https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 1-33
DOI:
https://doi.org/10.56519/3pzy4a97

OPTIMIZACION ESTRUCTURAL Y ENERGÉTICA DEL MÓDULO BASADO EN VISIÓN ARTIFICIAL PARA LA INTERPRETACIÓN DE LENGUAJE DE SEÑAS ECUATORIANA DE LA CARRERA DE ELECTRÓNICA

STRUCTURAL AND ENERGY OPTIMIZATION OF A COMPUTER VISION-BASED EDUCATIONAL MODULE FOR ECUADORIAN SIGN LANGUAGE INTERPRETATION, DEVELOPED FOR THE ELECTRONICS PROGRAM

Alexis Marcelo Moncayo Martinez[1], Bruce Ezequiel Tapia Chica[2], Freddy Patricio Naranjo Olalla[3], Marco Alejandro Hinojosa Tonato[4]

{alexismoncayomartinez@tsachila.edu.ec[1], brucetapiachica@tsachila.edu.ec[2], freddynaranjo@tsachila.edu.ec[3], arcohinojosa@tsachila.edu.ec[4]}

Fecha de recepción: 14/09/2026 / Fecha de aceptación: 19/10/2026 / Fecha de publicación: 24/11/2026

RESUMEN: El presente proyecto presentó la optimización energética y estructural del módulo de interpretación de lenguaje de señas basado en visión artificial, que presento originalmente problemas relacionados estructura MDF y alimentación. Se hizo enfatizo en optimizar los sistemas energético y estructural del prototipo para mejorar su autonomía, movilidad, durabilidad y facilidad de mantenimiento, manteniendo su función de reconocimiento de señas. Para ello, se implementó una batería recargable de 12 V y 12 Ah, complementada con un sistema de carga y regulación de voltaje para suministrar los niveles requeridos por los componentes electrónicos. Asimismo, se realizó el modelado tridimensional de la estructura para redistribuir los componentes internos e integrar la batería, interruptores, ventiladores, tapas desmontables y un soporte para cámara. La nueva carcasa fue fabricada en PETG, debido a sus propiedades de resistencia mecánica, resistencia térmica y facilidad de fabricación, sustituyendo la estructura anterior de MDF. Lo cual módulo alcanzó una autonomía aproximada de 2 h 30 min de funcionamiento continuo, permitiendo su operación sin conexión permanente a un tomacorriente. Mientras que la nueva distribución permitió integrar el sistema energético y los elementos de control dentro de la estructura. Además, la incorporación de tapas en el módulo facilito el acceso al módulo para instalación y mantenimiento. El sistema

[1]Carrera de Electrónica, Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila, Ecuador, https://orcid.org/0009-0000-6889-773X
[2]Carrera de Electrónica, Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila, Ecuador, https://orcid.org/ 0009-0002-1312-4339
[3]Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila, Ecuador, https://orcid.org/0009-0005-5329-3454
[4]Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila, Ecuador, https://orcid.org/0009-0000-1060-4746

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 1-33
ISSN: 3091-2008
DOI:
https://doi.org/10.56519/3pzy4a97

conservó su capacidad de capturar las señas del usuario, procesarlas mediante visión artificial y mostrar en pantalla la letra reconocida correspondiente al abecedario de la LSE. Por último, la optimización realizada permitió mejorar las condiciones de autonomía energética, movilidad, distribución interna, mantenimiento y protección de los componentes del módulo, obteniendo un prototipo más adecuado para su utilización en diferentes espacios educativos y manteniendo su finalidad como herramienta de apoyo para el aprendizaje de la Lengua de Señas Ecuatoriana. Sin embargo, persisten limitantes a nivel de estructura y energía relacionados a disponibilidad de opciones locales.

Palabras clave: Eficiencia energética, restructuración, autonomía, sistema, impresión 3D, periféricos, diseño mecánico, optimización

ABSTRACT: This project involved the energy and structural optimization of a computer vision-based sign language interpretation module, which originally faced issues regarding its MDF structure and power supply. Emphasis was placed on optimizing the prototype's energy and structural systems to improve autonomy, mobility, durability, and ease of maintenance, while preserving its sign recognition functionality. To achieve this, a 12 V, 12 Ah rechargeable battery was implemented, complemented by a charging and voltage regulation system to supply the levels required by the electronic components. Additionally, a 3D model of the structure was created to redistribute internal components and integrate the battery, switches, fans, removable covers, and a camera mount. The new housing was manufactured from PETG—chosen for its mechanical strength, thermal resistance, and ease of fabrication—replacing the previous MDF structure. The module achieved an approximate runtime of 2 hours and 30 minutes of continuous operation, allowing it to function without a permanent connection to a power outlet, while the new layout enabled the integration of the power system and control elements within the structure. Furthermore, the inclusion of access panels facilitated installation and maintenance. The system retained its ability to capture user signs, process them via computer vision, and display the recognized letter corresponding to the Ecuadorian Sign Language (LSE) alphabet on the screen. Finally, the optimization improved energy autonomy, mobility, internal layout, maintenance, and component protection, resulting in a prototype better suited for use in various educational settings while maintaining its purpose as a support tool for learning Ecuadorian Sign Language. However, structural and energy-related limitations persist due to the availability of local options.

Keywords: Energy efficiency, restructuring, autonomy, system, 3D printing, peripherals, mechanical design, optimization

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto surge como una continuación del prototipo previamente desarrollado para la interpretación de la Lengua de Señas Ecuatoriana (LSEC) mediante técnicas de visión artificial.

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 1-33
DOI:
https://doi.org/10.56519/3pzy4a97

Este sistema fue planteado inicialmente como una propuesta piloto que integró componentes de hardware y software, entre ellos una Raspberry Pi y una cámara web, además de una carcasa fabricada en MDF (1). Los sistemas basados en visión artificial constituyen una alternativa para el reconocimiento automático de gestos y lenguas de señas, debido a que permiten adquirir y procesar imágenes para identificar patrones asociados con los movimientos y configuraciones de las manos. Asimismo, el uso de plataformas de procesamiento de bajo costo, como Raspberry Pi, ha permitido desarrollar soluciones portátiles y de menor consumo para aplicaciones educativas y de reconocimiento de gestos. Sin embargo, el prototipo anterior presenta limitaciones relacionadas principalmente con su estructura física y sistema de alimentación. La carcasa de MDF presenta una resistencia limitada frente a factores ambientales como humedad y polvo, mientras que la dependencia de fuentes de alimentación externas y el uso de varios cables dificultan su transporte y utilización en diferentes espacios educativos. Estas condiciones afectan la portabilidad, organización interna y practicidad del módulo, por lo que resulta necesario plantear una optimización integral del prototipo. Existen proyectos de investigación que demuestran que son posibles, los modelos de interpretación de lenguajes de señas haciendo uso de sistemas de visión artificial haciendo uso de tecnologías afines como sistemas electrónicos, redes neuronales, algoritmos de programación (2,3).

La optimización propuesta se justifica desde una perspectiva técnica y social. Desde el punto de vista técnico, se plantea rediseñar la estructura física mediante herramientas de modelado e impresión 3D, considerando materiales disponibles en la institución como PLA, PETG, ABS, ASA y TPU. El modelado por deposición fundida (FDM) es la técnica de impresión 3D más utilizada en la actualidad, en gran medida por el uso generalizado de la impresión 3D en apelaciones didácticas (4). De manera complementaria, se propone rediseñar el sistema de alimentación mediante la incorporación de una batería recargable de tipo VRLA y las respectivas etapas de regulación y protección, de acuerdo con los requerimientos eléctricos de los componentes del módulo. Esto permitirá reducir la dependencia de tomas de corriente externas, mejorar la distribución del cableado y aumentar la autonomía y movilidad del dispositivo. Además, se optimizará el aprovechamiento del espacio interno para integrar de manera organizada elementos como la Raspberry Pi, la cámara web y el sistema de alimentación. El uso de la Raspberry Pi 4 es crucial en el módulo dado a su adaptabilidad y flexibilidad, a software y sistemas operativos de uso libre (5). Desde el punto de vista social y educativo, estas mejoras permitirán disponer de un módulo más resistente, portátil y funcional para apoyar el aprendizaje y la práctica de la LSEC. Los principales beneficiarios serán los estudiantes y docentes de la carrera de Electrónica del Instituto Superior Tecnológico Tsa´chila, quienes podrán utilizar el prototipo como recurso didáctico para actividades relacionadas con visión artificial, procesamiento mediante Raspberry Pi y reconocimiento de lenguaje de señas. De igual manera, el proyecto busca contribuir al desarrollo de herramientas tecnológicas que faciliten el aprendizaje y la interacción con personas con discapacidad auditiva.

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 1-33
DOI:
https://doi.org/10.56519/3pzy4a97

En función de las necesidades identificadas, el objetivo general de la investigación es optimizar el prototipo del módulo didáctico de interpretación de la Lengua de Señas Ecuatoriana basado en visión artificial, mediante el rediseño de su estructura física y la implementación de un sistema de alimentación autónomo, con el propósito de mejorar su resistencia, portabilidad, autonomía y funcionalidad en entornos educativos.

- Analizar los requerimientos energéticos del prototipo y determinar una alternativa de alimentación autónoma que permita satisfacer el consumo de sus componentes.
- Evaluar y comparar materiales de impresión 3D disponibles para seleccionar el más adecuado para la fabricación de la nueva carcasa, considerando resistencia, condiciones ambientales, costo y facilidad de fabricación
- Diseñar mediante software de modelado 3D una nueva estructura que permita mejorar la distribución de los componentes, el aprovechamiento del espacio interno y la ergonomía del módulo.
- Implementar el sistema de alimentación autónomo y la nueva estructura física en el prototipo
- Realizar pruebas de funcionamiento para comparar el desempeño energético y estructural del prototipo optimizado con respecto a la versión anterior.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo del presente proyecto se empleó la metodología en cascada, debido a que es apropiada para proyectos tecnológicos y de desarrollo de productos (6). Esta metodología se basa en una secuencia ordenada de fases, donde cada etapa depende de la finalización de la anterior, garantizando un desarrollo cronológico y organizado del proyecto de optimización energética y estructural del módulo de interpretación de Lenguaje de Señas.

La primera fase correspondió un estudio de requerimientos para la implementación. En diseño mecánico, se eligió el material de impresión 3D PETG, dado a su excelente durabilidad en cuanto a temperaturas de hasta $70℃$ y $80℃$ y humedad en espacios de enseñanza y didácticos y de almacenamiento relativos que oscilan entre 20% y 30% (7), garantizando la vida útil de la estructura integral del módulo para implementación de diseño impreso en 3D se utilizó el software de slicing *Bambu Studio* , además de sistemas electrónicos que nos permitieron adaptar niveles de voltaje y de consumo de corriente de cada uno de periféricos, Adaptando el nivel de voltaje de operación de la Raspberry Pi 4 que es de $5\ V\ 3A$ y del monitor de $19\ V\ 2A$. Usando convertidores DC-DC reductores y elevadores que suministren sin problemas el consumo de corriente y de tensión para cada uno de los elementos respectivamente, haciendo uso de multímetro como instrumento de medición de parámetros de tensión y corriente.

Se detallo como se realizaron pruebas para comprobar tanto pruebas de montaje, una correcta colocación de los componentes como switches y panel de visualización de estado de carga,

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 1-33
DOI:
https://doi.org/10.56519/3pzy4a97

soporte de cámara web y colocación de la batería, tapas superior e inferior del módulo, tolerancia de ejes de anclajes por medio de pernos de $3\,mm$, como de sistemas de alimentación, comprobación de niveles de tensión requeridos para cada uno de los periféricos consumo. Verificación de autonomía, tanto el tiempo de descarga del módulo y de carga mediante uso del cargador inteligente. A continuación, en la tabla 1, se presenta los requisitos funcionales en cuestión energéticos y estructurales del proyecto.

Tabla 1. Tabla de requisitos funcionales.

ID	Tipo	Requisito	Descripción / criterio de cumplimiento	Método de verificación
RF-01	Funcional	Alimentación autónoma	El módulo debe funcionar mediante una batería recargable sin depender permanentemente de una conexión a la red eléctrica.	Prueba de autonomía
RF-02	Funcional	Regulación de tensión	El sistema debe proporcionar los diferentes niveles de tensión requeridos por los componentes mediante convertidores DC-DC.	Medición eléctrica de multímetro
RF-03	Funcional	Recarga de batería	El sistema debe permitir la recarga de la batería mediante un sistema de carga adecuado para una batería VRLA.	Prueba de carga
RF-04	Funcional	Protección de componentes	La estructura debe permitir alojar y proteger los componentes electrónicos durante la operación y transporte.	Inspección física
RF-05	Funcional	Transporte del módulo	El módulo debe poder ser trasladado y utilizado en diferentes espacios sin requerir alimentación eléctrica externa durante su funcionamiento.	Prueba de manipulación
RF-06	Funcional	Visualización de resultados	El módulo debe mostrar en el monitor el resultado de la interpretación realizada.	Prueba funcional

Fuente. *Elaborado por los autores.*

En la tabla 2 se presenta la tabla de requisitos no funcionales, en cuestión de propuesta de proyecto energéticos y estructurales.

Tabla 2. Tabla de requisitos no funcionales.

ID	Tipo	Requisito	Descripción / criterio de cumplimiento	Método de verificación
RNF-01	No funcional	Alimentación del monitor	La etapa de alimentación debe soportar una demanda de hasta $\mathbf{2}\ \boldsymbol{A}$ para el monitor.	Medición / especificaciones
RNF-02	No funcional	Autonomía	El sistema debe alcanzar una autonomía mínima de $2{,}4$ horas bajo condiciones normales de operación.	Medición de tiempo
RNF-03	No funcional	Capacidad energética	La batería debe disponer de una capacidad nominal de $12\,V - 12\,Ah$.	Inspección / especificaciones
RNF-04	No funcional	Consumo eléctrico	El sistema debe operar considerando un consumo de diseño de aproximadamente $4{,}6\,A$.	Medición con multímetro

RNF-05	No funcional	Robustez estructural	La carcasa debe soportar el peso de los componentes y las condiciones normales de manipulación y transporte sin presentar daños estructurales.	Prueba estructural
RNF-06	No funcional	Material estructural	La carcasa debe fabricarse en PETG, de acuerdo con los requerimientos de fabricación establecidos.	Inspección visual

Fuente. *Elaborado por los autores.*

Análisis de requerimientos

Requerimientos y necesidades energéticas

Se llevó a cabo un análisis del prototipo del módulo de interpretación del Lenguaje de Señas Ecuatoriana (LSEC), en el cual se identificaron diversos aspectos susceptibles de mejora. Entre ellos destacó la necesidad de implementar un sistema de alimentación recargable con suficiente autonomía para suministrar energía a los periféricos de entrada y salida, la Raspberry Pi 4 y el monitor. En su estado actual, el sistema depende de adaptadores AC-DC para alimentar cada uno de estos dispositivos, lo que reduce su practicidad, dificulta su transporte e instalación y limita su utilización en entornos como ferias de exposición, donde se busca dar a conocer el proyecto y demostrar su aporte al aprendizaje del Lenguaje de Señas Ecuatoriana en entornos educativos (8).

En consecuencia, se plantea el desarrollo de un sistema de alimentación energética independiente que permita el funcionamiento autónomo del módulo, eliminando la dependencia de tomas de corriente y de múltiples adaptadores AC-DC con salidas de voltaje independientes para cada periférico.

- Sistemas de alimentación recargables. El módulo constituye sistema de etapa de carga se constituye por medio del cargador inteligente el cual funciona por etapas cargado la batería mediante pulsos, monitoreada por medio de un microcontrolador que se encarga de controlar tensión y corriente en base a las diferentes etapas, ya sea carga rápida (bulk), fase de absorción y de flotación o mantenimiento (float). La etapa de alimentación principal está conformada por la batería de plomo-ácido regulada por válvula (VRLA), la cual se encarga de suministrar $12\ V$ que alimentara todo el sistema.

- Salida de voltaje de Raspberry Pi 4: $5\ VDC\ -3\ A$
- Salida de voltaje de Monitor DC: $19\ VDC - 1{,}5\ A - 3\ A$

En la siguiente tabla 3, se presenta una matriz de especificaciones técnicas de los elementos del sistema.

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 1-33
DOI:
https://doi.org/10.56519/3pzy4a97

Tabla 3. Tabla de consumo de compontes del módulo.

Componente	Tension	Corriente	Consumo
Raspberry Pi 4 (Camara y ventilador)	5 V	3 A	15 W
Monitor	19 V	2 A	38 W

Fuente. *Elaborado por los autores.*

Necesidades y requerimientos estructurales.

A nivel estructural, se necesitó que el material de construcción presente más robustez y se garantice durabilidad y resistencia frente a distintas situaciones que pueden afectar el módulo, dejando atrás, el material de MDF que está constituido el prototipo plantead se eligió el material adecuado para la aplicación del módulo, tomando en el entorno en el que se va desarrollar, y que alojo sistemas eléctricos y equipo electrónico, accesibilidad y conveniencia.

- Diseño asistido por computadora: Software de diseño SketchUp. Se requirió que el diseño del módulo se realice, mediante el uso de software de diseño 3D. Una de las principales ventajas de SketchUp es su capacidad para elaborar modelos tridimensionales que permiten visualizar de forma anticipada la distribución de los elementos antes de realizar la construcción física (9). Esto facilita la identificación de posibles interferencias entre componentes y permite realizar modificaciones en las dimensiones y disposición de la estructura sin necesidad de fabricar prototipos físicos para cada cambio. La elección se justifica mediante las necesidades no tan exigentes en cuanto a tolerancias de apriete de un perno de 3 mm y con agujero de apriete de 2,8 mm y adaptabilidad ya que permite exportar archivos en formato STL.
- Tolerancia de apriete en lugar de anclaje

$$A_{max} = d_{max} - D_{min} = \delta i - \Delta S$$
$$A_{max} = 3mm - 2{,}98\ mm$$
$$A_{max} = \ 0.2\ mm$$

- Modulo construida impresión 3D.

Los parámetros de impresión 3D, son herramientas de configuración que nos permiten controlar la calidad, velocidad y resistencia de las piezas a imprimir. Existen diferentes características para materiales en cuestión, el material elegido fue el PETG y sus parámetros de impresión fueron los siguientes (10).

- Temperatura y ventilación.

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 1-33
DOI:
https://doi.org/10.56519/3pzy4a97

Para la temperatura de extrusión se establece entre $230℃ - 270℃$.
Temperatura de la cama de impresión 3D es de $70℃ - 85℃$.
Ventilador de capa $20\% - 50\%$.

- Velocidad de impresión y retracciones.

Velocidad de impresión 3D, óptima para el material PETG es de $40 - 60\ mm/s$.
En el parámetro de distancia de retracción se ajusta en base a tipos de extrusor. Extrusor directo es de $1 - 2\ mm$ y extrusor de tipo tubo largo es de $5 - 7\ mm$.
Velocidad de retracción se ajusta en base al material, en el caso del PETG es de $40 - 45\ mm/s$.

- Estructura y capas.

Para la altura de capas se configura el parámetro en $0{,}2\ mm$, utilizada generalmente en boquillas de $4\ mm$.
Distancia Z-offset, se configura en $+0{,}2\ mm$ a $+0{,}5\ mm$ ideal para PETG.

- Elección de material correcto para impresión 3D.

Tabla 4. Matriz de elección de materiales de impresión 3D.

Parámetro	PLA	PETG	ABS	ASA
Resistencia mecánica	$50 - 60\ MPa$	$40 - 50\ MPa$	$32 - 52\ MPa$	$33 - 55\ MPa$
Temperatura	$50 - 55$ ℃	$70 - 75$ ℃	$80 - 95$ ℃	90 ℃
Costo	$\$18 - \$38$	$\$17 - \$45$	$\$18 - \$27$	$\$37 - \$52$
Facilidad de impresión	Fácil	Media	Compleja	Compleja
Disponibilidad	Alta	Alta	Baja	Baja

Fuente. *Elaborado por los autores.*

RESULTADOS

Cálculo de autonomía de sistema de alimentación

El módulo de interpretación de lenguaje de señas ecuatoriana, es un proyecto de innovador el cual se pretende, darse a conocer en ferias, visitas a instituciones educativas, para lo cual se diseñó la autonomía para el tiempo de uso pertinente.

Para que el sistema de alimentación pueda entregar una autonomía superior a dos horas y media, se debe seleccionar una batería, con la capacidad suficiente, la cual pueda suministrar la tensión y la corriente necesaria a los diferentes componentes del módulo.

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 1-33
DOI:
https://doi.org/10.56519/3pzy4a97

Tomando en cuenta que el microcontrolador Raspberry Pi 4, tiene un voltaje de alimentación de $\mathbf{5}\ \boldsymbol{V}$ y un consumo de corriente teórico de $\mathbf{3}\ \boldsymbol{A}$ y el monitor requiere de un voltaje de $\mathbf{19}\ \boldsymbol{V}$ y un consumo de corriente de $\mathbf{2}\ \boldsymbol{A}$, en su máxima capacidad teórica. Para poder calcular la corriente total que absorbe el sistema electrónico se debe calcular la potencia individual de cada componente Por medio de la potencia total consumida.

- Consumo del microcontrolador Raspberry Pi 4.

$$P = V \times I$$

$$P = 5\ V \times 3\ A$$

$$P = 15\ W$$

- Consumo de monitor de escritorio.

$$P = V \times A$$

$$P = 19\ V \times 2\ A$$

$$P = 40\ W$$

- Una vez calculado la potencia consumida por el sistema, se calculo la corriente total que va absorber el sistema, de la batería.

$$Potencia_{total} = Potencia_{Raspberry\ Pi\ 4} + Potencia_{monitor}$$

$$Potencia_{total} = 15\ W + 40\ W$$

$$Potencia_{total} = 55\ W$$

- El amperaje total que consumirá el sistema, se calculó a partir de la potencia total y el voltaje que suministra la batería en cuestión.

$$I_{total} = \frac{Potencia_{total}}{Voltaje_{batería}}$$

$$I_{total} = \frac{55\ W}{12\ V}$$

$$I_{total} = 4{,}6\ A$$

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 1-33
DOI:
https://doi.org/10.56519/3pzy4a97

- Obtenido el valor de corriente total teórica, se halló la capacidad en ***Ah*** que debe suministrar la batería, para que el sistema tenga una autonomía de superior de dos horas y media.

$$Capacidad_{batería} = I_{total} \times \#_{horas}$$

$$Capacidad_{batería} = 4{,}6\ A \times 2{,}30\ horas$$

$$Capacidad_{batería} = 10{,}58\ Ah$$

$$Capacidad_{batería} \approx 12\ Ah$$

- El tiempo de autonomía que puede entregar la batería fue calculado, mediante la relación entre capacidad de batería y la corriente absorbida por el sistema.

$$t = \frac{Capacidad_{batería}}{I_{total}}$$

$$t = \frac{12\ Ah}{4{,}6\ A}$$

$$t = 2{,}6\ horas$$

$$Autonomia_{teorica} \approx 2{,}6\ horas\ \times 60\ min$$

$$Autonomia_{teorica} \approx 156{,}6\ minutos$$

El módulo didáctico implemento una batería de 12VDC 12Ah para poder suministrar alimentación independiente, con sus respectivas salidas de voltaje a la Raspberry Pi 4 y el monitor.

Selección de tipo de batería.

Los componentes electrónicos que conforman el sistema, así como los periféricos de entrada y salida requieren diferente nivel de voltaje para alimentar sus sistemas, los cuales van a ser suministrados por fueron suministrados por una única batería de 12VDC a 12Ah para el correcto funcionamiento del módulo didáctico.

A continuación, ese realizó un análisis comparativo de los tipos de batería que se pueden implementar en el módulo, tomando en cuenta criterios de selección como portabilidad, disponibilidad y presupuesto.

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 1-33
DOI:
https://doi.org/10.56519/3pzy4a97

Tabla 5. Elección de baterías en base a criterios de características de la batería.

Criterio	Batería VRLA	Batería Litio-ion (18650)	Batería Li-Polímero	Batería $LiFePO_4$
Aspecto de la batería				
Tensión nominal	$12\ V$	$11{,}1\ V$	$11{,}1\ V$	$12{,}8\ V$
Capacidad	$12\ Ah$	$12\ Ah$ (fabricación)	$12\ Ah$ (fabricación)	$12\ Ah$
Energía nominal	$\approx 144\ Wh$	$\approx 133\ Wh$	$\approx 133\ Wh$	$\approx 154\ Wh$
Masa aproximada	$3{,}5 - 4\ Kg$	$1 - 1{,}5\ Kg$	$0{,}8 - 1{,}2\ Kg$	$1{,}8 - 2{,}5\ Kg$
Densidad energética	$\approx 30 - 50\ Wkg$	$\approx 150 - 250\ Wh/Kg$	$\approx 150 - 250\ Wh/Kg$	$\approx 90 - 150\ {}^{Wh}/_{Kg}$
Ciclos de vida	$\approx 300 - 500$	$\approx 500 - 1000$	$\approx 300 - 800$	$\approx 2000 - 5000$
Sistemas de carga	Cargador inteligente	Cargador CC/CV y BMS	Cargador CC/CV y BMS	Cargador CC/CV y BMS
Seguridad	Media	Media-baja	Media	Media
Costos	Bajo	Media	Media	Alta
Disponibilidad	Alta	Media	Media	Baja

Fuente. *Elaborado por los autores.*

Para la elaboración del sistema de alimentación autónomo, se decidió escoger la batería de seca VRLA de 12 V a 12 Ah. Justificando su elección dado su reducido tamaño, frente a la batería de fabricación de iones de litio que aumenta el volumen del módulo, dificultando su implementación en el diseño mecánico y su fabricación tiene costo adicional (11). Además de sistema de carga específicos. Se justifico la elección de la batería VRLA, en base a criterios de disponibilidad en el área, frente a otras baterías que necesitan de fabricación para capacidad de amperaje ($12\ Ah, 15\ Ah, 20\ Ah$) y su elevada capacidad de amperaje, así como aplicaciones en sistemas de respaldos fotovoltaicos (12).

Salidas de voltaje para periféricos.

Los periféricos que conforman el módulo didáctico, ocupan diferentes niveles de voltaje, para alimentar los diferentes sistemas electrónicos, como la computadora de placa única (SBC) ocupa un nivel de voltaje reducido de 5VDC a 3A de 12V suministrados por la batería y el monitor de 19 VDC a 2A, superior a 12V.

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 1-33
DOI:
https://doi.org/10.56519/3pzy4a97

Se implemento para la salida de voltaje de la Raspberry Pi 4 un convertidor DC-DC de tipo Buck, con una entrada de 12 VDC ajustada a salida de 5V de más de 3A. Para la salida de voltaje 19VDC del monitor se utilizó el convertidor DC-DC Boost para convertir los 12V de la batería en 19VDC, que estregue más de 3A. En la tabla 6, se muestra criterios de selección de convertidores DC-DC con los componentes correspondientes.

Tabla 6. Matriz de selección convertidores

Especificaciones	Convertidor buck	Convertidor boost
Aspecto físico		
Voltaje de entrada	$3\ Vdc - 32\ Vdc$	$3\ Vdc - 32\ Vdc$
Voltaje de salida	$5\ Vdc - 35\ Vdc$	$0{,}8\ Vdc - 30\ Vdc$
Corriente de entrada	$\approx 5.5 - 6\ A$	$4\ A$
Corriente máxima de salida	$5\ A$	$3\ A$
Frecuencia de conmutación	$180\ kHz$	$400\ kHz$
Temperatura de funcionamiento	$-40\ ℃\ a + 85\ ℃$	$-40\ ℃\ a + 85\ ℃$
Eficiencia de conversión	96%	$92\% - 94\%$
Potencia máxima	$75\ W$	$30 - 45\ W$
Componente correspondiente		

Fuente. *Elaborado por los autores.*

La elección de los diferente convertidores DC-DC, se justificó mediante los requerimientos energéticos y consumó de corriente que puedan suministrar a cada uno de los elementos que conforman el módulo.

Análisis comparativo de materiales de impresión 3D.

Para la fabricación de la estructura del módulo se seleccionó el PETG como material de impresión 3D, debido a que ofrece una adecuada combinación de resistencia mecánica, estabilidad térmica y facilidad de fabricación (4,13). Estas características permiten soportar el peso de los componentes electrónicos, como la Raspberry Pi 4, el monitor y el sistema de alimentación recargable, para mejorar la practicidad. Asimismo, el PETG presenta una mayor resistencia al impacto y a la humedad en comparación con el PLA, lo que incrementa la durabilidad y confiabilidad del prototipo.

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 1-33
DOI:
https://doi.org/10.56519/3pzy4a97

En la siguiente tabla 7, se establece una comparativa entre los diferentes materiales de impresión 3D, sobre la cual se justificó la elección del material PETG.

Tabla 7. Matriz de selección de materiales de impresión 3D.

Características	PLA	PETG	ABS	ASA
Aspecto del material				
Resistencia mecánica 20%	3	4	5	5
Resistencia Térmica 15%	3	4	5	5
Facilidad de impresión 20%	5	4	3	3
Costo 15%	5	4	3	2
Resistencia ambiental 10%	2	4	3	5
Dimensionalidad 10%	5	4	4	4
Disponibilidad 10%	5	5	4	3
Resultado 100%	78/100	82/100	78/100	77/100

Fuente: *Elaborado por los autores.*

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 1-33
DOI:
https://doi.org/10.56519/3pzy4a97

Fase de diseño energético y estructural

Diseño energético y sistema de carga

El sistema energético del módulo está constituido por tres partes que funcionan de manera conjunta para el correcto funcionamiento del módulo. No obstante, los diferentes periféricos y elementos del módulo no operan en el nivel de tensión que suministra la batería ($12\ V$), lo cual, mediante el estudio de requerimientos realizado anteriormente, se debe adaptar los niveles de tensión para los componentes como el microcontrolador Raspberry Pi 4, que requieren alimentación de $5\ V$ y el monitor requiere un nivel de tensión de $19\ V$, superior al que entrega la batería. Tomando en cuenta estos preceptos técnicos, se realizó adaptaciones de reducción y elevación de tensión respectivamente, haciendo uso de convertidores DC-DC dedicado a cada componente del sistema, sin dejara de lado la corriente que deben soportar.

Cabe resaltar que la etapa de carga, está separada del sistema de alimentación de los componentes del módulo garantizando la protección y la vida útil de los periféricos.

La siguiente figura 10, se muestra cómo se construyó el sistema energético autónomo, con el respectivo módulo de carga y salidas de voltaje.

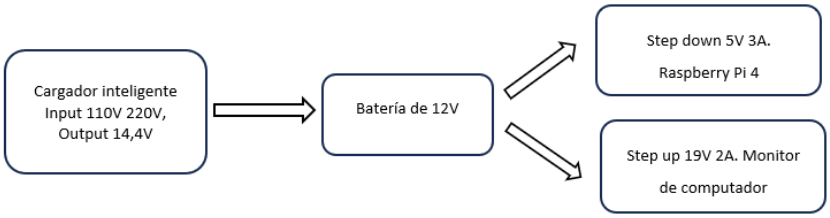

Figura 1. Esquema de construcción de sistema energético.

El funcionamiento de un cargador inteligente de baterías, es llamado inteligente por que mide continuamente el estado de la batería y modifica su funcionamiento y etapas, el cargador trabaja mediante etapas, la etapa de carga rápida (bulk), es donde el cargador inyecta la mayor cantidad de corriente posible generalmente $3\ a\ 5$ amperios y eleva la tensión de manera progresivamente dependiendo del tipo de batería, pudiendo elevar el voltaje hasta $14{,}2\ V$ a $14{,}7\ V$ dependiendo del fabricante y del tipo de batería, con el objetivo de recuperar la mayor cantidad de la capacidad de amperaje de la batería.

La etapa de absorción entra en juego, cuando la batería alcanza el nivel de carga establecido y empieza a disminuir la corriente paulatinamente y mantener el voltaje, esto permite que la batería se cargue sin exceder su capacidad de corriente nominal.

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 1-33
DOI:
https://doi.org/10.56519/3pzy4a97

La etapa de flotación (float), entra cuando la batería está cargada, el cargador reduce el voltaje a un nivel de mantenimiento, teniendo en cuenta que la batería es de plomo-acido regulada por válvula, la tensión que es sometida en esta etapa es de $13{,}8\ V$ a $13{,}5\ V$ (14).

En la siguiente figura 11, se muestra como está constituido el circuito de alimentación y el sistema de carga de inteligente:

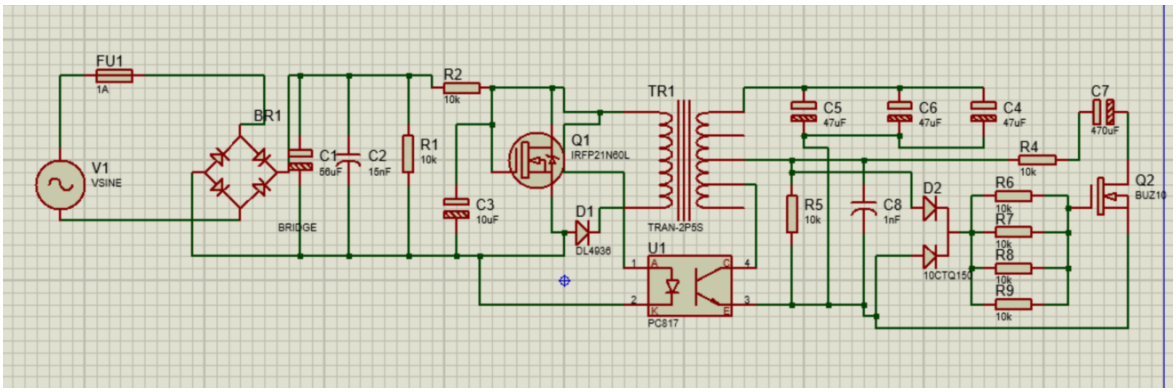

Figura 2. Esquema de entradas y salidas de voltaje y sistema de alimentación.

Tomando en cuenta los diferentes componentes que abarcara el módulo, se reestructuro el diseño del módulo, tomando como referencia el diseño anterior e implementando los diferentes elementos añadidos, siendo estos, betería VRLA, interruptores, ventiladores que conforman el sistema. Sin embargo, al ser los componentes ser accesibles diseñaron tapas deslizables con anclaje a pernos para el cierre de las mismas.

Diseño y acotaciones de la tapa inferior.

En la figura 3, se aprecia le diseño y las acotaciones de la tapa inferior, la cual se va anclar con tornillos de 3mm.

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 1-33
DOI:
https://doi.org/10.56519/3pzy4a97

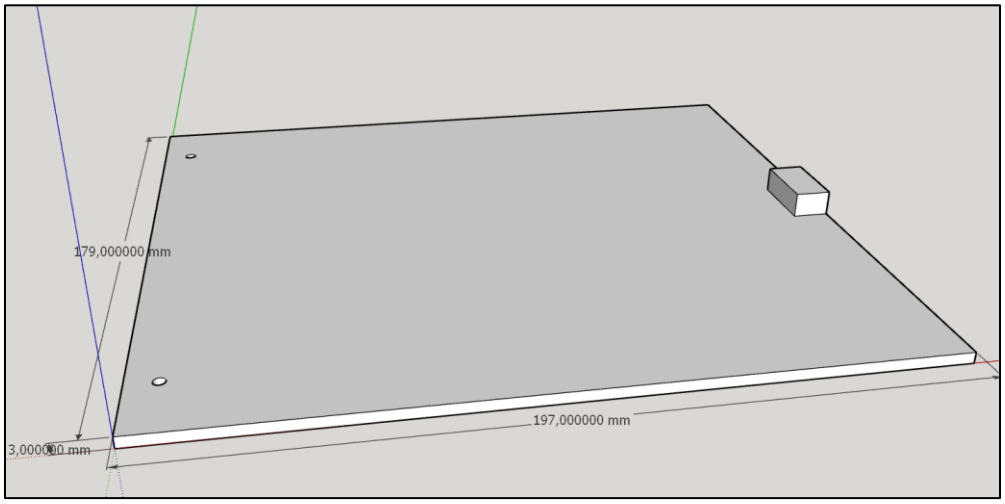

Figura 3. Acotaciones y diseño de tapa inferior.

Diseño y acotaciones de tapa superior

En la figura 4, se observa el diseño y las acotaciones de la tapa superior, donde se va alojar la cámara web, anclado con tornillos de 3mm.

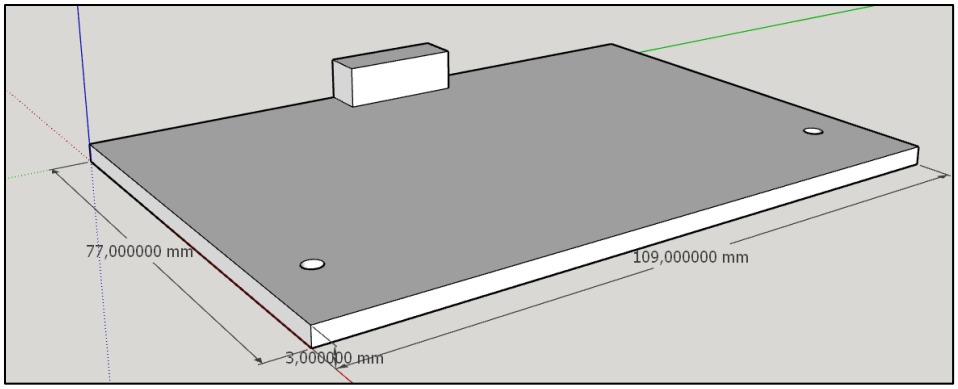

Figura 4. Diseño y acotaciones de tapa superior.

Diseño y acotaciones de soporte de cámara web.

En la figura 5, se muestra el diseño final del soporte de anclaje de la cámara web en el software de modelación Sketch Up.

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 1-33
DOI:
https://doi.org/10.56519/3pzy4a97

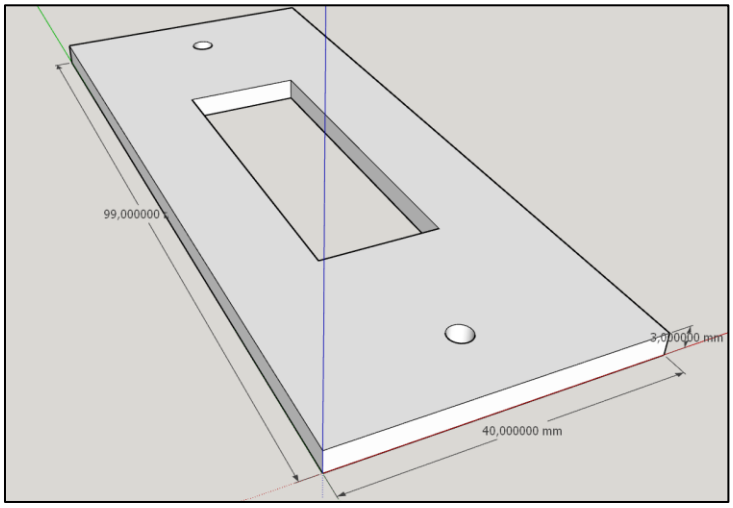

Figura 5. Acotaciones y diseño del soporte de cámara web.

Diseño y acotaciones de modulo principal.

En la figura 6, se muestra las acotaciones y el diseño del módulo principal en la cual, va a estar montado el sistema de la batería y los demás componentes del módulo como periféricos tanto de salida y, de entrada.

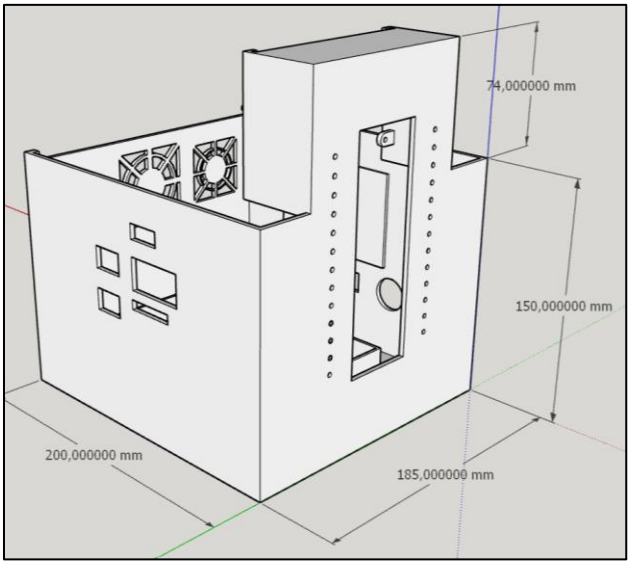

Figura 6. Diseño y acotaciones del módulo.

En la figura 7, se muestra en el software SketchUp, la simulación 3D del módulo de interpretación de lenguaje de señas.

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 1-33
DOI:
https://doi.org/10.56519/3pzy4a97

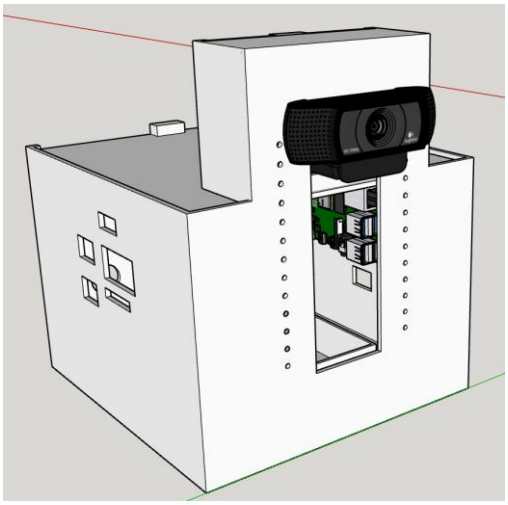

Figura 7. Simulación de diseño de modulo 3D

Diseño computarizado de software y fabricación de diseño en impresión 3D.

La etapa de elaboración del diseño del moduló, se llevó a cabo mediante servicios de impresión 3D, usando software de análisis de tiempo y material que se usara en la fabricación y uso de impresora con capacidad de imprimir modelos robustos y en un tiempo pertinente. En la figura 8 y 9, se muestra el diseño computarizado por medio de software de impresión 3D en *Bambu Studio.*

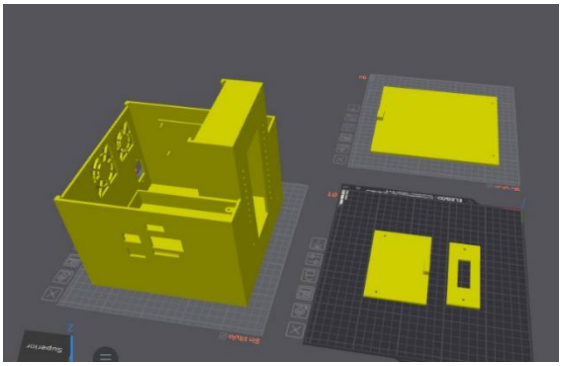

Figura 8. Computarización de diseño exportado STL.

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 1-33
DOI:
https://doi.org/10.56519/3pzy4a97



Figura 9. Cálculos de tiempo y material PTEG a utilizar.

Implementación estructural y energética

Adquisición de cargador inteligente 12V

Para la elaboración del sistema de carga de una batería VRLA recargable, se decidió implementar la electrónica de un cargador inteligente por pulsos de 12V, el cual tiene una entrada de 120V / 220V de la red eléctrica, se realizó una adaptación de la electrónica en la batería para que sea parte del sistema.

La elección se justifica mediante la simplicidad de adaptación a la batería la cual tiene entrada de 110VAC y una salida de 14VDC para recarga de del sistema.



Figura 10. Cargador de batería VRLA 12V.

La implementación final del sistema de alimentación autónomo se estructuró en diferentes etapas, de acuerdo con la función específica que desempeña cada una. La primera corresponde a la etapa de carga, encargada de recargar la batería cuando su nivel de energía es insuficiente. La segunda etapa está constituida por la batería de 12 V, cuya función es almacenar la energía suministrada por el cargador y proporcionar la alimentación al sistema. Finalmente, la etapa de regulación adapta el voltaje proveniente de la batería a los niveles requeridos por cada uno de

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 1-33
DOI:
https://doi.org/10.56519/3pzy4a97

los periféricos, garantizando un suministro de energía estable y adecuado para el correcto funcionamiento de la Raspberry Pi 4, el monitor y los demás componentes del módulo.

En la figura 11, se muestra la comprobación de voltaje, de la batería implementando el cargador inteligente, en el panel de visualización.



Figura 11. Comprobación de nivel de batería.

Se implemento el step up de 19V 3A, para la salida de voltaje que alimento el monitor de visualización, como se muestra en la figura 12.



Figura 12. Step up Output 19V.

En la figura 13, se establece la salida de 5V 3A, para el microcontrolador Raspberry Pi 4, para la etapa de visión artificial.

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 1-33
DOI:
https://doi.org/10.56519/3pzy4a97



Figura 13. Step Down Output 5V.

Impresión y adquisición de diseño mecánico de modulo didáctico

Etapa donde se adquirió el diseño final del módulo didáctico para su respectivo montaje de los componentes, batería, pantallas, y periféricos, además de los diferentes anclajes como pernos de 3mm.

En la figura 14 y 15, se muestra cómo se desarrolló el servicio de impresión 3D para la adquisición del módulo, en el cual se va a montar el sistema.

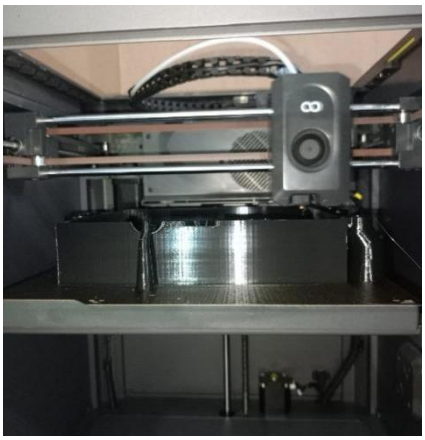

Figura 14. Proceso de impresión 3D del módulo.

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 1-33
DOI:
https://doi.org/10.56519/3pzy4a97



Figura 15. Desarrollo de impresión 3D de la tapa inferior.

En la figura 16, se muestra el resultado de la fabricación y la impresión 3D del módulo.



Figura 16. Fabricación final del módulo.

Pruebas de validación de montaje de diseño mecánico y sistema de alimentación.

Se llevaron a cabo diversas pruebas de validación en aspectos clave del diseño mecánico, incluyendo el montaje de los componentes, el sellado de las tapas superior e inferior, así como la instalación de los switches y la cámara web.

Prueba de medición de voltaje de la batería mediante multímetro. Se realizó una prueba de medición del voltaje que entrega la batería, haciendo uso del multímetro, observando que la lectura sea correcta tomando como referencian el valor que muestra él panel, pudiéndose apreciar en la figura 17.

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 1-33
DOI:
https://doi.org/10.56519/3pzy4a97



Figura 17. Prueba de medición de voltaje y consumo.

Condición de carga monitoreado por el panel del cargador. En la figura 18, Se observa la verificación de la evolución del estado de carga inteligente del módulo, mediante el panel de visualización incluido en la etapa de carga.



Figura 18. Pruebas de estado de carga del módulo.

Prueba de autonomía del módulo. Se realizó las respectivas pruebas de validación de la autonomía entregada por el sistema de alimentación, pudiéndose observar un correcto funcionamiento. Y el voltaje de la batería después de dos horas y media de uso del módulo Como se puede apreciar en la figura 19.

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 1-33
DOI:
https://doi.org/10.56519/3pzy4a97

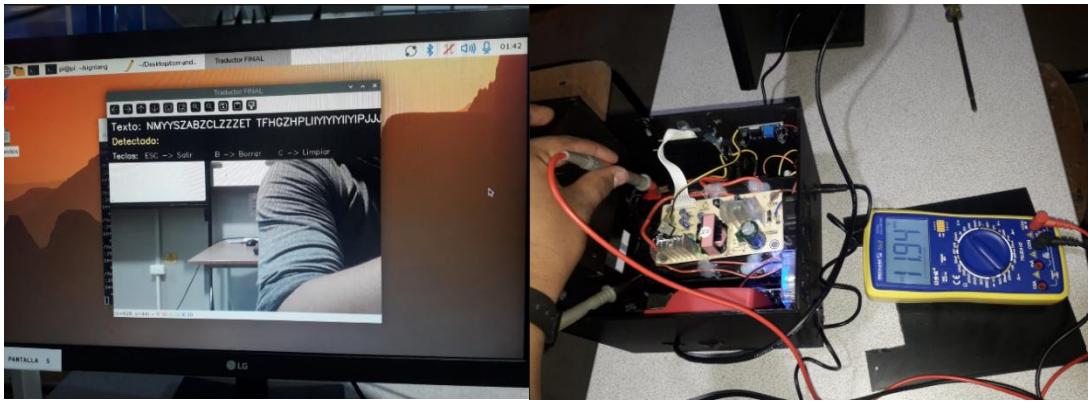

Figura 19. Prueba de validación de autonomía y medición de batería por medio de multímetro después de operación.

Pruebas de montaje de los componentes mecánicos del módulo. Se comprobó el correcto montaje de los componentes mecánicos, en la figura 20 y 21, se muestra el movimiento y anclaje de la cámara web y montaje de las tapas superior e inferior.

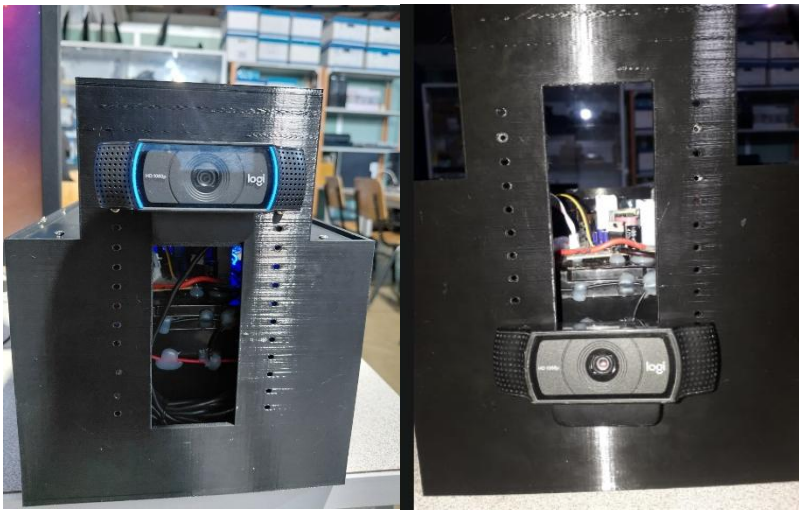

Figura 20. Perspectiva frontal del módulo.

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 1-33
DOI:
https://doi.org/10.56519/3pzy4a97



Figura 21. Montaje de la tapa superior e inferior.

Pruebas de instalación y puesta en marcha del sistema de validación de sistemas de visión artificial.

En la figura 22, se puede apreciar los resultados finales de la instalación y operación de sistema de interpretación del lenguaje de señas, implementando el monitor de visualización de resultados, alimentado a través del módulo y proyectado mediante HDMI.



Figura 22. Validación de puesta en marcha del módulo.

Se validó satisfactoriamente el programa de software, de interpretación de lenguaje de señas, por medio de visión artificial. En la figura 23, se visualizó los resultados de interpretación visual de imágenes a través de Open CV (15). A través de asistencia profesional.

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 1-33
DOI:
https://doi.org/10.56519/3pzy4a97

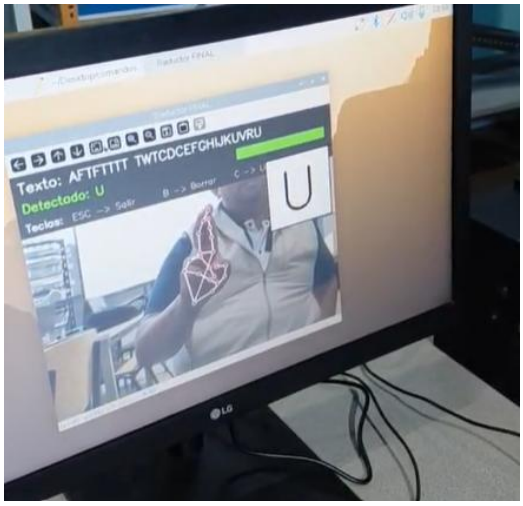

Figura 23. Validación de operación de interpretación de lenguaje de señas.

DISCUSIÓN

Eficiencia energética

La batería VRLA de $12\,V$ y $12\,Ah$ proporciona una capacidad energética nominal de aproximadamente considerando un consumo de referencia de 4,6 A, la autonomía teórica se estimó mediante la relación entre la capacidad de la batería y la corriente consumida, obteniéndose aproximadamente $2{,}45$ horas de funcionamiento. Durante las pruebas experimentales, el módulo logró superar las 2 horas y 30 minutos de operación, evidenciando que la autonomía obtenida se encuentra dentro del rango esperado a partir del dimensionamiento realizado.

En la tabla x, se presenta una matriz de comparación de resultados con respecto al módulo anterior, a través de valores de puntuación representando una diferencia frente a valores de teóricos y valores reales obtenidos (16).

Tabla 8. Comparativa de valores teóricos y reales en cuestión de alimentación.

Criterios a comparar	Valor teórico	Valor real	Porcentaje de diferencia
Potencia del Monitor	$\approx 40\,W$	$\approx 38\,W$	5%
Potencia de la Raspberry Pi 4	$15\,W$	$\approx 13-15\,W$	13,33%
Consumo total	$55\,W$	$\approx 47\,W$	14,5%
Autonomía	$2{,}30\,h$	$\approx 2{,}30-2{,}45\,h$	6,5%

Fuente. Elaborado por los autores.

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 1-33
DOI:
https://doi.org/10.56519/3pzy4a97

Portabilidad

La autonomía alcanzada tiene una relación directa con la portabilidad del módulo, debido a que permite utilizarlo en diferentes espacios sin requerir una conexión permanente a la red eléctrica. Esta característica representa una mejora respecto al prototipo anterior, cuyo sistema de alimentación dependía de una fuente externa.

De esta manera se mejora la facilidad de instalación en ambientes que se requiera una instalación independiente, haciéndolo autónomo. a continuación, en la tabla x, se comparan las diferentes características del prototipo de modulo anterior con respecto al módulo actual, por medio de puntuaciones de 1 a 5.

Tabla 9. Matriz de interpretación de resultados en base criterios de evaluación.

Indicador	Resultado obtenido	Interpretación
Masa total del modulo	$4{,}1\ Kg$	Se determino el esfuerzo de transporte
Dimensiones	$20\ cm\ \times 18{,}5\ cm\ 22{,}4\ cm$	Espacio requerido para el transporte
Capacidad de la batería	$12\ Ah$	Capacidad que entrega la batería
Autonomía teórica	$2{,}56\ h$	Autonomía teórica calculada superior a dos horas y media
Autonomía real	$2{,}49\ h$	Autonomía evaluada en tiempo real
Alimentación externa	N/A	Únicamente para etapa de carga.

Fuente. Elaborado por los autores.

Robustez Estructural

Durante las pruebas de manipulación y funcionamiento, la estructura mantuvo la integridad de sus elementos de soporte y protección, sin evidenciar daños estructurales que comprometieran el funcionamiento del módulo. La incorporación de la batería VRLA también representó un requerimiento adicional para la estructura, debido a su masa, por lo que fue necesario considerar su ubicación y fijación dentro de la carcasa.

Tabla 10. Matriz de análisis de resultados de robustez estructural.

Aspecto	Método de evaluación	Resultados	Criterio
Masa total	Medición con balanza	$4{,}1\ Kg$	$\leq 5\ Kg$
Deformación	Inspección después de la carga	$0\ mm$	No presenta deformaciones
Carga soportada	Aplicación de carga sobre el modulo	$4{,}5\ Kg$	$\geq 4{,}1\ Kg$ del módulo
Integridad de uniones	Inspeccione visual.	Sin daños	No presenta desprendimiento.

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 1-33
DOI:
https://doi.org/10.56519/3pzy4a97

Transporte	Manipulación del modulo	2 pruebas	No presenta daños estructurales
Movimiento	Trasporte del módulo	2 pruebas	Componentes permanecen fijos

Fuente. Elaborado por los autores.

Comparación del prototipo anterior y el actual

En la tabla 9, se presenta una comparativa del prototipo de interpretación de lenguaje de señas, basado en visión artificial

Tabla 11. Tabla de comparación de prototipos, anterior y actual.

Característica	Prototipo anterior	Prototipo mejorado	Resultado de la mejora
Material de carcasa	MDF	PETG	Fabricación mediante impresión 3D
Sistema de alimentación	Dependencia de alimentación externa	Sistema autónomo con batería VRLA	Mayor independencia energética
Batería	N/A. alimentación externa	VRLA 12 V – 12 Ah	Permite funcionamiento autónomo
Autonomía	Dependiente de conexión eléctrica	> 2,5 h en pruebas	Mayor movilidad
Adaptación de la carcasa	Fabricación convencional	Diseño e impresión 3D	Mayor libertad geométrica
Integración de componentes	Condicionada por estructura MDF	Espacios diseñados para componentes	Mejor integración
Portabilidad	Limitada por alimentación externa	Funcionamiento independiente de la red	Mejora de movilidad
Peso	$\approx 1\ kg$	$4{,}2\ Kg$	Integra sistema de alimentación autónomo
Robustez	Fabricación Laser MDF	Estructura PETG	Resistencia térmicas.
Mantenimiento/modificación	Requiere modificación física	Puede rediseñarse e imprimirse nuevamente	Mayor facilidad de modificación

Fuente. *Elaborado por los autores.*

Limitaciones técnicas reales

A pesar de las mejoras implementadas, se identificaron algunas limitaciones técnicas. La primera corresponde al peso de la batería VRLA utilizada, cuya masa representa una proporción importante del peso total del módulo y limita parcialmente su portabilidad. Si bien la capacidad de 12 Ah permite alcanzar la autonomía requerida, existe un compromiso entre capacidad energética y masa del sistema.

- Limitaciones a nivel de batería

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 1-33
DOI:
https://doi.org/10.56519/3pzy4a97

Otra de las limitaciones técnicas, en cuanto a baterías VRLA es el ciclo de vida, es limitado frente a otras baterías como, iones de litio o $LiFePo_4$ (17,18,19), las baterías de ácido-plomo regulada por válvula, necesitan de cierto nivel de espacio para poder tener disipación térmica dado a que trabaja mediante reacciones químicas, lo ideal es mantener la temperatura entre 25 °C, lo cual sería una limitante dado a las dimensiones reducidas del módulo,

Tabla 12. Tabla de limitaciones de baterías.

Criterios	Batería VRLA	Batería Litio	Batería $LiFePO_4$
Disipación térmica	Media requiere ambientes controlados	Media sensible al recalentamiento	Estable en disipación
Ciclos de vida	$200 - 600$ ciclos	$1000 - 2000$ ciclos	$3000 - 6000$ ciclos
Construcción	GEL	Celdas compactas	Celdas segura y BMS
Capacidad	$12\ Ah$	Variable en base a construcción $(12\ Ah - 15\ Ah\ -\ 20\ Ah)$	$100\ Ah\ - 200\ Ah$
Voltajes	$12\ - 24\ V$	$11{,}1\ V$	$12\ V - \ 24\ V\ -\ 48\ V$
Sistemas de carga	Cargador inteligente	BMS	BMS integrado

Fuente. Elaborado por los autores.

- Eficiencia de convertidores

Se adapto las salidas de alimentación para los elementos que componen el sistema, sin embargo, para poder determinar la conveniencia de implementar convertidores DC-DC, se realizó un análisis eficiencia energética de convertidores, tomando en cuenta los valores de tensión y corriente respectivamente.

Calculo de eficiencia de para convertidor reductor para la Raspberry Pi 4 en base a mediciones realizadas con el multímetro.

$$\eta_{DC-DC} = \frac{V_{out} \times I_{out}}{V_{in} \times I_{in}} \times 100$$

$$\eta_{DC-DC} = \frac{5\ V_{out} \times 3\ A_{out}}{12{,}2\ V_{in} \times 2\ A_{in}} \times 100$$

$$\eta_{DC-DC} = \ 61{,}5\ \%$$

Calculo de la eficiencia energética del convertidor elevador para el monitor en base a mediciones realizadas, haciendo uso del multímetro.

$$\eta_{DC-DC} = \frac{V_{out} \times I_{out}}{V_{in} \times I_{in}} \times 100$$

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 1-33
DOI:
https://doi.org/10.56519/3pzy4a97

$$\eta_{DC-DC} = \frac{19_{out} \times 1{,}2\ V_{out}}{12{,}2\ V_{in} \times 2\ V_{in}} \times 100$$

$$\eta_{DC-DC} = 93{,}4\%$$

Los sistemas de conversión presentan valores inferiores al 100 %, lo cual hace, que parte de la energía que suministra la batería se disipe en los procesos de conversión, tanto para reducción como para elevación (20).

- Limitaciones estructurales y de diseño

Finalmente, la fabricación de la carcasa mediante impresión 3D y de tecnologías FDM se encuentra condicionada por el volumen de impresión disponible tolerancias, espesor (21). Para piezas de dimensiones superiores al área de fabricación de la impresora puede ser necesario dividir la estructura en varias partes, incorporando posteriormente elementos de unión. Esto puede aumentar el tiempo de fabricación y generar zonas adicionales que deben ser consideradas durante el diseño estructural.

En la figura x, se muestra la puntuación de servicios de impresión 3D, de manera local en el area de Santo Domingo, como de servicios de impresión 3D fuera de area local en provincias como Quito.

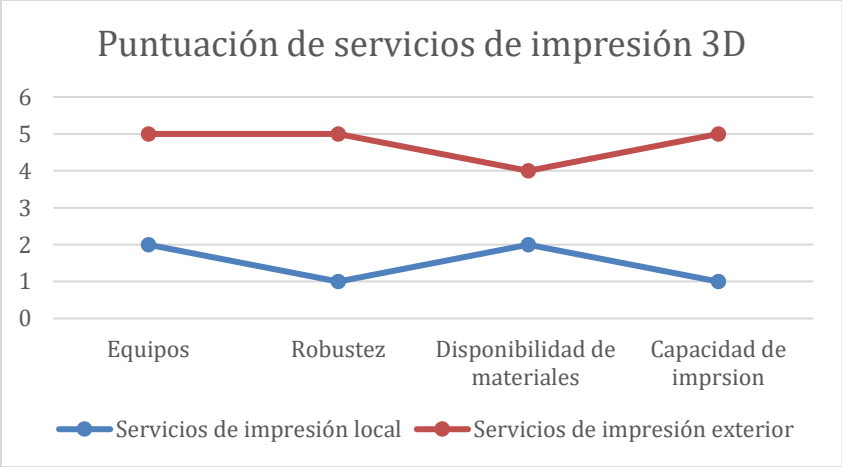

Figura 24. Puntuación de servicios de impresión 3d de manera local.

Trabajos futuros

Una de ellas consiste en evaluar tecnologías de almacenamiento energético con mayor densidad energética, como $LiFePO_4$, con el propósito de reducir la masa del sistema manteniendo una autonomía adecuada. También podría optimizarse el dimensionamiento de los convertidores DC-

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 1-33
DOI:
https://doi.org/10.56519/3pzy4a97

DC de acuerdo con los consumos reales de cada componente, y aumentar la eficiencia energética buscando reducir las pérdidas de conversión.

Por parte de diseño mecánico, se propondría el estudio de escalabilidad e implementación, de materiales de impresión 3D más robustos, como el ASA o el ABS, que puedan aumentar la vida útil del módulo y pruebas que lleven a un sistema más compacto y resistente a ambientes y condiciones hostiles.

CONCLUSIONES

Se logro optimizar el prototipo del módulo de interpretación de lenguaje de señas basado en visión artificial, implementado tecnologías de electrónica de consumo, diseño e implementación de sistemas de alimentación autónomos e implementación de prototipos de diseño mecánico, consiguiendo garantizar la portabilidad, resistencia, autonomía y funcionalidad en entornos educativos y de aprendizaje.

Se analizó de manera correcta, los requerimientos y necesidades a nivel energético, y se determinó la opción pertinente de sistema energético autónomo, tomando en cuenta parámetros de niveles de tensión y consumo, acordes a cada uno de los componentes del módulo, Raspberry Pi 4, y le monitor de escritorio.

Se logro evaluar y comparar los materiales de impresión 3D, que estén disponible de manera comercial, de manera que se seleccionó la mejor opción disponible de manera local, tomando en cuenta parámetros de manera cuantitativa, resistencia, condiciones ambientales, costos y facilidad de fabricación, con el objetivo de escoger la opción en base a criterios de disponibilidad.

Se diseño satisfactoriamente el prototipo del módulo, usando software de diseño asistido por computadora, siendo SketchUp, de manera que se logró una correcta distribución de componentes siendo el sistema de alimentación autónomo y el sistema microcontrolador Raspberry Pi 4 y la cámara web.

Se llevo a cabo la implementación del sistema de alimentación autónomo incluyendo el cargador inteligente e implementación de salidas de voltaje con convertidores DC-DC regulables y el deseño del módulo impreso en 3D de cada elemento de montaje, tapas superior e inferior y soportes de cámara web.

Se llevó a cabo pruebas de validación de funcionamiento energético, pruebas de nivel de baterías, correcto funcionamiento de sistema de carga, medición de salidas de tensión de cada elemento, pruebas de validación de autonomía y operación de sistema de interpretación de lenguaje de señas de visión artificial. Estructuralmente se validó la operación de montaje de elementos y anclajes, pruebas de presión movilidad y transporte.

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 1-33
DOI:
https://doi.org/10.56519/3pzy4a97

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Hinojosa Tonato MA, Naranjo Olalla FP. Análisis del prototipo de aprendizaje de lenguas de señas ecuatoriana a través de hardware y software libre. Código Científico Revista de Investigación [Internet]. 2026;7(E1):2101–15. Disponible en: http://dx.doi.org/10.55813/gaea/ccri/v7/ne1/1409
2. Almjally A, Almukadi WS. Reconocimiento del lenguaje de señas basado en visión artificial profunda con inteligencia artificial para ayudar a personas con discapacidad auditiva y del habla. Sci Rep [Internet]. 2025;15(1):32268. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1038/s41598-025-09106-8
3. Hernández Lara D, Juárez Velázquez ET, Trejo Villanueva CA. Modelo de visión artificial para el reconocimiento de la Lengua de Señas Mexicana. 2025; Disponible en: http://dx.doi.org/10.5281/ZENODO.17546270
4. Formlabs [Internet]. [citado el 18 de septiembre de 2026]. Guía de materiales de impresión 3D: Tipos, aplicaciones y propiedades. Disponible en: https://formlabs.com/latam/blog/3d-printing-materials/
5. AKB. Campuscomponent.com. 2024 [citado el 18 de septiembre de 2026]. What is raspberry pi- models, benefits and common uses. Disponible en: https://www.campuscomponent.com/blogs/post/what-is-raspberry-pi-and-for-what-it-is-used-for
6. Paredes R. Mitti. 2023 [citado el 18 de septiembre de 2026]. Metodología en cascada: Ventajas e inconvenientes. Disponible en: https://mitti.com/es/temas/metodologia-en-cascada
7. 3d DI. Filamento PETG: características y propiedades [Internet]. Dynapro 3D - Empresa de Impresión 3D en Madrid. Dynapro 3D Empresa de Impresión 3D; 2023 [citado el 18 de septiembre de 2026]. Disponible en: https://dynapro3d.com/filamento-petg-caracteristicas-y-propiedades/
8. Ganchozo León CA, Lozada Lopez FA, Murillo Encarnación WG, Salguero Sumba VH. Impacto del uso de módulos didácticos con Controladores Lógicos Programables (PLC) en la enseñanza de automatización y control para el desarrollo de competencias en educación superior. Arandu [Internet]. 2025;12(4):1591–608. Disponible en: http://dx.doi.org/10.69639/arandu.v12i4.1768
9. Ciećwierz M. SketchUp - Ventajas y limitaciones [Internet]. Cgwisdom.com. 2026 [citado el 18 de septiembre de 2026]. Disponible en: https://cgwisdom.com/es/blog/sketchup-ventajas-y-limitaciones.html
10. Lopez I. Sicnova. 2026 [citado el 18 de septiembre de 2026]. Parámetros de impresión 3D que más afectan al resultado final. Disponible en: https://sicnova3d.com/blog/experiencias-3d/parametros-impresion-3d-resultado-final/

11. Scribd.com [Internet]. [citado el 18 de septiembre de 2026]. Client challenge. Disponible en: https://es.scribd.com/document/504034352/ENEL-E-BT-010-R-00-Baterias-Plomo-acido-Selladas
12. LTD. FUJIAN 闽华 POWER SOURCE CO., LTD. 2025 [citado el 18 de septiembre de 2026]. ¿Qué es una batería VRLA? Disponible en: https://www.minhuagroup.com/es/news/what-is-vrla-battery/
13. Plastics L. PETG plastic: Properties, uses & advantages [2025 update] [Internet]. Laird Plastics. [citado el 18 de septiembre de 2026]. Disponible en: https://lairdplastics.com/resources/petg-plastic-properties-uses-amp-advantages-2025-update/
14. OHRIJA official website. OHRIJA CHARGER & POWER. 2025 [citado el 18 de septiembre de 2026]. ¿Qué es un cargador inteligente y cómo funciona? Disponible en: https://es.ohrija.com/Cargador-inteligente-y-c%C3%B3mo-funciona/?srsltid=AU7gw4WjGbDjJobJeYGWh0RUKycpA117lC6tWHdC_iMiYEGRJcy8AcKZ
15. Innovatiana.com [Internet]. 2024 [citado el 18 de septiembre de 2026]. OpenCV: visión artificial e inteligencia artificial. Disponible en: https://www.innovatiana.com/es/post/introducing-opencv
16. Scribd.com [Internet]. 2023 [citado el 18 de septiembre de 2026]. Client challenge. Disponible en: https://es.scribd.com/document/670321187/COMPARACION-ENTRE-LOS-RESULTADOS-TEORICOS-Y-EXPERI
17. Industrialmonitordirect.com [Internet]. [citado el 18 de septiembre de 2026]. Confiabilidad de Baterías VRLA: Vida Útil, Pruebas y Prevención de Fallas. Disponible en: https://industrialmonitordirect.com/es/blogs/knowledgebase/vrla-battery-reliability-lifespan-testing-failure-prevention
18. Lee PAN. Large Battery. Large Power; 2025 [citado el 18 de septiembre de 2026]. Explicación del ciclo de vida y la longevidad de la batería. Disponible en: https://www.large-battery.com/es/blog/battery-cycle-life-and-longevity/
19. Cheng J. BSLBATT® Official. 2024 [citado el 18 de septiembre de 2026]. ¿Cuánto duran las baterías de litio? Disponible en: https://bslbatt.com/es/blogs/%C2%BFCu%C3%A1nto-duran-las-bater%C3%ADas-de-litio/
20. Ariat-tech.es [Internet]. 2026 [citado el 18 de septiembre de 2026]. Eficiencia del convertidor DC-DC: Pérdidas de potencia, Bistabilidad y Optimización. Disponible en: https://www.ariat-tech.es/blog/DC-DC-Converter-Efficiency-Power-Losses,Bistability,and-Optimization.html
21. Craftcloud3d.com [Internet]. [citado el 18 de septiembre de 2026]. Precisión de la impresión 3D FDM: tolerancias, espesor de pared y limitaciones. Disponible en: https://support.craftcloud3d.com/es/articles/31-precision-de-la-impresion-3d-fdm-tolerancias-espesor-de-pared-y-limitaciones