

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



Elaboración de los Módulos de Potencia, Sensores y Almacenamiento de un Juguete Didáctico Tecnológico Basado en el Nanosatélite QUETZAL-1.

Trabajo de graduación presentado por José Javier Morales Dubón para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Mecánica

Guatemala
2022

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



Elaboración de los Módulos de Potencia, Sensores y Almacenamiento de un Juguete Didáctico Tecnológico Basado en el Nanosatélite QUETZAL-1.

Trabajo de graduación presentado por José Javier Morales Dubón para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Mecánica

Guatemala
2022

Vo.Bo.:

(f) 

Ing. José Antonio Bagur Nájera

Tribunal Examinador:

(f) 

Ing. José Antonio Bagur Nájera

(f) 

Ing. Andrés Rodrigo Viau Najarro

(f) 

Ing. Victor Hugo Ayerdi Bardales

Fecha de aprobación: Guatemala, 09 de diciembre de 2022.

Lista de figuras	VII
Lista de cuadros	IX
Resumen	XI
Abstract	XIII
1. Introducción	1
2. Antecedentes	3
3. Justificación	5
4. Objetivos	7
4.1. Objetivo general	7
4.2. Objetivos específicos	7
5. Marco teórico	9
5.1. ¿Qué es un CubeSat?	9
5.1.1. QUETZAL-1	10
5.2. Juego didáctico	10
5.3. Regulaciones de juguetes electrónicos y/o eléctricos	11
5.3.1. Eléctricos	11
5.3.2. Mecánicos	11
5.4. Arduino	12
5.5. Componentes comúnmente utilizados en nanosatélites	13
5.6. Componentes disponibles y sus características	14
6. Metodología	15
6.1. Requisitos	15
6.2. Cálculos para la selección de los componentes del juguete	16
6.2.1. Selección de sensores para el juguete	17
6.2.2. Selección de batería para el juguete	17

6.2.3. Selección de microcontrolador para el juguete	18
6.3. Plan de compra	19
6.4. Prueba de componentes	19
6.5. Diseño de placas	20
6.6. Fabricación de placa de sensores	21
6.7. Fabricación de placa de potencia	24
6.8. Prueba piloto	26
7. Resultados	29
7.1. Prueba piloto	29
7.2. Carga de batería	30
7.3. Toma de datos	31
7.4. Ensamble final	31
8. Discusión	33
9. Conclusiones	35
10. Recomendaciones	37
11. Bibliografía	39
12. Anexos	41

Lista de figuras

1.	Cubesat Quetzal-1	10
2.	Arduino Uno	12
3.	Vista interna del QUETZAL-1	13
4.	Conexión de sensores con placa basada en Arduino	20
5.	Esquema eléctrico de placa de sensores	21
6.	Componentes colocados en posición final.	22
7.	Preparación de cables para placa de sensores	22
8.	Headers colocados en lugar de componentes	23
9.	Soldadura de componentes y cableado de placa de sensores	23
10.	Tarjeta de sensores finalizada	24
11.	Cableado y soldadura de componentes de placa de potencia	24
12.	Componentes soldados a la placa de potencia	25
13.	Placa de potencia finalizada	25
14.	Prueba piloto con estudiantes de Ingeniería Mecatrónica	26
15.	Prueba piloto con estudiantes de Ingeniería Mecánica	27
16.	Prueba piloto con estudiantes de Ingeniería Química	27
17.	Prueba piloto con estudiantes de Ingeniería en Ciencias de la Administración	28
18.	Tiempos de ensamble del módulo electrónico	29
19.	Carga de batería con celda fotovoltaica.	30
20.	Carga de batería con fuente regulada.	30
21.	Presentación de datos en memoria SD.	31
22.	Placas terminadas.	31
23.	Placas armadas.	32
24.	Ensamble final.	32

Lista de cuadros

1.	Información recolectada mediante entrevistas	4
2.	Listado de componentes disponibles	14
3.	Requisitos de módulo electrónico de juguete didáctico CubeSat	16
4.	Selección de sensores	17
5.	Selección de batería	18
6.	Selección de microcontrolador	18
7.	Listado de componentes adquiridos	19
8.	Listado de materiales adquiridos	19

Se elaboró un juguete didáctico capaz de demostrar diferentes funciones de un CubeSat, el cual podrá permitir que más personas tengan acceso a recursos educativos relacionados a nanosatélites y misiones espaciales. El trabajo de graduación se enfoca en el diseño e implementación de los sistemas electrónicos del juguete didáctico, los cuales consisten en un módulo de potencia, un módulo de sensores y un módulo de almacenamiento de información.

La definición de los componentes que formaron parte del sistema se basó en el nanosatélite “QUETZAL-1”, los cuales consisten en: un giroscopio, un reloj en tiempo real (RTC, por sus siglas en inglés), una fotorresistencia y un módulo de almacenamiento que utiliza una tarjeta SD para almacenar los datos recopilados por los sensores mencionados anteriormente. Se dividió también el sistema en módulos de sensores, potencia y almacenamiento para analizar los componentes de manera individual para luego unirlos y formar el juguete. Se buscó que el juguete pudiera leer diferentes datos de su ambiente con la ayuda de sensores, al igual que guardar las mediciones tomadas en una tarjeta SD. Por otro lado, se diseñó para que el módulo de potencia del sistema esté conformado por una batería de litio, que puede ser recargada por medio de una celda fotovoltaica o por una fuente de voltaje regulada.

A didactic toy capable of demonstrating different functions of a CubeSat was developed, which will allow more people to have access to educational resources related to nanosatellites and space missions. The project focuses on the design and implementation of the electronic systems of the educational toy, which consist of power, sensor and storage modules.

To define the components that were part of the system, the decision was based on the "QUETZAL-1" nanosatellite, which consists of: a gyroscope, a real-time clock (RTC), a photo-resistor and a storage module that uses an SD card to store the data collected by the sensors mentioned above. The system was also divided into sensor, power and storage modules to analyze the components individually and then join them and form the toy. It was sought that the toy could read different data from its environment with the help of sensors, as well as to save them in an SD card. On the other hand, it was designed for the power module of the system to be made up of a lithium battery, which can be recharged by means of a photovoltaic cell or by a regulated voltage source.

CAPÍTULO 1

Introducción

En el presente trabajo de graduación se presenta el proceso de diseño y fabricación del módulo electrónico de un juguete didáctico basado en nanosatélites y misiones espaciales. Para iniciar con el proceso, fue importante tomar en cuenta las características de un Cubesat, específicamente las características del CubeSat QUETZAL-1 para tener referencias en la etapa de diseño.

Antes de iniciar con la etapa de diseño, se investigó sobre posibles componentes para el juguete y se evaluó cada opción a través de un estudio comparativo (en inglés, *trade studies*) para determinar, objetivamente, las mejores opciones para el juguete diseñado.

Teniendo definidos los componentes, se hicieron pruebas de funcionamiento con los mismos mediante herramientas del ecosistema Arduino (hardware y software). Luego de las pruebas, se diseñaron las placas del juguete utilizando el software de diseño Circuit Maker para luego fabricar un prototipo de dichas placas. Dichos prototipos se probaron, verificando su correcto funcionamiento.

Finalmente, se escribió un manual de ensamblaje y funcionamiento del módulo electrónico del juguete para que pueda ser utilizado por los primeros usuarios de pruebas del juguete didáctico.

Como proyecto de graduación de la carrera de Ingeniería Mecánica en la Universidad del Valle de Guatemala, se nos solicitó la elaboración de un juguete didáctico capaz de demostrar diferentes funciones de un CubeSat. Con este, el usuario debe poder aprender acerca de qué es un CubeSat, sus componentes y su operación. El objetivo del proyecto es contar con un prototipo validado para escalarlo a una producción en serie tomando en cuenta que el mismo no supere un costo máximo de producción de Q500.

Debido a la poca información en publicaciones con respecto al tema de juguetes didácticos relacionados a nanosatélites, ya que lo único que se encuentra en el mercado son juguetes de aeromodelismo que no aplica para este caso, se decidió basar el diseño del juguete en las experiencias de los estudiantes, profesores e investigadores de la Universidad del Valle de Guatemala (UVG) que estuvieron involucrados en el proyecto QUETZAL-1.

Al dar inicio a la investigación, se buscaron juguetes tecnológicos presentes en el mercado que cuenten con funciones semejantes un nanosatélite por sus componentes y/o sistemas, de los cuales se hallaron los siguientes juguetes: Little bits, Snap circuits y Makeblock mbot.

El kit de ciencia robótica Makeblock se basa en el uso de un robot mBot que enseña programación para principiantes. Con el uso de una variedad de maquinaria robótica y piezas electrónicas, permitiendo familiarizarse con los fundamentos de la programación basada en bloques, desarrollo de pensamiento lógico y habilidades de diseño; además de que las piezas complementarias ayudan a los usuarios a explorar más a fondo la electrónica y la mecánica. (Makeblock Education, 2021)

Los LittleBits son pequeños bloques de construcción electrónicos que pueden combinarse entre sí con el objetivo de aprender sobre temas *STEM* (por su acrónimo en inglés de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) como circuitos, ingeniería y electrónica. LittleBits permite mezclar rompecabezas, programación, electrónica e invención en un mismo juguete para realizar diferentes creaciones ya sea paquetes de audio, sintetizador de música o de desarrollo de Arduino. (Sphero, 2021)

Por último, Snap Circuits enseña conceptos básicos de ingeniería, circuitos y electrónica mediante el uso de componentes de construcción con broches, fácilmente identificables por su color y propósito, para ensamblar circuitos electrónicos en una cuadrícula a base de filas y columnas. Este tipo de juguete se utiliza en escuelas, programas *STEM* y programas extraescolares. Snap Circuits refuerza habilidades importantes, como las motoras y de lectura. (Elenco Electronis, 2021)

Como segunda parte de la investigación, se realizaron diversas entrevistas a estudiantes y personal técnico administrativo de la Universidad del Valle de Guatemala y a continuación se detallan los resultados de las mismas.

Cuadro 1: Información recolectada mediante entrevistas

Información recolectada mediante entrevistas sobre el kit didáctico desarrollado en UVG		
Aspectos positivos	Aspectos negativos	Recomendaciones
El proceso de ensamble promovía la participación de los estudiantes	El proceso de ensamblaje era muy largo	Evitar usar tornillos y tuercas
El juguete ayudaba a los usuarios a visualizar mejor en que consistía el QUETZAL-1	Los kits no contaban con un manual de ensamblaje	Presentar la orientación de las piezas para facilitar el ensamblaje
	El kit era muy simple, lo que perdía interés de los usuarios	Definir el método de manufactura antes de iniciar a diseñar el juguete

El QUETZAL-1 fue un proyecto diseñado en Guatemala por colaboradores de la Universidad del Valle de Guatemala el cual tenía el propósito de diseñar, construir y operar un satélite tipo CubeSat para probar el prototipo de un sensor multispectral, abriendo el campo de ciencias y tecnología espacial en Guatemala y formando capital humano guatemalteco para permitir la adquisición de información vía detección remota para conservación de recursos naturales, de forma independiente (del Valle de Guatemala, 2019). A pesar de este logro, según un conteo estadístico realizado en el 2019 por la Universidad San Carlos de Guatemala, demuestra que en la misma universidad un 15% del total de los estudiantes estudian en alguna rama de ingeniería (de Guatemala, s.f.). De este porcentaje se puede considerar que un número muy bajo de estudiantes se gradúan de ingeniería comparando contra países avanzados como Alemania y Estados Unidos. En Estados Unidos hubo 229,310 egresados en la rama de ingeniería de un total de 808,640 en el año 2017 (Board., 2018), en Alemania en 2017 el número de estudiantes con un título de ingeniería se calculó en 129.646 de alrededor de 502.000 personas (Agency, 2018). Mientras que en Guatemala en 2013 se graduaron 2,966 ingenieros de un total de 24,442 personas (González, 2016).

Para Guatemala y para las diferentes universidades con carreras de ingeniería podría ser un gran avance que los jóvenes se involucren en actividades y/o estudios relacionados al tema debido a que presentaría un área más en la que se podría especializar el país. Promover el estudio de ingeniería se ha vuelto fundamental en muchos países, debido a que cada vez hay menos alumnos cursando este tipo de carreras. Un ejemplo de esto sería en España en donde se produjo un déficit de un 2% de aproximadamente 2600 estudiantes por año desde 2015 a 2019. (Silió, 2019) De tal manera que el juguete didáctico del CubeSat QUETZAL-1, podría significar que más jóvenes se interesen y tengan conocimiento de este tema provocando que el porcentaje de estudiantes en ingeniería incremente. Además, se desea que este juguete pueda ser producido en serie a un costo accesible para ser vendido al público.

Con el diseño y la fabricación del juguete didáctico, se busca que los interesados puedan aprender de manera fácil e intuitiva el funcionamiento de los sistemas y componentes que conforman al QUETZAL-1. Para elaborar dicho juguete se busca que su implementación sea

viable en términos de costos, tiempo, calidad y disponibilidad, ya que se busca producirlos en serie como se mencionó anteriormente. Al diseñar un sistema con componentes económicos y simples, es posible no solo manufacturar sino que distribuir el juguete a un precio competitivo en el área de herramientas didácticas. Para que el juguete pueda llevarse a cabo es importante contar con una estructura que permita que todos los elementos y módulos puedan ser ensamblados y acoplados a la misma.

4.1. Objetivo general

Elaborar los módulos de almacenamiento, potencia y de sensores de un juguete didáctico tecnológico basado en el nanosatélite QUETZAL-1.

4.2. Objetivos específicos

- Definir los requisitos a cumplir para asegurar el funcionamiento correcto del juguete.
- Diseñar un sistema que transmita las mediciones de los sensores a un archivo de texto, para ser almacenado en una memoria SD.
- Construir un sistema de potencia que encienda distintos sensores y componentes por medio de una batería que pueda ser recargada con una celda fotovoltaica o por medio de una fuente de voltaje regulada.
- Desarrollar un manual de usuario, donde se enumeren los componentes y se explique el uso y la funcionalidad de los mismos.

5.1. ¿Qué es un CubeSat?

La creación del CubeSat inició en 1999 entre Jordi Puig-Sauri y Bob Twiggs, dos profesores universitarios de California Polytechnic State University (Cal Poly) y Stanford University's Space Systems Development Laboratory (SSDL). La intención del proyecto era hacer asequible el espacio para la comunidad de ciencia universitaria, gracias al proyecto las varias universidades grandes o pequeñas tienen programas aeroespaciales y ha llegado hasta colegios en los Estados Unidos. Agregado a instituciones de educación, gobiernos, y grupos comerciales han desarrollado CubeSats por todo el mundo, debido a que ellos han visto el potencial de los minisatélites en reducir costos y en materiales y en investigación y desarrollo.

Los CubeSat son nanosatélites programados para realizar una misión específica. Un satélite pequeño es generalmente considerado como un satélite que tenga una masa menor a 300 Kg, pero el CubeSat se debe conformar a criterios más específicos como su tamaño, forma y peso. Estos estándares son los que ayudan a disminuir su costo ya que facilita la posibilidad de su manufactura en serie. Estos pueden tener varios tamaños a los cuales se les refiere como "*units*". Cada unidad debe tener:

- Una dimensión de 10X10X10 cm.
- El peso no debe exceder 1.3 kilogramos para su unidad fundamental.
- El centro de masa no debe alejarse más de 2 cm del centro geométrico

Durante el desarrollo electrónico, es una práctica común entre desarrolladores de CubeSats utilizar kits de evaluación y desarrollo, antes de crear las placas. Una vez que las placas electrónicas se hayan producido es importante probar las funciones esperadas antes de conectarlas al resto del sistema. También se debe agregar componentes sistemáticamente,

probándose a lo largo del camino ya que estos pueden funcionar independientemente pero fallar al integrarlos a otro subsistema. (Chin, 2017)

5.1.1. QUETZAL-1

El QUETZAL-1 fue el primer satélite Guatemalteco lanzado al espacio, el cual tuvo la misión de Diseñar, construir y operar un satélite tipo *CubeSat* para probar el prototipo de un sensor multiespectral, abriendo el campo de ciencias y tecnología espacial en Guatemala. El proyecto se realizó con la colaboración de estudiantes, docentes, ingenieros y egresados de programas de Ingeniería UVG, con el apoyo de colaboradores locales e internacionales. (Universidad del Valle de Guatemala, 2020)

Figura 1: Cubesat Quetzal-1



Fuente: <https://www.uvg.edu.gt/cubesat/>

5.2. Juego didáctico

Un juguete educativo es un juguete que promueve el aprendizaje junto con el juego divertido. Estos juguetes promueven la educación del niño intelectual, emocional o físicamente (en algunos casos los tres) y ayudan al niño a aprender un tema o habilidad en particular. (Illuminati, 2015)

Los educadores se están replanteando el modo de enseñar a los niños pequeños a aprovechar su enorme potencial de aprendizaje. El juego constituye una de las formas más importantes en las que los niños pequeños obtienen conocimientos y competencias esenciales. Por esta razón, las oportunidades de juego y los entornos que favorecen el juego, la exploración y el aprendizaje práctico constituyen el fundamento de los programas de educación preescolar eficaces. (Paula Lopez, 2018)

5.3. Regulaciones de juguetes electrónicos y/o eléctricos

Los juguetes eléctricos y otros productos eléctricos diseñados para los niños pueden ser muy peligrosos si se usan incorrectamente o no se diseñan y/o construyen adecuadamente. Los posibles peligros pueden ser: descargas eléctricas, quemaduras y una amplia variedad de peligros mecánicos comunes a los juguetes en general, como bordes afilados y piezas móviles peligrosas.

En 1973, la Comisión de Seguridad de Productos para el Consumidor de EE. UU. (CPSC) emitió normas de seguridad bajo la Ley Federal de Sustancias Peligrosas para juguetes operados eléctricamente destinados a ser operados desde Circuitos derivados de 110-125 voltios. Estas normas de seguridad especifican requisitos de fabricación, construcción y rendimiento para reducir el riesgo de lesiones por estos productos. Además, las regulaciones exigen etiquetas de precaución obligatorias tanto en los artículos como en sus paquetes de estantes. También se emitieron reglamentos complementarios sobre juguetes para puntas afiladas, bordes y piezas pequeñas. Los requerimientos que la CPSC establece son:

5.3.1. Eléctricos

- Todos los componentes eléctricos de alta tensión deben estar sellados y no debe ser posible descubrirlos con herramientas caseras.
- Todos los interruptores, motores, transformadores o algo por el estilo debe estar montados seguramente para prevenir daños
- Los elementos de calefacción deben estar apoyados y se debe prevenir que se creen contactos que puedan producir toques eléctricos.
- Los productos que están diseñados para usarse con agua deben tener sus componentes eléctricos completamente separados del reservorio.

5.3.2. Mecánicos

- Las carcasas deben ser suficientemente fuertes para preservar la seguridad y el funcionamiento de los componentes eléctricos cuando el juguete está sometido a cierto tipo de abuso
- Las partes móviles peligrosas del juguete deben de estar escondidas para evitar el contacto con ellas.

(U.S. Consumer Product Safety Commission, s.f.)

5.4. Arduino

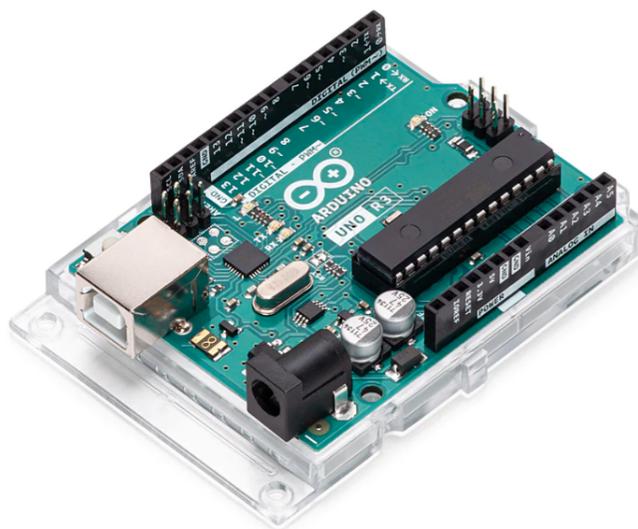
Arduino es una plataforma electrónica de código abierto basada en hardware y software fácil de usar. Las placas Arduino pueden leer entradas y convertirlo en una salida. Puede decirle a su tablero qué hacer enviando un conjunto de instrucciones al microcontrolador en el tablero. Para hacerlo, utiliza el lenguaje de programación Arduino y el Software Arduino.

A lo largo de los años, Arduino ha sido el cerebro de miles de proyectos, desde objetos cotidianos hasta complejos instrumentos científicos como el Quetzal-1. Una comunidad mundial de creadores se ha reunido en torno a esta plataforma de código abierto, sus contribuciones se han sumado a una increíble cantidad de conocimiento accesible que puede ser de gran ayuda tanto para principiantes como para expertos.

Arduino nació como una herramienta para la creación rápida de prototipos, dirigida a estudiantes sin experiencia en electrónica y programación. La placa se fue adaptando a las nuevas necesidades que se presentaban en la comunidad hasta llegar a lo que es ahora. Todas las placas Arduino y el software de programación son completamente de código abierto, lo que permite a los usuarios construirlas de forma independiente y eventualmente adaptarlas a sus necesidades particulares.

Arduino IDE es un software especial que se ejecuta en su sistema y que permite escribir bocetos para diferentes placas Arduino. El lenguaje de programación Arduino se basa en un lenguaje de programación de hardware muy simple llamado “Processing”, que es similar al lenguaje C. (Arduino, 2018)

Figura 2: Arduino Uno



Fuente: <https://store-usa.arduino.cc/products/arduino-uno-rev3>

5.5. Componentes comúnmente utilizados en nanosatélites

En la actualidad hay una gran variedad de nanosatélites en órbita con diferentes misiones, para las cuales se necesitan componentes específicos para cada misión. La obtención de estos componentes puede variar entre diseñar y manufacturar el componente o comprarlo a proveedores especializados en la manufactura y venta de los mismos. En el sitio web "www.cubesat.org" se encuentra un listado de proveedores que la NASA recomienda para la compra de componentes, estructuras, algoritmos y otros servicios relacionados a misiones aeroespaciales (Laboratory, 2020). Del listado mencionado se tomó en cuenta el sitio web "www.cubesatshop.com/products/" para definir los componentes que el juguete podría llegar a tener ya que esta encapsulaba todos los tipos de componentes que ofrecían otros proveedores. Es importante tomar en cuenta lo que los proveedores ofrecen para que sea una simulación realista de un cubeSat. Referenciando lo anterior, se establece que el juguete podría constar de cámara, giroscopio, acelerómetro, sensor de sol, magnetómetro, computadora abordo, celdas fotovoltaicas y baterías. (CubeSatShop, 2020)

Con respecto a los componentes específicos que tendría el juguete didáctico se tomaría de referencia lo mencionado anteriormente para generar un listado de componentes disponibles, los cuales tendrían la capacidad de simular algunas funciones de los nanosatélites reales. Los proveedores que se elegirían para los posibles componentes del juguete serían Steren, La Electrónica y Tettsa ya que tienen una amplia selección de componentes y en conjunto tienen los componentes mencionados anteriormente.

Figura 3: Vista interna del QUETZAL-1



Fuente: <https://www.dw.com/es/quetzal-1-guatemala-lanzar-%C3%A1-su-primer-sat-%C3%A9lite-al-espacio/a-52167326>

5.6. Componentes disponibles y sus características

A continuación se muestra una tabla basada en el mercado de componentes electrónicos de Guatemala, con precios obtenidos en agosto de 2021. Notar que los precios pueden variar desde la fecha de cotización.

Cuadro 2: Listado de componentes disponibles

Componente	Características	Proveedor	País	Precio
Acelerómetro ADXL345	Voltaje de operación: 4V ~6V DC Censado acelerómetro de 3 ejes Dimensiones: 21 x 16 x 3 mm	La Electrónica	GUA	Q 34.00
Giroscopio gy 521	Voltaje de operación: 4.3V ~9V Giroscopio de 3 ejes Acelerómetro de 3 ejes Dimensiones: 21 x 16 x 3 mm	La Electrónica	GUA	Q 35.00
Magnetómetro GY-65000	Voltaje de operación: 3.3V ~6V Rango de magnetómetro: ± 4800 uF Giroscopio de 3 ejes Acelerómetro de 3 ejes Magnetómetro de 3 ejes Dimensiones: 26 x 16 x 3 mm	La Electrónica	GUA	Q 199.00
Fotorresistencia GL5516	Resistencia: 5 Kohm - 10 Kohm Voltaje: 150 V Diámetro: 5mm	La Electrónica	GUA	Q 3.75
Fotorresistencia	Resistencia: 130 ohm - 10 Mohm Voltaje: 250 V Diámetro: 5mm	Steren	GUA	Q 4.00
Celda Fotovoltaica PS-005	Corriente: 160 mA Voltaje: 5 Vcc Dimensiones: 56,6 x 106 x 3 mm	Steren	GUA	Q 48.00
Celda Fotovoltaica PS-006	Corriente: 100 mA Voltaje: 6 Vcc Dimensiones: 56 x 80 x 3 mm	Steren	GUA	Q 39.00
Microcontrolador ATmega328P-PU	Memoria de programa: Flash 32 KB SRAM: 2 KB EEPROM: 1 KB Encapsulado: DIP 28 pines	La Electrónica	GUA	Q 67.00
Microcontrolador ATTINY85-20PU	Memoria de programa: Flash 8 KB SRAM: 512 Bytes EEPROM: 512 Bytes Encapsulado: DIP 8 pines	La Electrónica	GUA	Q 35.00
Microcontrolador ATMEGA32A-PU	Memoria de programa: Flash 32 KB SRAM: 2 KB EEPROM: 1 KB Encapsulado: DIP 40 pines	La Electrónica	GUA	Q 68.00
Batería Lipo - 3.7v 500mAh	Masa: 10.5g Dimensiones: 6mm x 25mm x 30mm	Tettsa	GUA	Q 38.00
Batería Lipo - Lipo - 3.7v 1000mAh	Masa: 26g Dimensiones: 8mm x 30mm x 40mm	Tettsa	GUA	Q 55.00
Batería Lipo - Lipo - 3.7v 3S XT60	Masa: 162g Dimensiones: 20mm x 34mm x 106mm	Tettsa	GUA	Q 345.00

Fuente: Elaboración propia

6.1. Requisitos

Antes de iniciar con el proceso de diseño se debían establecer requisitos con los que el juguete debía cumplir al finalizar el trabajo de graduación, estos requisitos se establecieron tomando en cuenta recomendaciones obtenidas entrevistando a personas involucradas en el desarrollo del kit didáctico de la Universidad del Valle de Guatemala, regulaciones de juguetes electrónicos establecidas por la Comisión de Seguridad de Productos para el Consumidor de EE.UU., componentes que se utilizan comúnmente en nanosatélites (especialmente en QUETZAL-1) y características elegidas para optimizar el funcionamiento del juguete.

Cuadro 3: Requisitos de módulo electrónico de juguete didáctico CubeSat

Categoría	No.	Código	Descripción
Requisitos de funcionamiento	1	RFUN_01	Debe poder ser accionado por solo una persona
	2	RFUN_02	El juguete debe tener la opción de carga con una celda fotovoltaica
	3	RFUN_03	El proceso de ensamble no debe tardar más de 10 minutos
	4	RFUN_04	El juguete debe funcionar con uno o más sensores a la vez
	5	RFUN_05	El juguete no tomará medidas si no se logra leer una tarjeta SD
Requisitos de diseño	6	RDIS_01	El ajuste de los sensores a las tarjetas será a presión
	7	RDIS_02	Las placas se ajustarán a la base a presión
	8	RDIS_03	Los componentes estarán identificados con imágenes en el manual
	9	RDIS_04	Todos los interruptores deben estar montados seguramente para prevenir daños
Requisitos de componentes	10	RCMP_02	El juguete debe contar con un giroscopio
	11	RCMP_03	El juguete debe contar con una estación de carga por medio de un panel solar para cargar su batería
	12	RCMP_04	La fuente de poder del juguete será una batería
	13	RCMP_05	El juguete debe contar con un módulo sd para almacenamiento de datos
	14	RCMP_06	El juguete debe tener un micro-controlador para ser la computadora a bordo
Requisitos de instructivo	15	RINS_01	El instructivo debe especificar los componentes con los que cuenta el juguete
	16	RINS_02	El instructivo debe definir las posiciones de los componentes para que funcione adecuadamente el juguete
	17	RINS_03	El instructivo debe explicar cómo funciona el juguete, no solo cómo armarlo

6.2. Cálculos para la selección de los componentes del juguete

Para determinar qué componentes tendría el juguete se realizó un estudio comparativo, el cual describe un proceso para determinar la viabilidad de diferentes soluciones técnicas. Las características de cada opción se negocian entre ellas, tomando en cuenta el peso de cada característica. Este da la opción de tomar decisiones de manera objetiva. Tomando en cuenta lo mencionado, se realizaron diferentes estudios para determinar qué sensor, batería y microcontrolador serían más convenientes para el juguete.

6.2.1. Selección de sensores para el juguete

Para la selección del sensor con el que contaría el juguete se tomó en cuenta el costo, la ubicación y las funciones del componente. Debido a que se deseaba que el juguete fuera manufacturado en masa, el precio es una característica principal a tomar en cuenta y por lo mismo se le ponderó con un peso de 40%. El número de funciones del sensor también se tomaron en cuenta debido a que esto establecería cuantos datos podría medir el juguete, por lo tanto se le dio un peso de 40%. Finalmente se le dio un peso de 20% a la ubicación, tomando en cuenta que esto no es vital para el juguete, pero es más conveniente un proveedor nacional.

Cuadro 4: Selección de sensores

Selección de sensores			Magnetómetro GY-65000	Giroscopio MPU6050	Acelerómetro ADXL345	Magnetómetro GY-271
Criterio	Peso	Escala				
Costo	40 %	3 = <Q50 2 = Q51-Q100 1 = Q100 <	1	3	3	2
Ubicación	20 %	2 = Guatemala 1 = Extranjero	2	2	2	1
Funciones	40 %	3 = 3 sensores 2 = 2 sensores 1 = 1 sensor	3	2	1	1
Total	100 %		73.33 %	86.67 %	73.33 %	50.00 %

Tomando en cuenta los criterios tomados para realizar el estudio comparativo, se determinó que el giroscopio MPU6050 sería el sensor más conveniente para el juguete.

6.2.2. Selección de batería para el juguete

Para la selección de la batería con la que contaría el juguete se tomó en cuenta el costo, la ubicación, el poder de carga y las dimensiones de la batería. En este caso, los precios no variaban tanto entre ellas y por lo mismo se le ponderó un peso de 20%. A la ubicación de la batería se le dio un peso de 20% utilizando el mismo criterio que se utilizó al seleccionar el sensor. El poder de carga de la batería es la característica más importante ya que de esto depende el tiempo de carga que tiene el juguete, por lo que se le dio 40% de peso a la misma. Finalmente se ponderó un peso de 20% para las dimensiones de la batería, ya que esta característica no variaba tanto entre las opciones comparadas.

Cuadro 5: Selección de batería

Selección de batería			Batería LI-PO 3S XT60	Batería LI-ON 3.7 V 1000 mAh	Batería LI-ION 3.7 V 500 mAh
Criterio	Peso	Escala			
Costo	20 %	4 = <Q50 3 = Q51 - Q100 2 = Q101 - Q200 1 = >200	1	3	4
Ubicación	20 %	2 = Guatemala 1 = Extranjero	2	2	2
Carga	40 %	3 = 2000 mAh 2 = <2000 mAh y 1000 mAh 1 = <1000mAh	2	2	1
Dimensiones	20 %	3 = 3 en un módulo 2 = 2 en un módulo 1 = <2 en un módulo	1	2	2
Total	100 %		58.33 %	76.67 %	70.00 %

Tomando en cuenta los criterios tomados para realizar el estudio comparativo, se determinó que la batería LI-ON de 1000 mAh sería más conveniente para el juguete.

6.2.3. Selección de microcontrolador para el juguete

Para la selección del microcontrolador con el que contaría el juguete se tomó en cuenta el costo, la ubicación y el número de pines del componente. En este caso, los precios no variaban tanto entre las opciones, por lo que se le ponderó un peso de 30 %. A la ubicación de la batería se le dio un peso de 30 % utilizando el mismo criterio que se utilizó en el resto de estudios. Por último, se le dio un peso de 40 % debido a que el número de pines del microcontrolador define el número de sensores que puede controlar.

Cuadro 6: Selección de microcontrolador

Selección de microcontrolador			ATmega328P	ATTINY85	ATMEGA32A
Criterio	Peso	Escala			
Costo	30 %	4 = <Q40 3 = Q40-Q50 2 = Q50 - Q60 1 = >Q60	3	4	1
Disponibilidad	30 %	2 = Guatemala 1 = Extranjero	2	2	2
potencia	40 %	3 = 40 pines 2 = 10 - 20 pines 1 = <10 pin	2	1	3
Total	100 %		79.17 %	73.33 %	77.50 %

Tomando en cuenta los criterios para realizar el estudio comparativo, se determinó que el microcontrolador Atmega328P sería más conveniente para el juguete.

6.3. Plan de compra

Con proveedores ubicados en Guatemala, se cotizaron los componentes y materiales necesarios para fabricar los diferentes módulos del juguete y se eligieron los productos mejor ponderados en el proceso de selección mencionado anteriormente. Tomando en cuenta lo anterior se compraron los siguientes componentes:

Cuadro 7: Listado de componentes adquiridos

Componentes			Cantidad	Subtotal
Giroscopio MPU-6050	Tettsa	Q 35.00	1.00	Q 35.00
Fotorresistencia	Tettsa	Q 3.00	1.00	Q 3.00
Panel solar	Steren	Q 48.00	1.00	Q 48.00
Batería Li-Ion 3.7 V	Tettsa	Q 55.00	1.00	Q 55.00
Cargador	Tettsa	Q 25.00	1.00	Q 25.00
Placas perforadas	Tettsa	Q 8.00	2.00	Q 16.00
Microcontrolador	Tettsa	Q 45.00	1.00	Q 45.00
Reloj	Tettsa	Q 19.01	1.00	Q 19.01
Resistencia	Tettsa	Q 0.75	2.00	Q 1.50
Convertidor	Tettsa	Q 35.00	1.00	Q 35.00
Modulo SD	Tettsa	Q 20.00	1.00	Q 20.00
Capacitor 100 uF	Tettsa	Q 1.00	1.00	Q 1.00
Capacitor 22 pF	Tettsa	Q 1.50	2.00	Q 3.00
Cristal oscilador 16MHz	Tettsa	Q 5.00	1.00	Q 5.00
			Total	Q 311.51

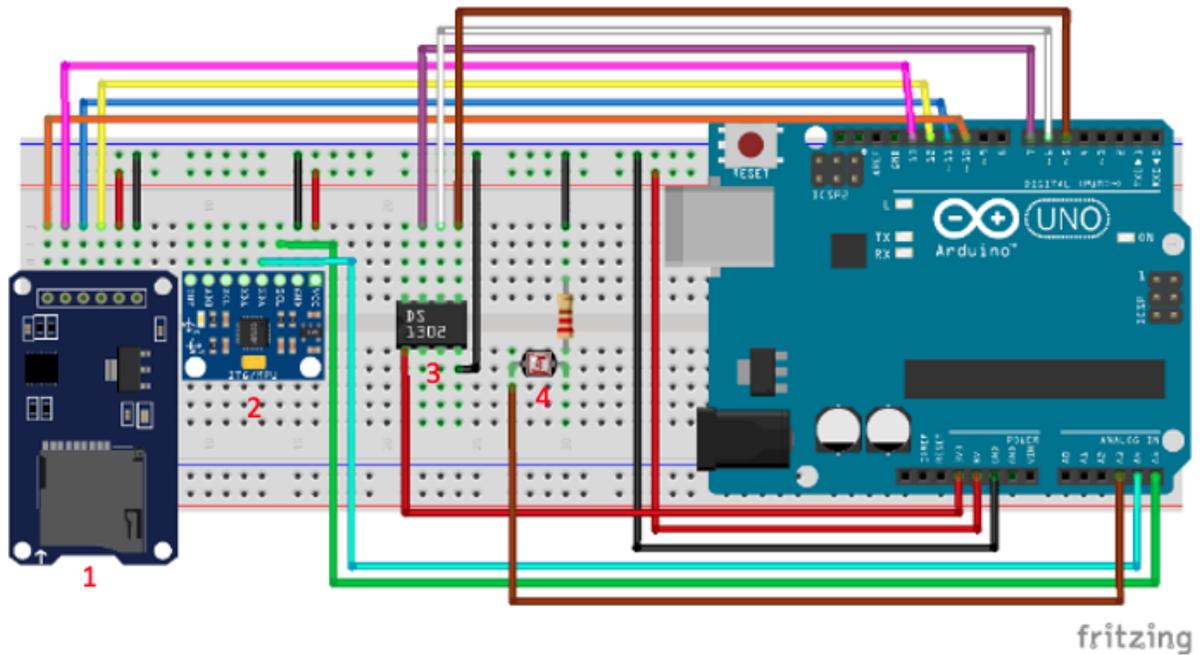
Cuadro 8: Listado de materiales adquiridos

Materiales			Cantidad	Subtotal
Estaño	Tettsa	Q 15.00	1.00	Q 15.00
Cableado	Tettsa	Q 3.50	5.00	Q 17.50
			Total	Q 32.50

6.4. Prueba de componentes

Luego se obtienen los componentes mencionados anteriormente se realizaron pruebas de funcionamiento de los componentes con una placa Arduino, determinando los pines a los que se deben conectar los mismos, verificando que todos los sensores pueden ser controlados por un solo microcontrolador y verificando que los datos recibidos de los sensores sean los requeridos. Estas pruebas se realizaron para poder pasar a la siguiente etapa, que consiste en disminuir el circuito a un tamaño aceptable para el juguete.

Figura 4: Conexión de sensores con placa basada en Arduino

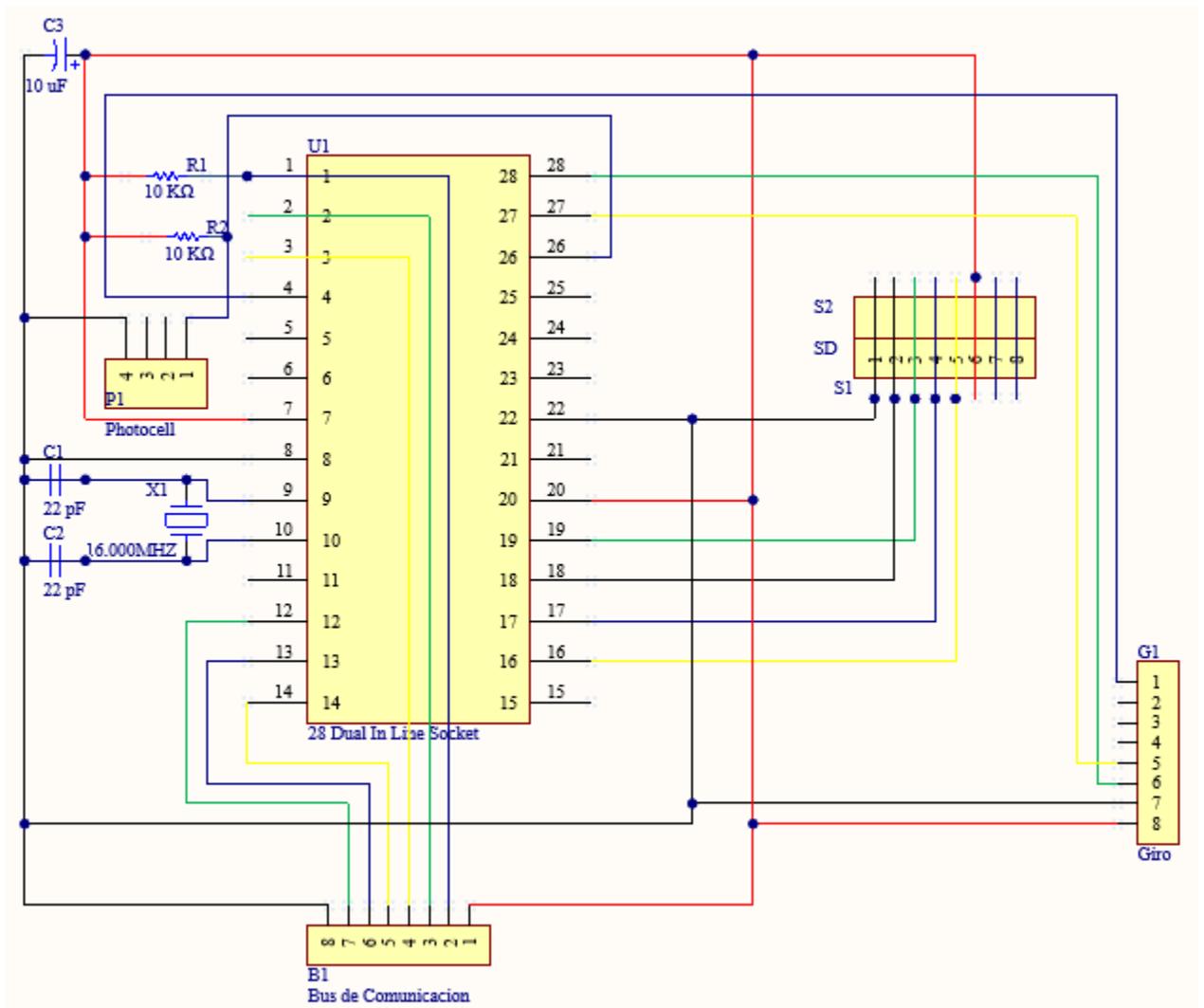


1. Módulo de almacenamiento SD
2. Giroscopio
3. Reloj de tiempo real
4. Fotorresistencia

6.5. Diseño de placas

Luego de realizar las pruebas de funcionamiento de los componentes con la placa Arduino, se procedió a diseñar las placas para reducir el tamaño de los subsistemas y optimizar el uso de carga de la batería. Utilizando el programa Circuit Maker se diseñaron los esquemas eléctricos de cada placa para fabricar el prototipo

Figura 5: Esquema eléctrico de placa de sensores



6.6. Fabricación de placa de sensores

Para el proceso de manufactura de las placas electrónicas se utilizaron placas perforadas de 5X5 cm para ser acopladas a placas de acrílico con un agujero con la misma dimensión. Las conexiones eléctricas se hicieron con cables de protoboard, los cuales fueron soldados a las placas utilizando estaño.

Figura 6: Componentes colocados en posición final.

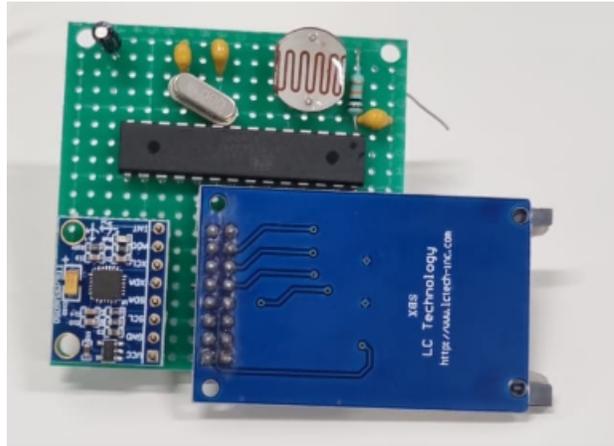


Figura 7: Preparación de cables para placa de sensores

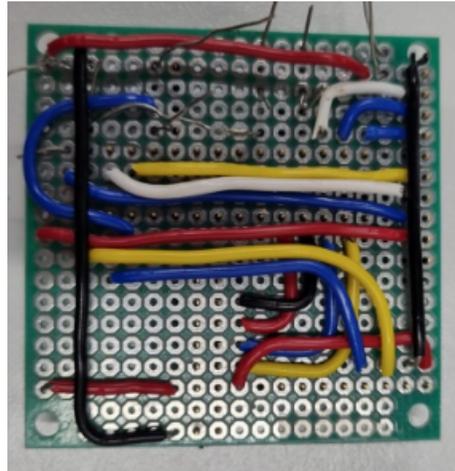


Figura 8: Headers colocados en lugar de componentes

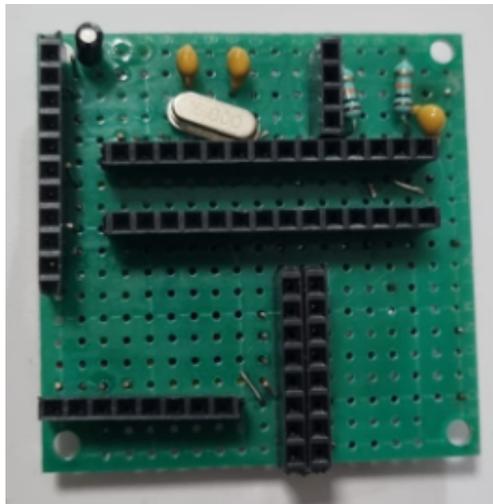


Figura 9: Soldadura de componentes y cableado de placa de sensores

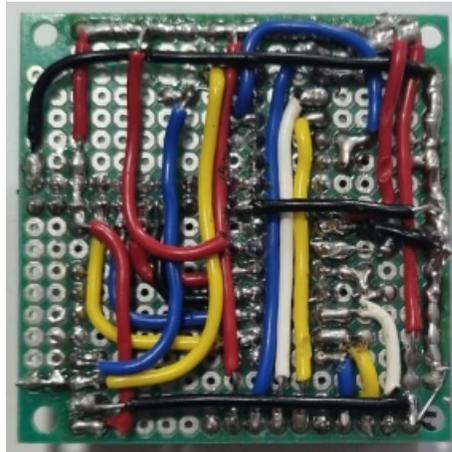
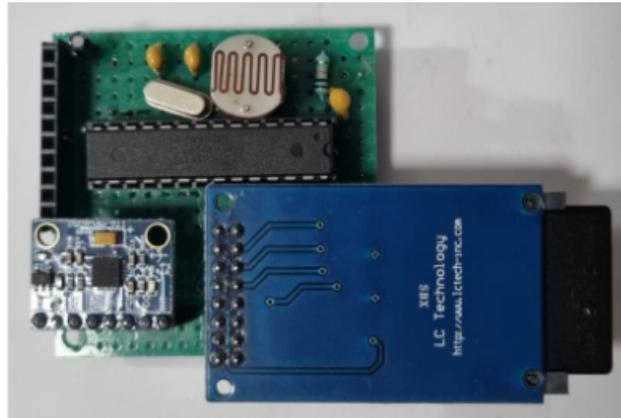


Figura 10: Tarjeta de sensores finalizada



6.7. Fabricación de placa de potencia

Para la fabricación del módulo de potencia, se tomaron los mismos pasos tomados para fabricar la placa de sensores. Inicialmente se colocaron los componentes en su posición final, como se puede observar en la Figura no. 6, Se soldó el cableado y los headers a la placa y finalmente se colocaron los componentes en sus posiciones correspondientes para verificar que no se cometieron errores en el proceso de soldadura y para realizar pruebas con las placas terminadas.

Figura 11: Cableado y soldadura de componentes de placa de potencia

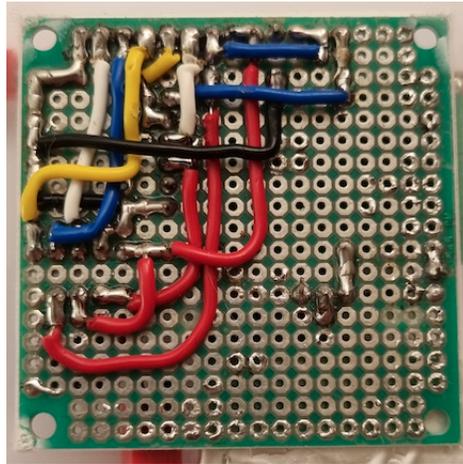
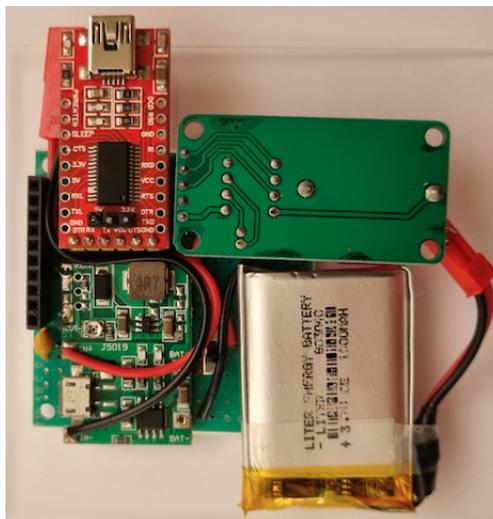


Figura 12: Componentes soldados a la placa de potencia



Figura 13: Placa de potencia finalizada



6.8. Prueba piloto

Posterior a la fabricación de las placas, se realizaron pruebas piloto con personas externas al proyecto para asegurar que los requisitos de función del juguete se hayan cumplido. Para esto se realizaron pruebas en las que se midió el tiempo demorado por 20 personas diferentes en ensamblar el juguete.

Figura 14: Prueba piloto con estudiantes de Ingeniería Mecatrónica



Figura 15: Prueba piloto con estudiantes de Ingeniería Mecánica



Figura 16: Prueba piloto con estudiantes de Ingeniería Química

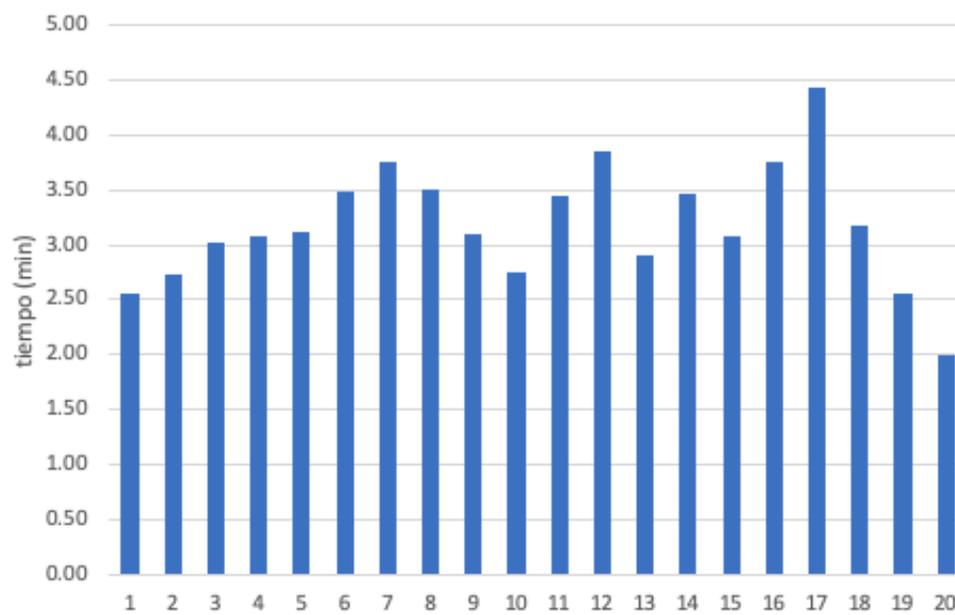


Figura 17: Prueba piloto con estudiantes de Ingeniería en Ciencias de la Administración



7.1. Prueba piloto

Figura 18: Tiempos de ensamble del módulo electrónico



7.2. Carga de batería

Figura 19: Carga de batería con celda fotovoltaica.

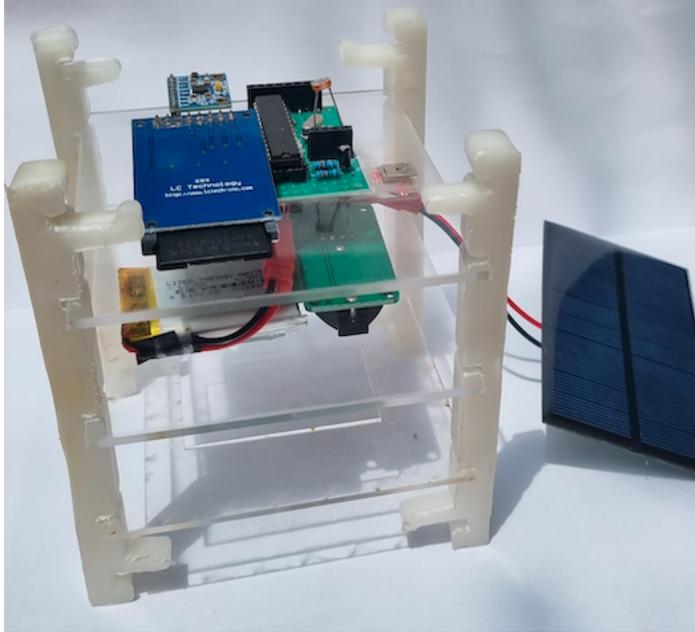
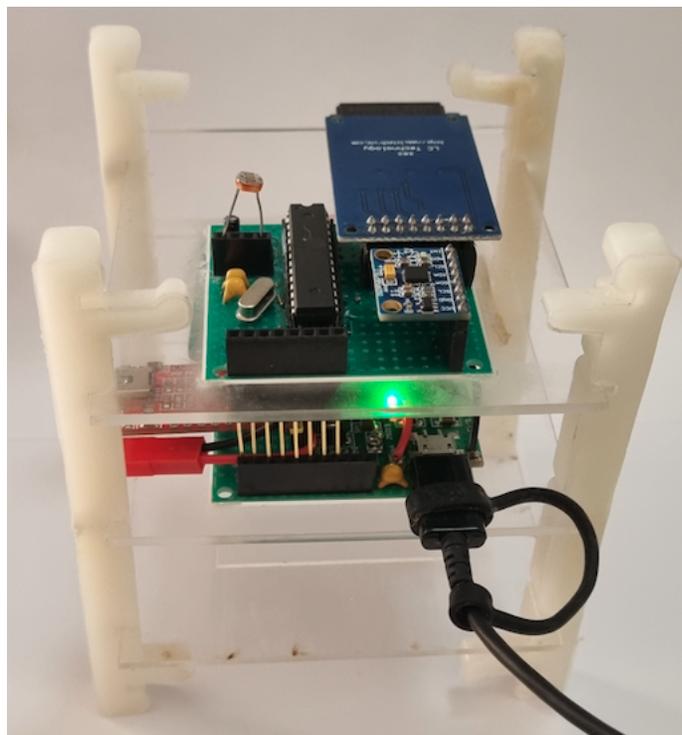
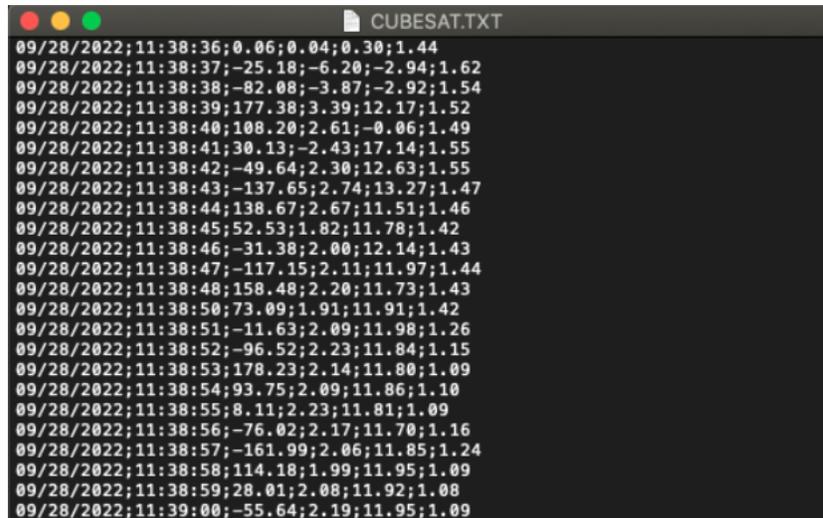


Figura 20: Carga de batería con fuente regulada.



7.3. Toma de datos

Figura 21: Presentación de datos en memoria SD.



```
CUBESAT.TXT
09/28/2022;11:38:36;0.06;0.04;0.30;1.44
09/28/2022;11:38:37;-25.18;-6.20;-2.94;1.62
09/28/2022;11:38:38;-82.08;-3.87;-2.92;1.54
09/28/2022;11:38:39;177.38;3.39;12.17;1.52
09/28/2022;11:38:40;108.20;2.61;-0.06;1.49
09/28/2022;11:38:41;30.13;-2.43;17.14;1.55
09/28/2022;11:38:42;-49.64;2.30;12.63;1.55
09/28/2022;11:38:43;-137.65;2.74;13.27;1.47
09/28/2022;11:38:44;138.67;2.67;11.51;1.46
09/28/2022;11:38:45;52.53;1.82;11.78;1.42
09/28/2022;11:38:46;-31.38;2.00;12.14;1.43
09/28/2022;11:38:47;-117.15;2.11;11.97;1.44
09/28/2022;11:38:48;158.48;2.20;11.73;1.43
09/28/2022;11:38:50;73.09;1.91;11.91;1.42
09/28/2022;11:38:51;-11.63;2.09;11.98;1.26
09/28/2022;11:38:52;-96.52;2.23;11.84;1.15
09/28/2022;11:38:53;178.23;2.14;11.80;1.09
09/28/2022;11:38:54;93.75;2.09;11.86;1.10
09/28/2022;11:38:55;8.11;2.23;11.81;1.09
09/28/2022;11:38:56;-76.02;2.17;11.70;1.16
09/28/2022;11:38:57;-161.99;2.06;11.85;1.24
09/28/2022;11:38:58;114.18;1.99;11.95;1.09
09/28/2022;11:38:59;28.01;2.08;11.92;1.08
09/28/2022;11:39:00;-55.64;2.19;11.95;1.09
```

7.4. Ensamble final

Figura 22: Placas terminadas.

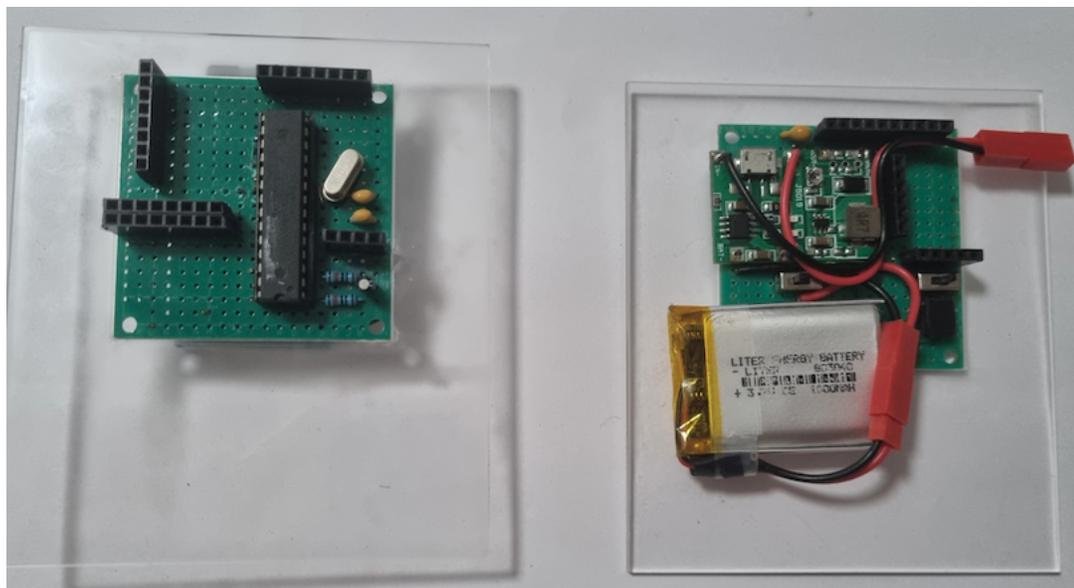


Figura 23: Placas armadas.

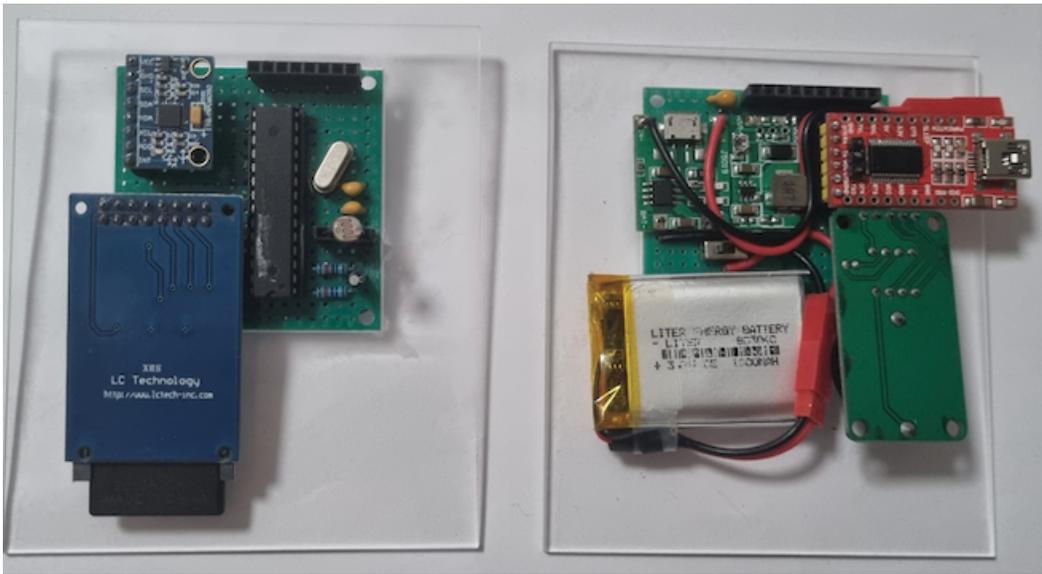
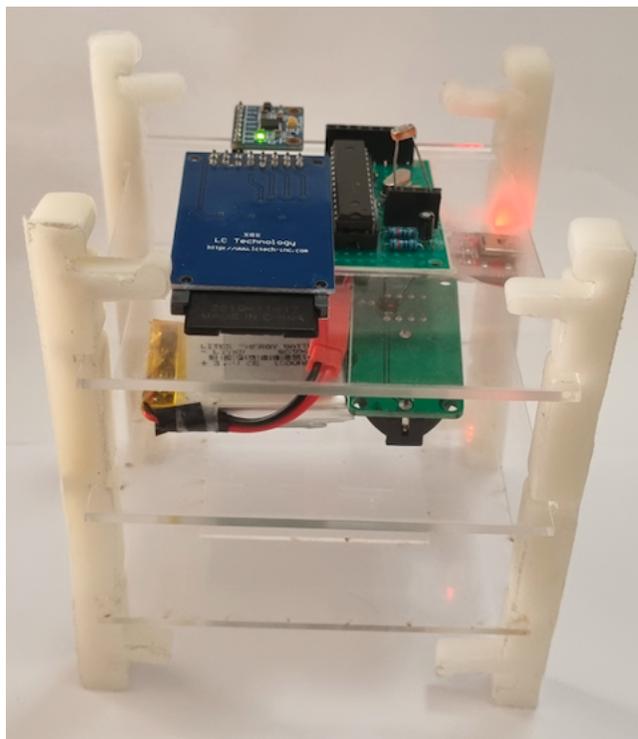


Figura 24: Ensamble final.



Por medio de las pruebas piloto realizadas a 20 personas de diferentes campos de educación, se demostró que es posible accionar el juguete por solo una persona y que el mayor tiempo demorado fue menor a 5 minutos. Estos resultados demuestran que el juguete es sencillo de armar, ya que se tomó una muestra bastante diversa, tomando personas relacionadas a campos científicos y sociales, y ninguno tuvo problemas con el ensamble o el funcionamiento del juguete.

La Figura no. 21 muestra que el juguete genera una carpeta llamada “CubeSat”, en la cual se almacenan los datos tomados en el siguiente orden: Mes;Día;Año;Hr;Min;Seg;GX;GY;GZ;V. Esto representa la fecha y hora en la cual se tomaron los datos, la orientación del juguete en ese momento y el voltaje final luego de pasar por la fotorresistencia. En el momento que se conectan las placas, el juguete inicia a tomar los datos de su ambiente y se detiene cuando se desconectan las placas o se descarga la batería del mismo.

Las placas incluyen headers fijados a ellas con estaño, los cuales permitieron que los componentes pudieran ser instalados por el usuario de manera rápida, sencilla y sin necesidad de utilizar herramientas externas al juguete. Estas placas ensambladas se unen a la base a presión mediante tecnología snap fit, donde quedan fijas para que el juguete pueda ser manipulado por el usuario sin riesgo de desarmarse. En la Figura no. 22 se pueden notar los dos interruptores que incluye la placa de potencia, los cuales están soldados a la placa con estaño para asegurar que estos no puedan ser desmontados por el usuario. En la Figura no. 23 se muestra que la placa de sensores cuenta con un giroscopio y también se puede observar en la Figura no. 21 que este envía datos correctamente para ser almacenados en la tarjeta SD. Por otro lado, el juguete tiene la capacidad ser recargado mediante una fuente de alimentación regulada y un panel solar, lo cual se demuestra en las figuras 19 y 20

Por otro lado se puede observar en la sección de anexos que el manual cuenta con las características necesarias para que el usuario pueda ensamblar el juguete sin dificultades y

aprender sobre los componentes que construyen el juguete, presentando las posiciones de los componentes a ensamblar y presentando la función de cada uno.

Conclusiones

1. Se elaboró un juguete electrónico capaz de medir su orientación, la intensidad de luz a la que está sometido, la fecha y hora de la medición y es capaz de almacenar la información en una tarjeta SD.
2. Se diseñó y fabricó un sistema capaz de recargar la batería del juguete mediante un panel solar o una fuente regulada.
3. Se generó un manual de ensamblaje y funcionamiento para que el juguete fuera armado y utilizado por un usuario externo al proyecto.

CAPÍTULO 10

Recomendaciones

- Para una continuación del proyecto presentado, se recomienda diseñar placas integradas tomando en cuenta el circuito diseñado y las imágenes presentadas en el manual de ensamblaje.
- Se recomienda también diseñar actividades didácticas para utilizar el juguete en un ámbito educativo.

- Agency, A. (2018). Una cuarta parte de los graduados universitarios en Alemania son ingenieros [publisher: Anadolu Agency]. <https://www.aa.com.tr/es/mundo/una-cuarta-parte-de-los-graduados-universitarios-en-alemania-son-ingenieros/1237836>
- Arduino. (2018). What is Arduino? [publisher: Arduino]. <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>
- Board., N. S. (2018). Ciencia & Engineering Indicators 2018 [publisher: National Science Board.]. <https://nsf.gov/statistics/2018/nsb20181/report/sections/higher-education-in-science-and-engineering/undergraduate-education-enrollment-and-degrees-in-the-united-states>
- Chin, J. (2017). *Basic Concepts and Processes for First-Time CubeSat Developers*. National Aeronautics; Space Administration. https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/nasa_csl_i_cubesat_101_508.pdf
- CubeSatShop. (2020). Products [publisher: CubeSatShop]. <https://www.cubesatshop.com/products/>
- de Guatemala, U. S. C. (s.f.). *Informe Estadístico Estudiantil 2019* (inf. téc.).
- del Valle de Guatemala, U. (2019). Cubesat [publisher: Universidad del Valle de Guatemala]. <https://www.uvg.edu.gt/cubesat/>
- Elenco Electronis. (2021). Snap Circuits. Makeblock%20Education
- Illuminati, C. (2015). *The New Dad Dictionary: Everything He Really Needs to Know - from A to Z* [original-date: 2015]. Adams Media. https://books.google.es/books?id=AHfrDQAAQBAJ&pg=PA195&dq=educational+toys+definition&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjIpu_ImczvAhVLD2MBHe-0BPsQ6AEwAnoECAYQAg#v=onepage&q=educational%20toys%20definition&f=false
- Laboratory, C. P. C. (2020). Suppliers [publisher: Cal Poly Cubesat Laboratory]. <https://www.cubesat.org/suppliers>
- Makeblock Education. (2021). mBot Explorer Kit. <https://education.makeblock.com/mbot-explorer-kit/%5C%7D>
- Paula Lopez. (2018). Aprendizaje a través del juego. <https://www.unicef.org/sites/default/files/2019-01/UNICEF-Lego-Foundation-Aprendizaje-a-traves-del-juego.pdf>

- Silió, E. (2019). La revolución 4.0 peligra: los estudiantes de ingeniería caen un 30 % en 20 años. *El País*. https://elpais.com/sociedad/2019/12/17/actualidad/1576612459_205974.html
- Sphero. (2021). littleBits. <https://sphero.com/pages/littlebits%5C%7D>
- Universidad del Valle de Guatemala. (2020). Cubesat [publisher: Universidad del Valle de Guatemala]. <https://www.uvg.edu.gt/cubesat/>
- U.S. Consumer Product Safety Commission. (s.f.). The Dangers of Electric Toys. <https://www.cpsc.gov/s3fs-public/287.pdf>

CAPÍTULO 12

Anexos

Manual de usuario juguete CubeSat

¿Qué es un Cubesat?

La creación del CubeSat inició en 1999 entre Jordi Puig-Sauri y Bob Twiggs, dos profesores universitarios de California Polytechnic State University (Cal Poly) y Stanford University 's Space Systems Development Laboratory (SSDL). La intención del proyecto era hacer asequible el espacio para la comunidad de ciencia universitaria, gracias al proyecto las varias universidades grandes o pequeñas tienen programas aeroespaciales y ha llegado hasta colegios en los Estados Unidos. Agregado a instituciones de educación, gobiernos, y grupos comerciales han desarrollado Cubesats por todo el mundo, debido a que ellos han visto el potencial de los mini satélites en reducir costos y en materiales y en investigación y desarrollo.

Los CubeSat son nanosatélites programados para realizar una misión específica. Un satélite pequeño es generalmente considerado como un satélite que tenga una masa menor a 300 Kg, pero el CubeSat se debe conformar a criterios más específicos como su tamaño, forma y peso. Estos estándares son los que ayudan a disminuir su costo ya que facilita su manufactura en serie. Estos pueden tener varios tamaños a los cuales se les refiere como "units". Cada "unit" debe tener:

- Una dimensión de 10 centímetros cúbicos.
- Un peso menor a 1 kilogramo.
- El centro de masa no debe alejarse más de 2 cm del centro geométrico

QUETZAL-1

El QUETZAL-1 fue el primer satélite Guatemalteco lanzado al espacio, el cual tuvo la misión de diseñar, construir y operar un satélite tipo CubeSat para probar el prototipo de un sensor multiespectral, abriendo el campo de ciencias y tecnología espacial en Guatemala. El proyecto se realizó con la colaboración de estudiantes, docentes, ingenieros y egresados de programas de Ingeniería UVG, con el apoyo de colaboradores locales e internacionales. (Universidad del Valle de Guatemala, 2020)

Componentes del juguete

Sensores

- Giroscopio MPU 6050
- Fotorresistencia
- Reloj RTC DS1302
- Módulo SD



Componentes en las placas

- 2 Resistencias de 10K
- 1 Capacitor de 10 uF
- 2 Capacitores de 22 pF
- 1 Capacitor de 104 uF
- 1 Cristal oscilador de 16 Mhz
- 1 Microcontrolador Atmega328P



Componentes del juguete

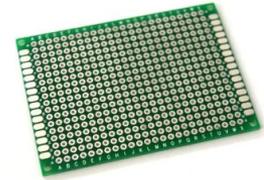
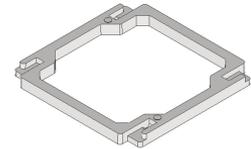
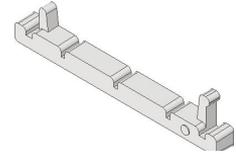
Componentes en las placas

- 1 Módulo convertidor FTDI
- 1 Batería Li-ION 1000 mAh
- 1 Módulo cargador de batería de litio + elevador de voltaje
- 2 Interruptores on/off



Componentes de estructura

- 4 Columnas
- 2 Marcos
- 3 Placas perforadas



Funciones de sensores

Giroscopio: Define la orientación del juguete mediante su ángulo en los tres ejes.

Fotorresistencia: Su funcionamiento depende directamente de la luz que recibe el sensor. Mientras más luz, menor es la resistencia. Esta simulará un sensor de sol.

Reloj RTC: Este define la hora y fecha en la que se tomaron las mediciones.

Módulo SD: Este es un banco local en el cual se almacenan las mediciones tomadas por el juguete.

Funciones de componentes

Cristal oscilador: Este es necesario para utilizar el microcontrolador Atmega328P, debido a que este se utiliza como referencia para el tiempo. El atmega requiere un cristal de 16Mhz, debido a que se tomará $1/16$ segundos en completar un periodo T.

Capacitor: Los capacitores tienen la capacidad de almacenar energía en un campo eléctrico. El mismo se utiliza en este caso para estabilizar el voltaje de la batería, de forma que el voltaje sea uniforme y no oscile.

Elevador de voltaje: Debido a que la batería empleada en el sistema es de 3.7V y los sensores requieren 5V, se necesita elevar el voltaje. El componente disminuye la corriente de la batería y por consiguiente aumenta el voltaje.

Microcontrolador: Este es un circuito integrado en el que se pueden grabar instrucciones, las cuales permiten crear programas que interactúan con los componentes en el circuito.

Resistencias: En el caso del juguete, esta se emplea en dos diferentes casos. Se utiliza para crear un divisor de voltaje para poder ponderar la resistencia ejercida por la fotorresistencia. Por otro lado se utiliza para el funcionamiento del microcontrolador.

Funciones de componentes

Módulo convertidor: Este se implementa en el juguete para poder tener comunicación con una computadora y leer/escribir datos o nuevo código

Batería de 3.7V: Este es el componente principal del módulo de potencia del juguete ya que esta tiene la función de almacenar y distribuir energía al juguete. En este caso se utiliza una batería Li-ion por su tamaño, geometría, tiempo de vida y capacidad de mantener el voltaje constante en diferentes porcentajes de carga.

Módulo de carga: Este tendrá la función de cargar la batería ya sea por medio de 5V con entrada micro-usb o por medio de paneles solares

Interruptor: Al diseñar y construir un nanosatélite, este debe tener dos kill switches por norma.

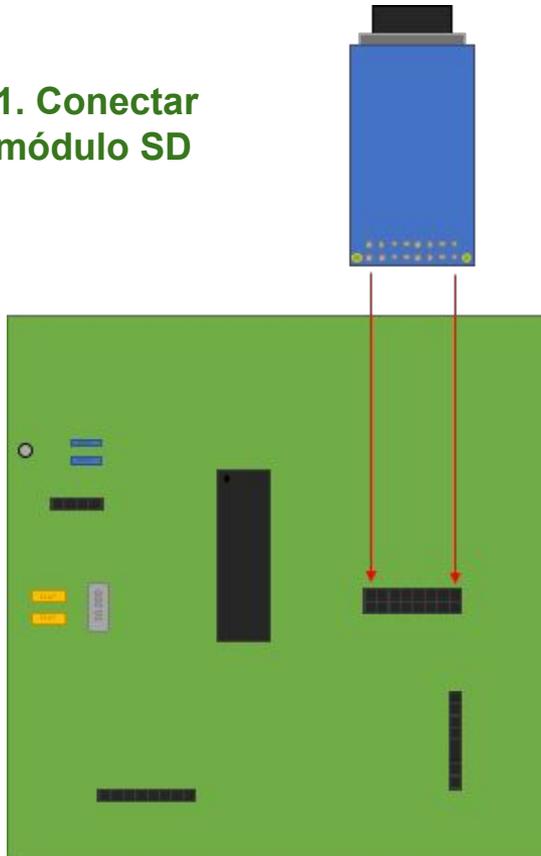
Arduino

Arduino es una plataforma electrónica de código abierto basada en hardware y software fácil de usar. Las placas Arduino pueden leer entradas y convertirlo en una salida. Puede decirle a un tablero qué hacer enviando un conjunto de instrucciones al microcontrolador en el mismo. Para hacerlo, utiliza el lenguaje de programación Arduino y el Software Arduino.

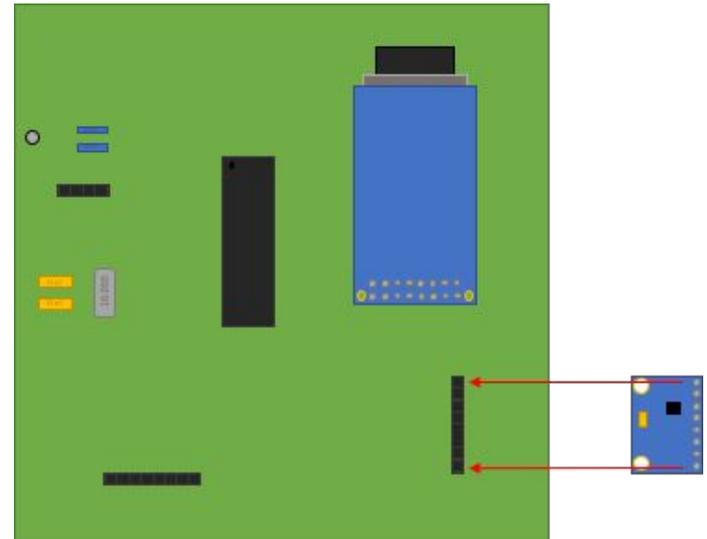
A lo largo de los años, Arduino ha sido el cerebro de miles de proyectos, desde objetos cotidianos hasta complejos instrumentos científicos como el QUETZAL-1. Una comunidad mundial de creadores se ha reunido en torno a esta plataforma de código abierto, sus contribuciones se han sumado a una increíble cantidad de conocimiento accesible que puede ser de gran ayuda tanto para principiantes como para expertos.

Ensamble del juguete

1. Conectar módulo SD

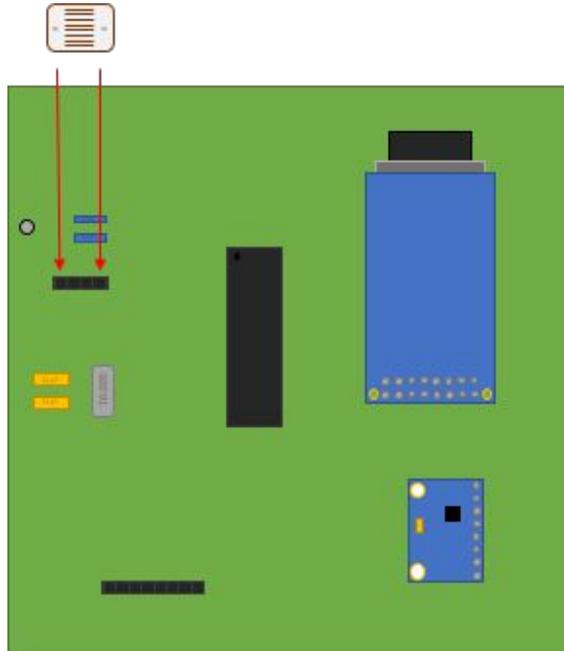


2. Conectar giroscopio

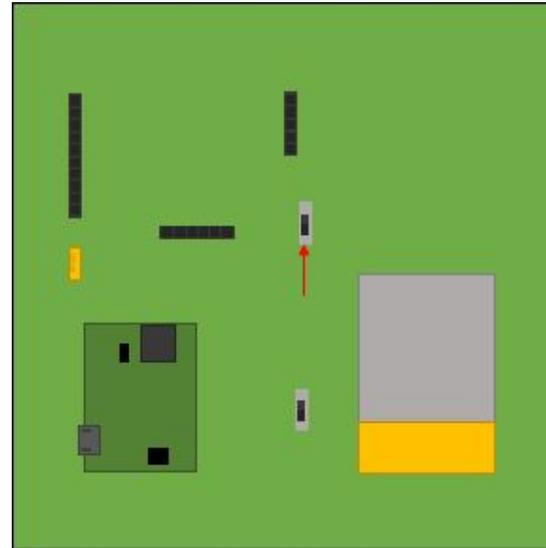


Ensamble del juguete

3. Conectar fotorresistencia

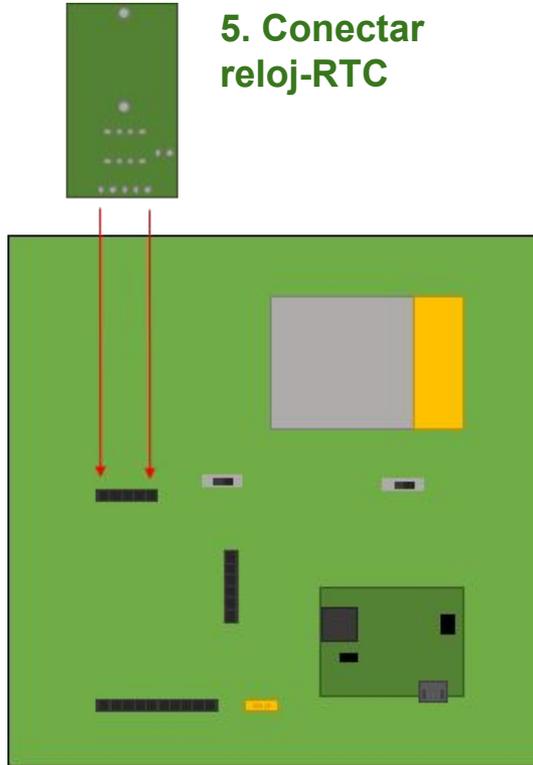


4. Conectar voltaje de batería

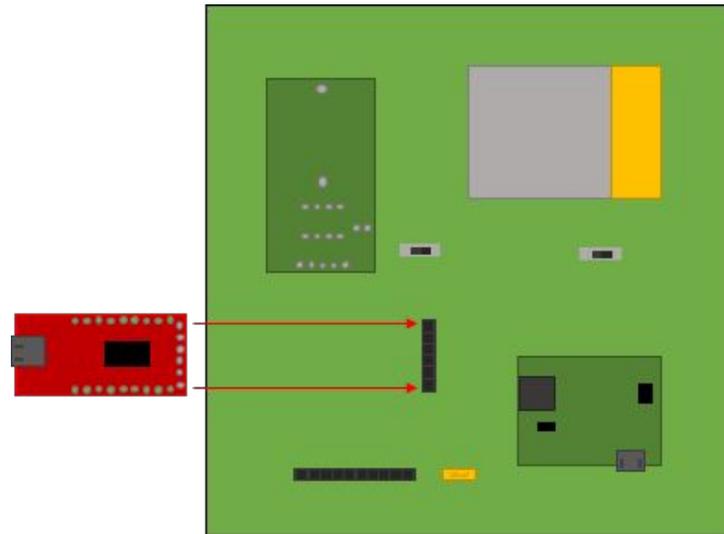


Ensamble del juguete

5. Conectar reloj-RTC

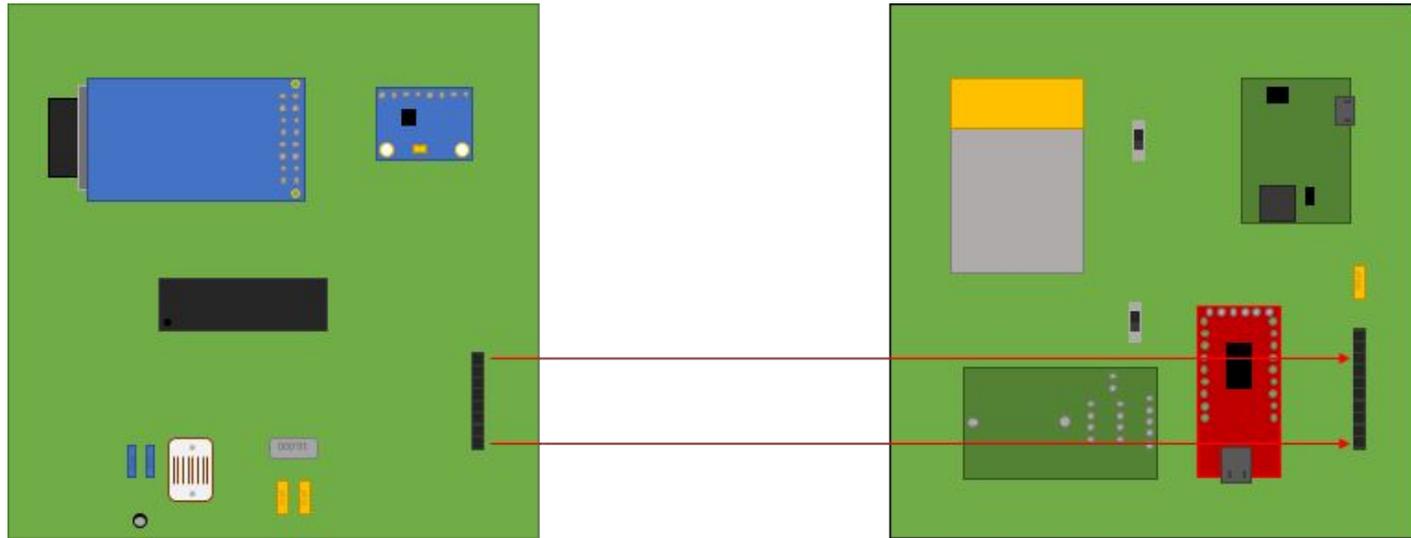


6. Conectar convertidor



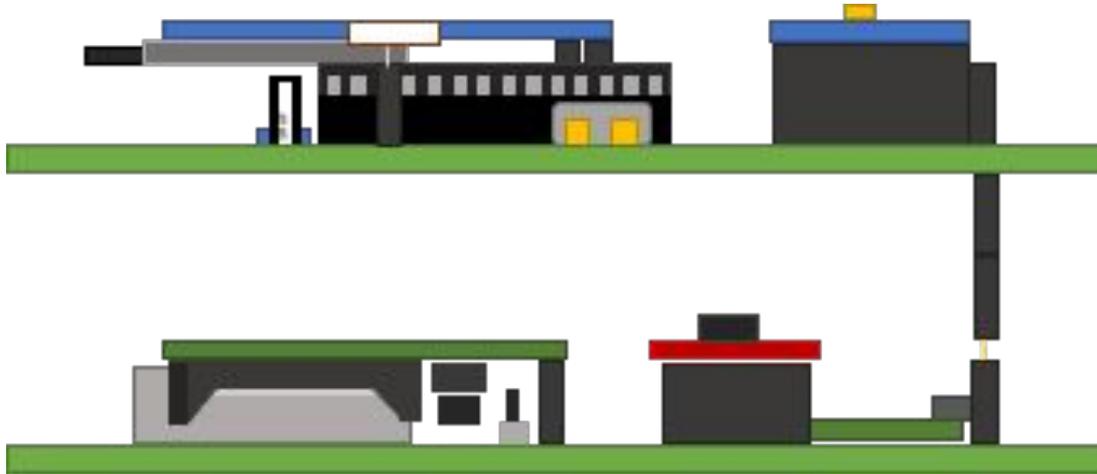
Ensamble del juguete

6. Conectar la placa de sensores a la placa de potencia.



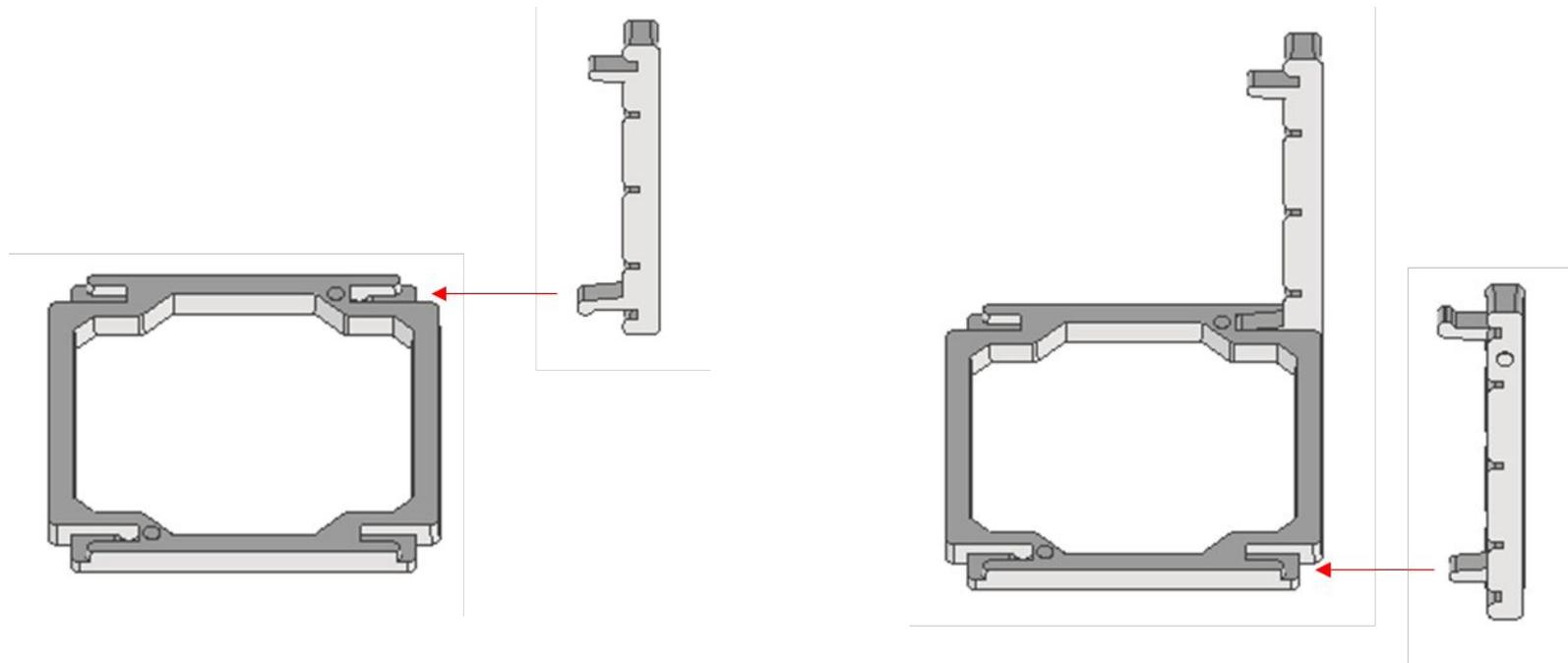
Ensamble del juguete

7 Unión de placas



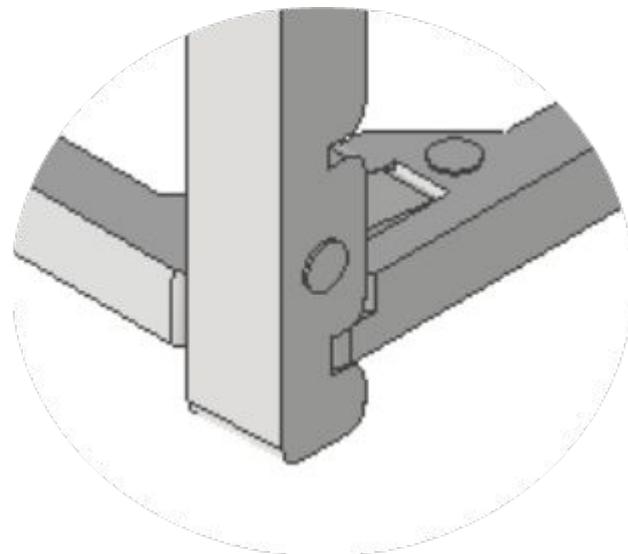
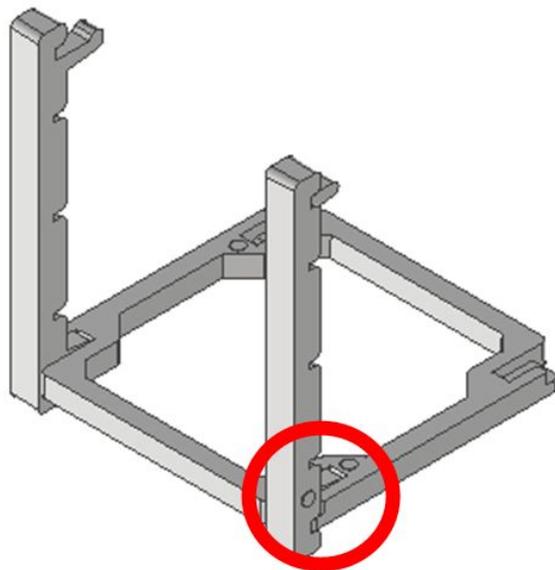
Ensamble del juguete

8



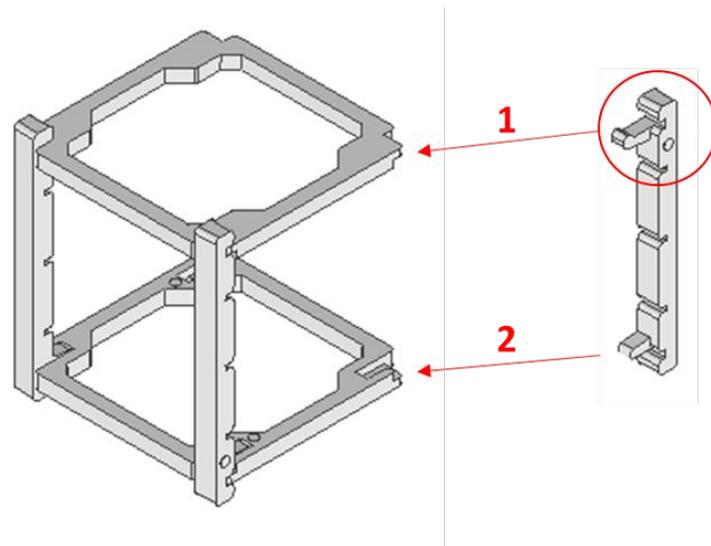
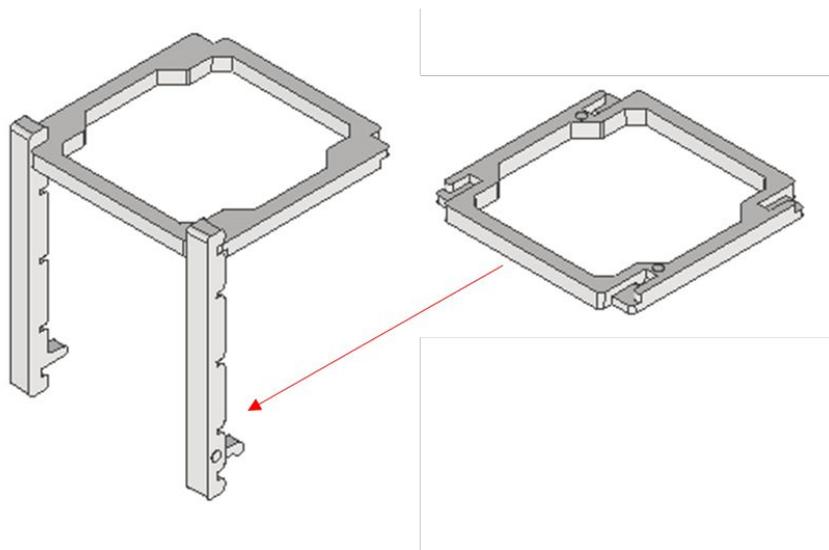
Ensamble del juguete

9



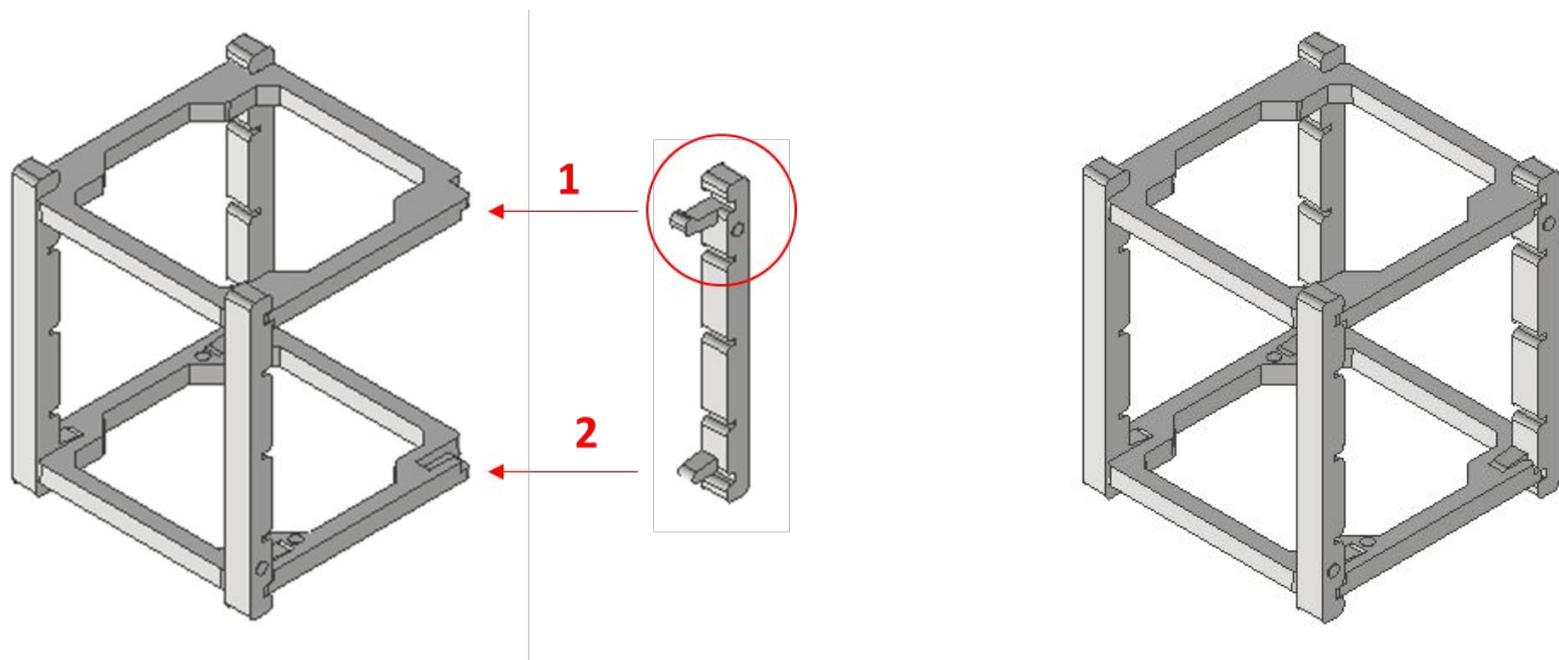
Ensamble del juguete

10



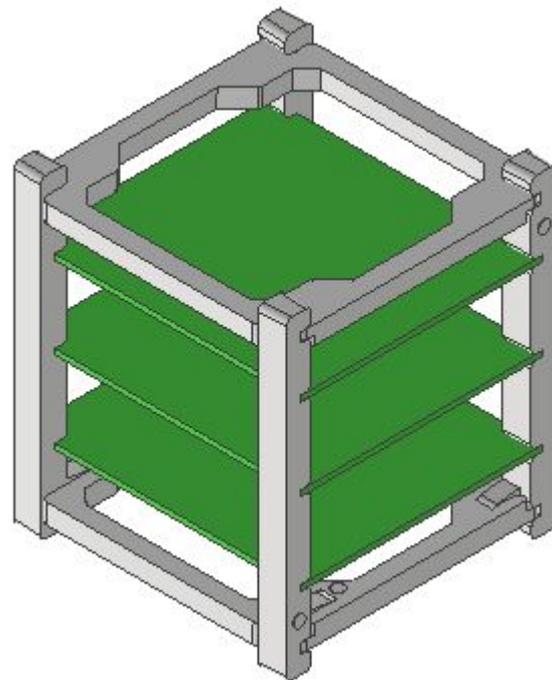
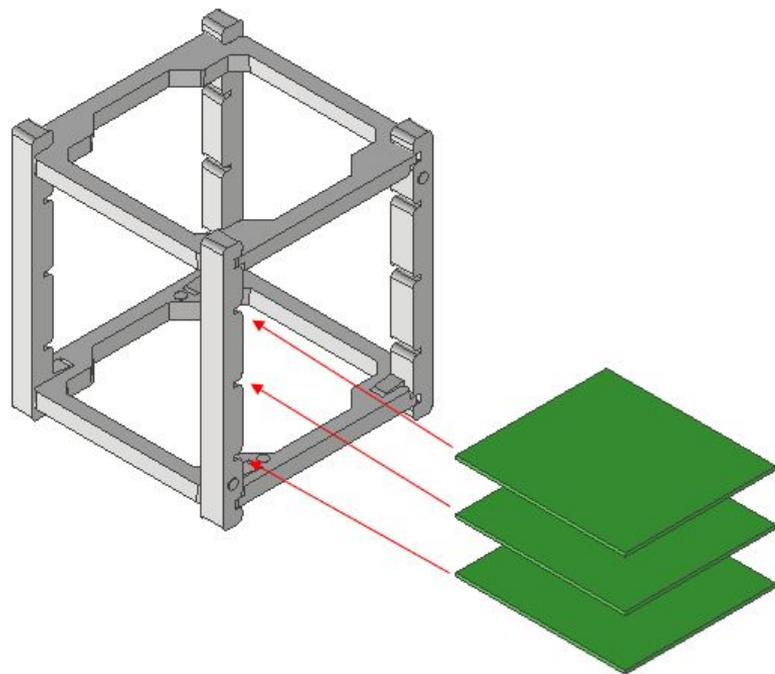
Ensamble del juguete

11



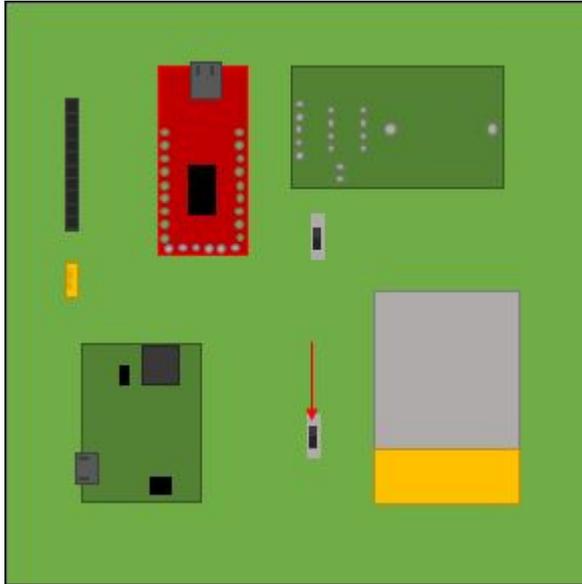
Ensamble del juguete

12

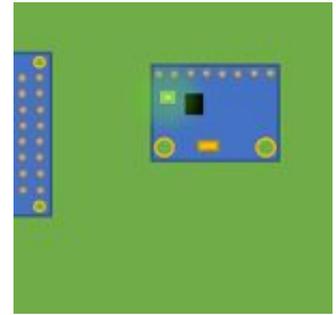
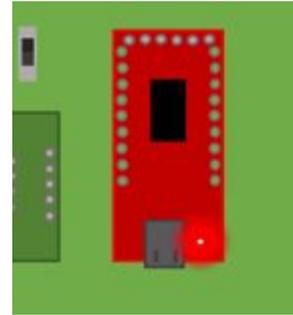


Toma de datos

1. Conectar batería.

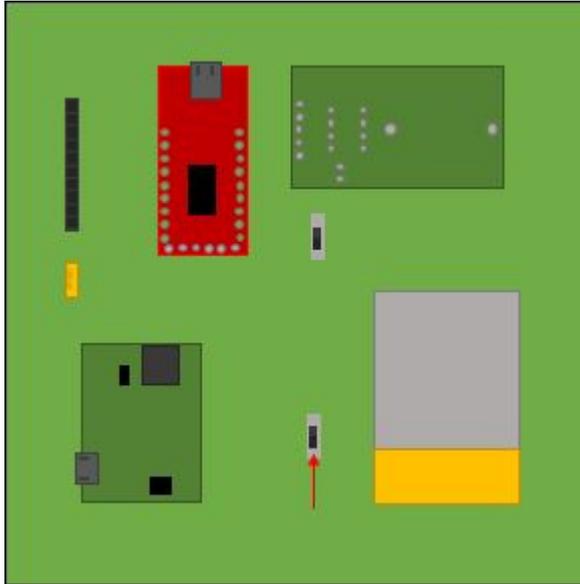


2. Verificar que enciendan las dos luces.

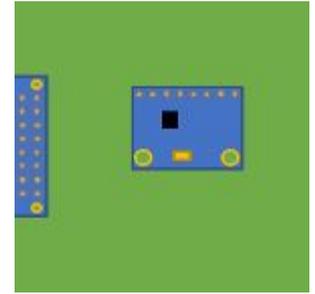
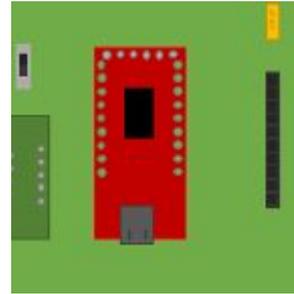


Toma de datos

3. Luego de tomar los datos, desconectar la batería.

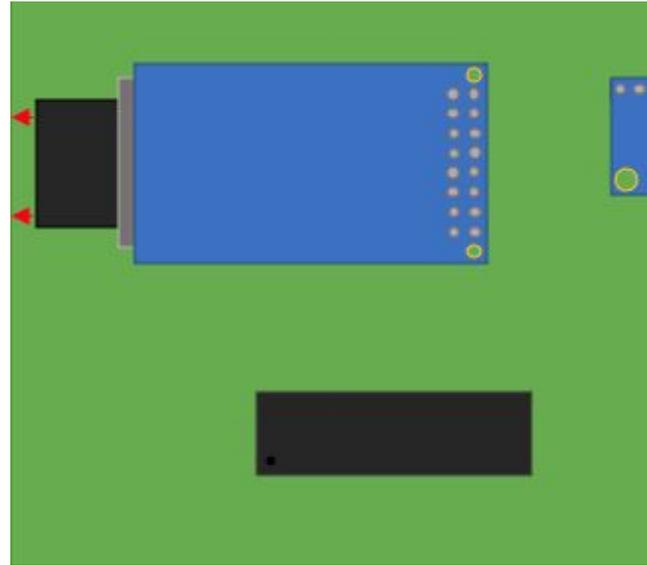
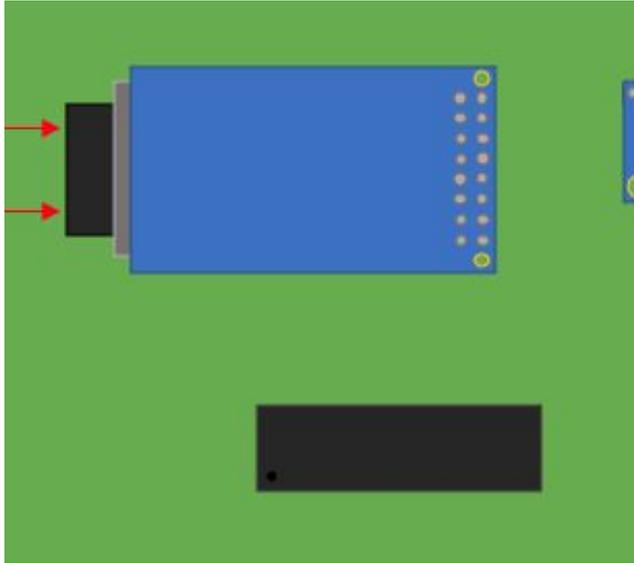


4. Verificar que se apaguen las dos luces.



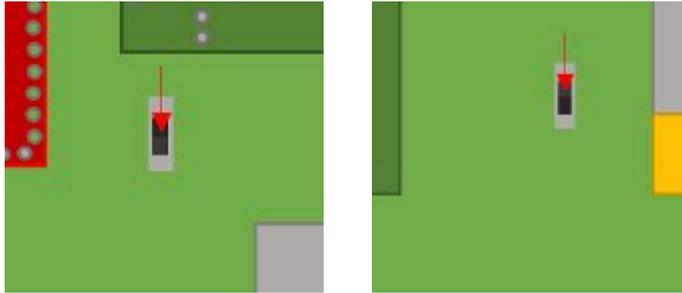
Toma de datos

5. Remover tarjeta SD y conectar a la computadora.

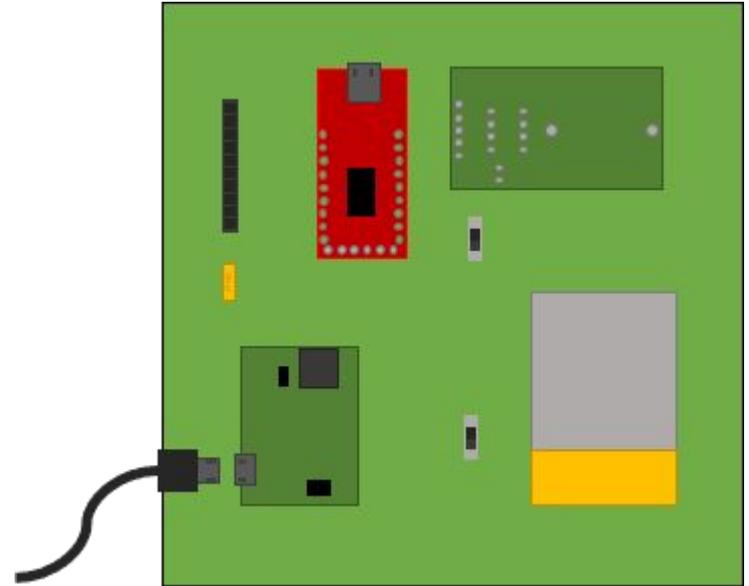


Carga de batería

1 - 2. Conectar voltaje de convertidor y conectar batería.

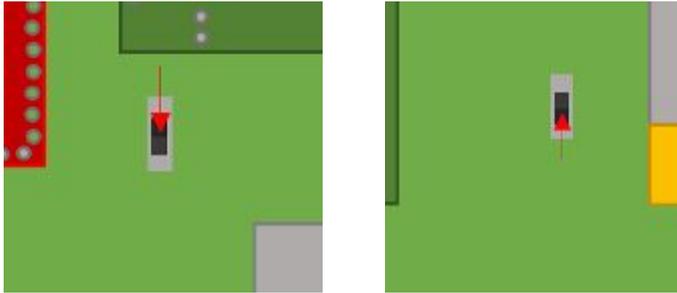


3. Conectar a fuente de 5V por medio de cable micro-USB o conectar a celda fotovoltaica



Conexión a computadora

1 - 2. Conectar voltaje de convertidor y desconectar batería.



3. Conectar a la computadora por medio de cable mini-USB .

