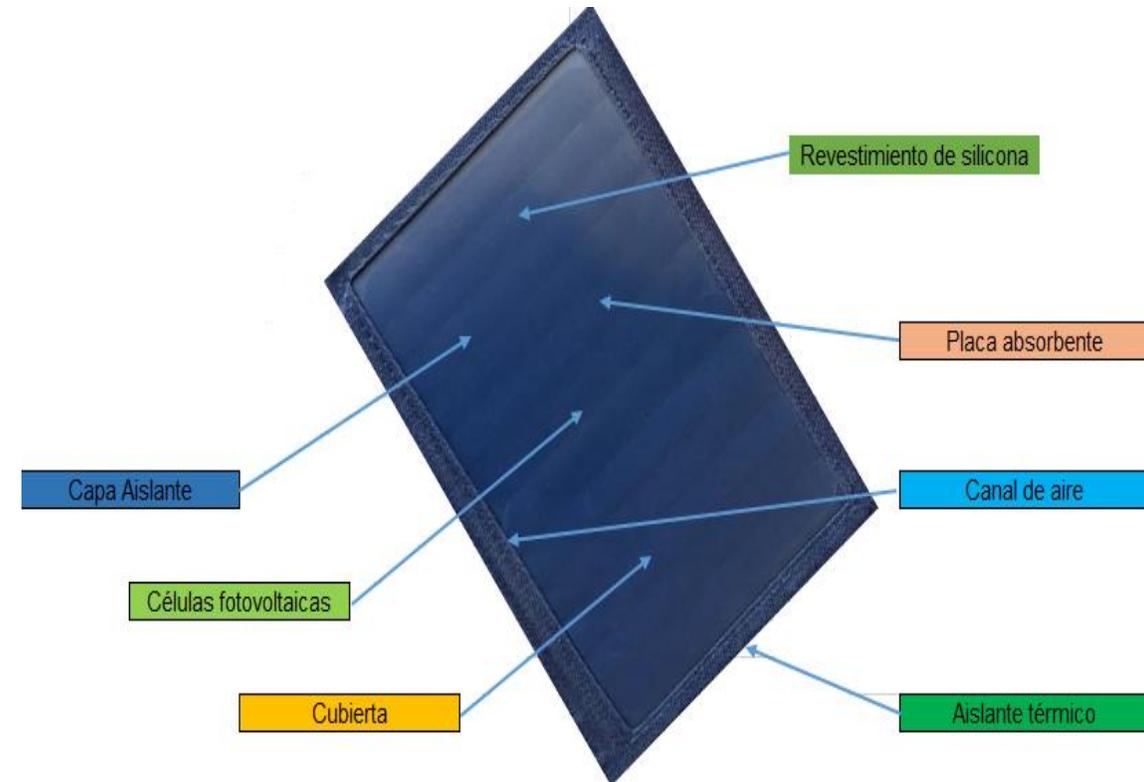
Para ello, la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE – Latacunga, intentó implementar un prototipo de sistema de carga con energía fotovoltaica para equipos electrónicos que conllevan los chalecos de combate tácticos del personal militar de la Fuerza Terrestre.



El presente prototipo tiene como objetivo principal es realizar un prototipo de un sistema de carga para proporcionar energía fotovoltaica para los equipos electrónicos que conlleva los chalecos de combate del personal militar del ejército ecuatoriano, el cual se utilizarán paneles solares, controladores de carga y el equipo necesario para recargar los dispositivos electrónicos.



El principio básico de los dispositivos fotovoltaicos es obtener equivalentes eléctricos adecuados para la vida diaria a través de la energía solar. Se produce mediante módulos fotovoltaicos compuestos por células solares, que a su vez están compuestas por láminas de material semiconductor, recubiertas de vidrio transparente por el que pasa la energía solar, de manera que intentamos aprovechar toda la radiación posible, incluso en el caso de altas pérdidas de calor.



# Energía solar fotovoltaica

Se basa en captar la radiación solar a través de células solares, en las que aparece corriente eléctrica, y mediante la colocación de contactos metálicos se puede extraer y utilizar.



Existen varias ventajas de energía solar fotovoltaica que son citadas a continuación:

- Este tipo de energía no contamina el medio ambiente.
- Son fáciles de limpiar y sencillos de reemplazar.
- Fácil de instalación.
- No requieren grandes inversiones centralizadas.
- Posee bajos costos de operación y de mantenimiento.



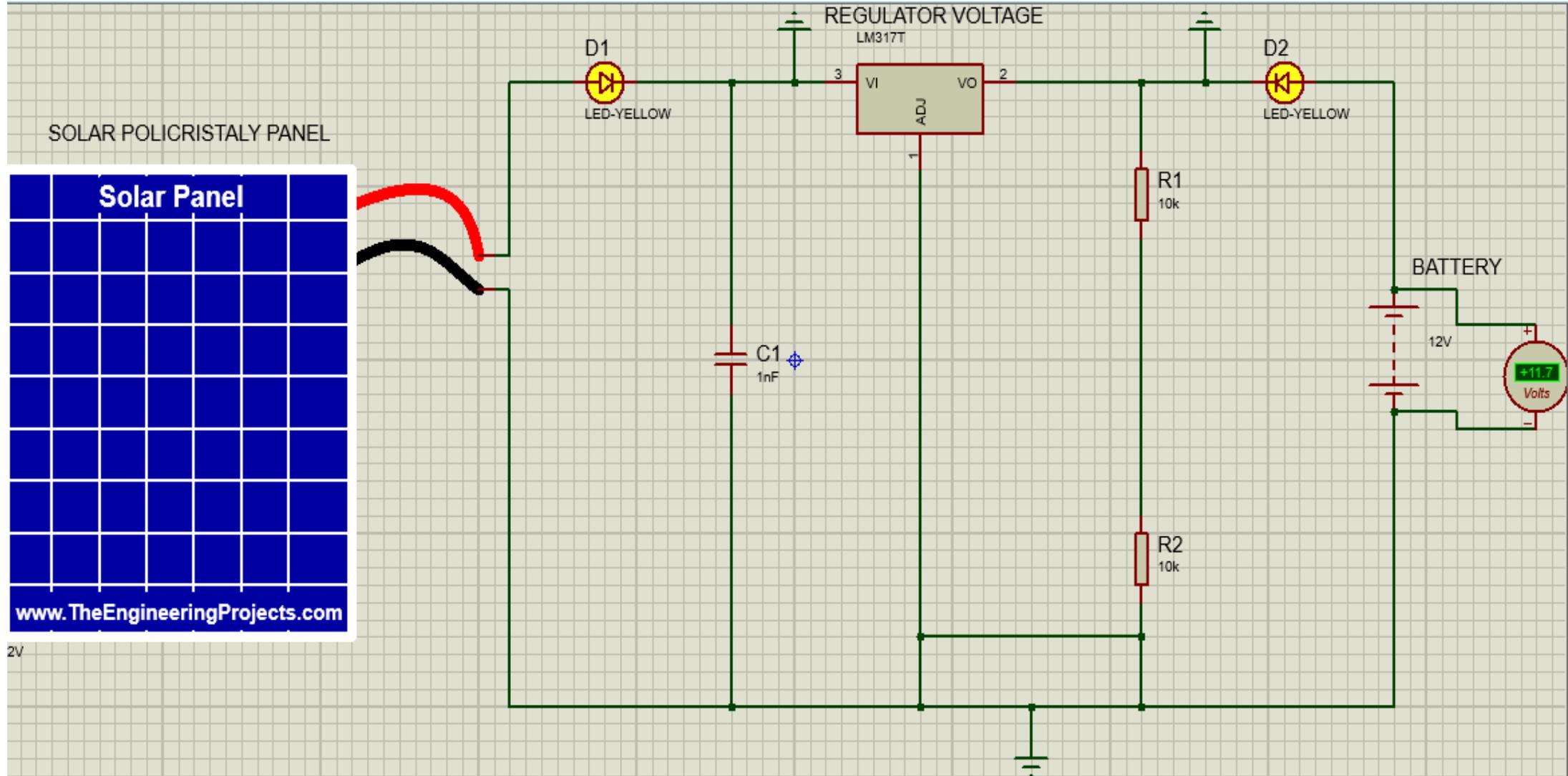
# Simulación de un esquema eléctrico de un sistema de carga con energía fotovoltaica

- El trabajo de titulación actual se realiza mediante el uso de paneles solares, pues esto permite diseñar esquemas de carga de una manera muy práctica, verificar el proceso de carga en dispositivos electrónicos, y así mejorar los errores del proyecto técnico.
- Los elementos utilizados en la simulación del esquema eléctrico a implementarse en el chaleco de combate táctico, se detalla de forma general el esquema eléctrico de la figura.



# Simulación de un esquema eléctrico de un sistema de carga con energía fotovoltaica

Job S. Morales P.



# Implementación de un sistema de carga con energía fotovoltaica Job S. Morales P.

En la siguiente tabla se describen los siguientes equipos electrónicos:

| Equipos |                             |  |
|---------|-----------------------------|--|
| Ord.    | Nombre                      | Descripción  |
| 1       | Panel solar policristalino  | Es una celda que contiene múltiples regiones de silicio cristalino, que están unidas y separadas por enlaces covalentes. |
| 2       | Regulador de voltaje        | Mantenga el nivel de voltaje óptimo para cargar la batería.  |
| 3       | Baterías o acumuladores     | Se utiliza principalmente como sistema de almacenamiento solar.  |
| 4       | Inversor de voltaje DC – AC | Es una fuente de energía que convierte la energía de corriente continua a corriente alterna                              |
| 5       | Power bank de 30.000 mAh    | Es una batería portátil que le permite cargar cualquier dispositivo móvil en cualquier momento y lugar.                  |



# Implementación de un sistema de almacenamiento de carga con energía fotovoltaica

Job S. Morales P.

En la siguiente tabla se describen los siguientes componentes electrónicos para la elaboración de un sistema de almacenamiento de energía fotovoltaica:

| Componentes eléctricos |  |  |
|------------------------|--|--|
| Ord.                   | Nombre                                   | Descripción  |
| 1                      | Circuito controlador de carga y descarga | Limita la velocidad a la que se puede agregar o quitar corriente de la batería recargable de iones de litio. |
| 2                      | Celda de Ion de Litio recargable         | Son dispositivos con múltiples baterías de energía para almacenar energía eléctrica.                         |
| 3                      | Entradas USB                             | Se utiliza principalmente para cargar dispositivos electrónicos.   |
| 4                      | Leds indicadores de carga                | Es aquel que notifica cuando el dispositivo se encuentra funcionando correctamente.                          |
| 5                      | Interruptor eléctrico                    | Es un dispositivo que permite desviar la trayectoria de la corriente eléctrica.                              |
| 6                      | Salidas USB de 5v/2A y 5v/1 <sup>a</sup> | Se utiliza principalmente para alimentar a los dispositivos electrónicos.                                    |
| 7                      | Carcasa protectora                       | Es un accesorio que protege o sorporta al sistema.   |
| 8                      | Socket pines macho y hebra               | Es un elemento que sirve para unir conexiones eléctricas de un circuito.                                     |
| 9                      | Cable gemelo N° 14                       | Se utiliza para realizar conexiones eléctricas en el circuito.   |



# Implementación del sistema de carga con energía fotovoltaica Job S. Morales P.

En la siguiente tabla se describen las siguientes herramientas que se va utilizar a continuación:

| Ord. | Nombre                           |
|------|----------------------------------|
| 1    | Pistola de Silicona de 14 W      |
| 2    | Multímetro Fluke 336             |
| 3    | Cautin de 80 W                   |
| 4    | Kit de destornilladores          |
| 5    | Alicate, Cortador, Pinzas        |
| 6    | Secadora, estilete, tijera, etc. |



# Medición del potencial energético para pruebas

El potencial energético de la Parroquia Juan Montalvo del cantón de Latacunga, donde se ubica el campus centro de la Universidad de las Fuerzas Armadas Espe Latacunga, se definió utilizando mapas solares, y bases de datos emitidos por instituciones dedicadas a esta área, los datos que han sido tomados por los equipos que se han requerido en el proyecto técnico se resumen en las principales características ambientales, proporcionadas por INHAMI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología), registrado en la ciudad de Latacunga, en la tabla que se describe lo mencionado en la zona de influencia.



En la siguiente tabla se describe las características ambientales de la parroquia Juan Montalvo - Latacunga - Cotopaxi

| <b>Características ambientales</b> |                               |
|------------------------------------|-------------------------------|
| <b>Nombre</b>                      | <b>Descripción</b>            |
| Nubosidad promedio Baja            | Nubosidad promedio Baja       |
| Altitud 3280 m.s.n.m               | Altitud 3280 m.s.n.m          |
| Humedad relativa                   | 80%                           |
| Clima                              | Clima Húmedo frío<br>templado |
| Temperatura promedio anual         | 14 grados centígrados         |
| Velocidad del viento               | 2.5 m/s 10m/s                 |
| Viento dominante                   | Sur Este                      |
| Pluviosidad                        | 500 mm anuales                |



# Análisis de irradiación solar

Se procesaron los datos obtenidos mostrados en la tabla correspondientes a los meses de mayo, junio y julio, que a continuación se describe los promedios de irradiación solar en la provincia de Latacunga.

| Promedio de Irradiación Mensual |                           |
|---------------------------------|---------------------------|
| Mes                             | (kWh/m <sup>2</sup> /día) |
| Mayo                            | 4.46                      |
| Junio                           | 4.39                      |
| Julio                           | 4.57                      |



# Selección y instalación del panel fotovoltaico

Se pudo determinar que el panel solar fotovoltaico es el indicado, a continuación se describe en la tabla las especificaciones técnicas de un panel solar fotovoltaico.

| Panel solar fotovoltaico           |        |
|------------------------------------|--------|
| Potencia máxima [W]                | 60 W   |
| Máxima intensidad de Corriente [I] | 2.4 A  |
| Máxima Tensión [Vmp]               | 5.5 V  |
| Corriente de corto circuito [A]    | 3 A    |
| Tensión en circuito abierto [Vsc]  | 18.5 V |
| Eficiencia [%]                     | 14.5   |
| Precio [\$]                        | 170    |



# Cálculo de número de paneles solares policristalinos

A continuación se procede a calcular la energía que suministra diariamente cada uno de los paneles solares fotovoltaicos seleccionados para el prototipo:

$$E_{\text{panel}} = W_p \times \text{HSP} \times 0,7$$

Donde:

- $E_{\text{panel}}$  = es el panel solar puede producir una energía diaria
- $E_{\text{total}}$  = es la energía de un panel solar
- $W_p$  = es la potencia máxima de un panel solar
- $\text{HSP}$  = son las horas de sol pico

Se procede a calcular la energía que proporcionará diariamente el panel solar

$$E_{\text{panel}} = 60 \times 2.1 \times 0.7$$

$$E_{\text{panel}} = 88.2 \text{ wh/dia}$$

Para calcular el número de paneles solares:

$$\# \text{Paneles} = E_{\text{panel}} / E_{\text{total}}$$

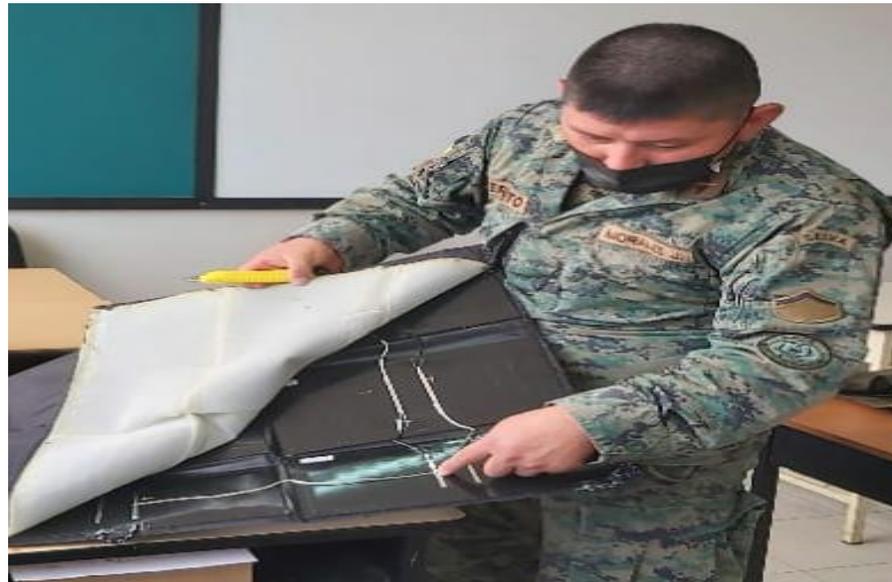
$$\# \text{Paneles} = 88.2 / 12$$

$$\# \text{Paneles} = 7.35 \text{ redondeamos a } 8$$



# Cálculo de número de paneles solares policristalinos

Después de calcular el número de paneles solares policristalinos que se va a utilizar durante el desarrollo del proyecto técnico. Se procede a elegir 8 paneles solares policristalinos de 60 W de potencia con 12 V. El cual nos suministrará una energía necesaria diaria para poder recargar las baterías de los dispositivos electrónicos, cuya estructura física, a continuación se indica en la figura.



# Revisión de las fases de conexión eléctricas de los paneles solares Job S. Morales P.

Se pudo realizar las respectivas conexiones eléctricas en serie y paralelo de los paneles solares policristalinos en este caso se utiliza el cable flexible de color negro número 14 para fase positiva, y el cable flexible de color rojo para la fase negativa, a continuación explicaremos de forma como se realizó los diferentes tipos de conexiones eléctricas con los paneles solares, mostrados en la figura.



Después de realizar las respectivas conexiones eléctricas en serie y paralelo de los paneles solares policristalinos, se procede a comprobar si se encuentran bien realizadas las respectivas conexiones eléctricas de los paneles solares, en este caso se procede a utilizar un multímetro digital para poder comprobar los voltajes la corriente de los paneles solares que es suministrada por un regulador fotovoltaico, a continuación se muestra en la figura.



Una vez realizado las conexiones eléctricas con los paneles solares policristalinos, se pudo establecer cual regulador de carga es el ideal para instalar en el proyecto técnico, por lo vamos a emplear un regulador de carga solar de 12 V para 4 A , a continuación se muestra en la figura.



Una vez instalado el regulador de carga en el proyecto técnico, se procede a colocar un almacenamiento de energía eléctrica que es producida por los paneles solares fotovoltaicos que se lo realizará mediante baterías, las cuales permiten un buen funcionamiento del sistema, a continuación se muestra en la figura.



Se procede a colocar un convertidor de voltaje y corriente, ya que los paneles solares fotovoltaicos son los encargados de proveer energía fotovoltaica, por lo que se necesita de un componente electrónico llamado inversor de carga, el mismo que a través de un dispositivo electrónico transforma la corriente continua de 12 V, a continuación se muestra en la figura.



# Ventajas de la energía solar fotovoltaica

Job S. Morales P.

Después de acoplar todos elementos electrónicos del prototipo, se procede a realizar un test de carga con energía fotovoltaica, a los dispositivos electrónicos que llevan los chalecos de combate del personal militar de la Fuerza Terrestre, aquí se puede observar que el prototipo, se encuentra cargando con energía fotovoltaica, todos los dispositivos electrónicos, aquí se puede observar que se encuentra correctamente funcionando y cargando el móvil y el power bank, como se muestra en la figura.



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# Elaboración de un diseño de power bank de 30.000 mAh

Job S. Morales P.

Se procede primero a ver que necesita para diseñar el power bank de 30.000 mAh a continuación vamos a utilizar: una caja plástica para poner todos los elementos electrónicos, varias de celdas de 18560, en este caso se pudo obtener las celdas reciclando de una batería portátil, además también se utilizará un modulo de carga USB y un par de cables gemelos N° 14.



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

- Se recopiló información sobre las características operativas y técnicas como paneles solares, las baterías, los controladores de carga e inversores, estos componentes electrónicos, permiten la implementación de un sistema de carga que utiliza energía fotovoltaica para recargar los equipos electrónicos que conllevan los chalecos de combate tácticos, usados por personal militar de la Fuerza Terrestre.



- Se consiguió diseñar e implementar un banco de energía de 30.000 mAh, utilizando materiales reciclados, el cual se puede utilizar para recargar todos los dispositivos electrónicos y móviles, en cualquier momento y lugar que se encuentre patrullando el personal militar de la Fuerza Terrestre.
- Se implementó y adaptó un prototipo de un sistema de carga con energía fotovoltaica para los dispositivos electrónicos y móviles que conllevan los chalecos de combate tácticos como radios, teléfonos satelitales, sistema de posición global (GPS), teléfonos móviles, entre otros; que usa el personal militar de la Fuerza Terrestre durante las operaciones militares encomendadas por el escalón superior.



- Se recomienda cargar el power bank de 30.000 mAh, con energía eléctrica que se puede almacenar en el banco de baterías, para evitar descargas, después de recargar todos los equipos electrónicos y móviles que conlleva el chaleco de combate táctico, usado por el personal militar de la Fuerza Terrestre.



- Al quedar un panel solar policristalino inoperable, se recomienda realizar un cambio inmediato del componente electrónico de acuerdo con las instrucciones, que se encuentran detalladas en las especificaciones técnicas.
- Se debe capacitar a todo el personal militar de la Fuerza Terrestre, durante las operaciones militares, para el uso adecuado del prototipo.





**GRACIAS**