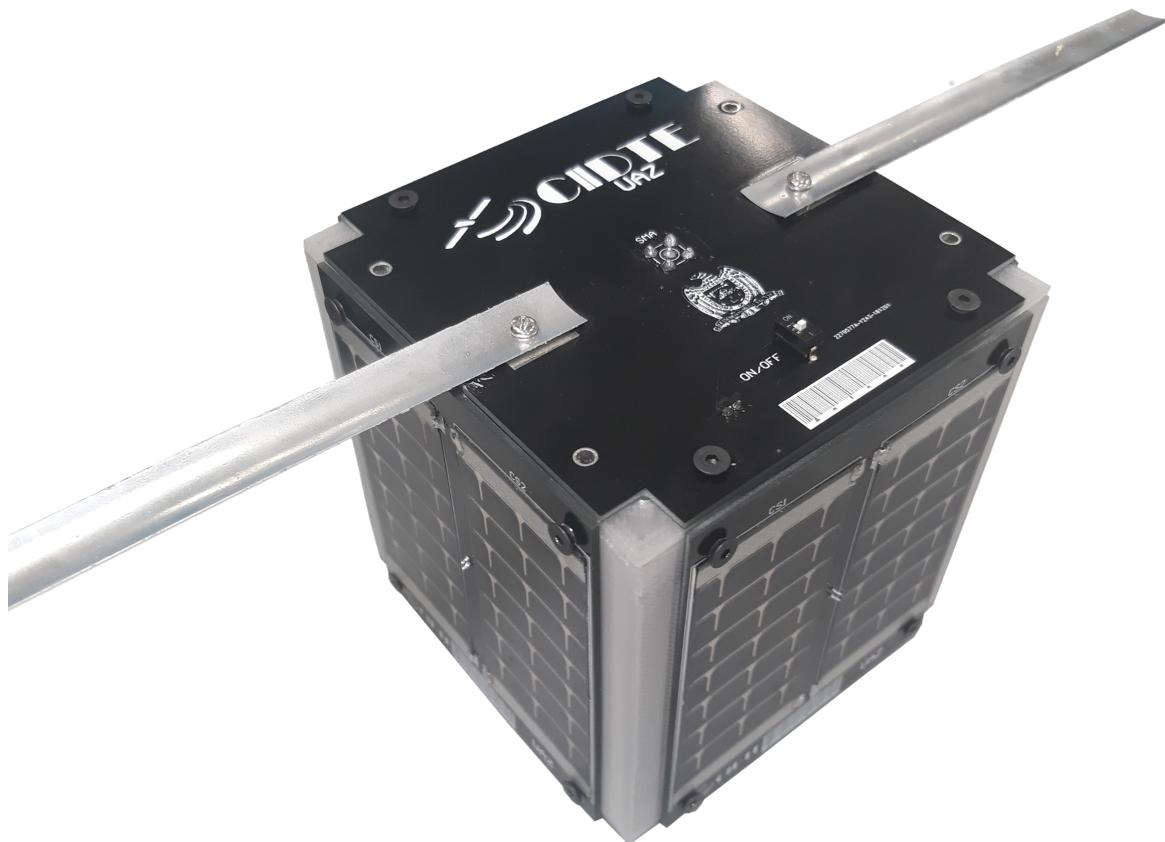


CuboZat v1.0

Manual de Usuario

Febrero de 2019



Contenido

1. Introducción	1
1.1. Alcance y propósitos	1
1.2. Visión general	2
2. Descripción y configuración de hardware	3
2.1. CuboZat v1.0	3
2.1.1. Etapa de potencia	5
2.1.2. Etapa de computadora a bordo	6
2.1.3. Etapa de carga útil	7
2.1.4. Etapa de comunicaciones	7
2.1.5. Antena y encendido	9
2.2. Estación terrena	10
2.2.1. USB a UART TTL-234X-5V	12
3. Escenario de pruebas	13
3.1. Programación de la computadora a bordo	13
3.2. Configuración del radio	17
3.3. Evaluación general	23
3.4. Post-procesamiento	26

INTRODUCCIÓN

1. Introducción

El proyecto CubeSat comenzó en 1999 con la colaboración del profesor Jordi Puig-Suari de la Universidad Politécnica del Estado de California (Cal Poly) y el profesor Bob Twiggs del Laboratorio de Desarrollo de Sistemas Espaciales de la Universidad de Standford (SSDL). Este proyecto tenía como propósito incitar a las universidades a comenzar en el desarrollo espacial. Gracias a esto, hoy en día muchas universidades del mundo constan de un programa espacial e incluso existen preparatorias y secundarias con programas CubeSat.

El proyecto CubeSat proporcionó un estándar para el diseño de picosatélites y nanosatélites que permite reducir costos y tiempos de desarrollo, incrementar accesibilidad hacia el espacio y mantener lanzamientos frecuentes.

Un satélite es considerado pequeño cuando su peso total no supera los 300 kg. Sin embargo, los CubeSats deben cumplir con otros criterios de control en cuanto a su tamaño, forma y peso. Los aspectos estandarizados de los CubeSats hacen posible que las empresas puedan producir componentes en masa listos para usarse. Ésto, más la forma y tamaño estandarizados, reducen costos en términos de producción, transporte y lanzamiento hacia el espacio.

Los CubeSats se pueden encontrar en varias medidas, todos basados en el estándar "unit", abreviado como 1U (1 Unidad). Un CubeSat 1U es un cubo de 10 cm por lado con un peso aproximado de entre 1 kg y 1.33 kg. Desde su primer desarrollo los CubeSats han presentado diversas dimensiones, pudiendo encontrar en la actualidad estándares como 1.5U, 2U, 3U y 6U.

El CuboZat_v1 es un satélite pequeño diseñado y construido en el Centro de Investigación, Innovación y Desarrollo en Telecomunicaciones (CIDTE) en la ciudad de Zacatecas, México, en el año 2018. El CuboZat v1.0 entra en la categoría de picosatélite y cumple con el estándar CubeSat.

1.1. Alcance y propósitos

Los propósitos principales del CuboZat v1.0 son educativos, diseñado para brindar conocimientos básicos sobre el funcionamiento y operación de picosatélites que cumplen con el estándar CubeSat.

El CuboZat v1.0 está diseñado de una forma simple pero eficaz, conteniendo todos los subsistemas principales en un satélite artificial, lo cual permite a los usuarios entender de una forma sencilla la estructura de cualquier satélite. Los componentes utilizados en el CuboZat v1.0 son de una excelente calidad, lo que asegura el alto rendimiento del mismo.

El software dentro del CuboZat v1.0 es simple, implementado en un lenguaje de programación basado en C++ que permite al usuario además de entenderlo fácilmente, la posibilidad de modificarlo para propósitos específicos.

INTRODUCCIÓN

1.2. Visión general

El CuboZat v1.0 tiene la capacidad de leer e interpretar las lecturas de los sensores de acelerómetro, magnetómetro y giróscopo de 3 ejes contenidos en la tarjeta *LSM9DS1 9-DOF* de Adafruit, guardarlas en una tarjeta MicroSD y mandarlas a través del módulo inalámbrico E32-TTL-1W (433T30D) hacia una estación terrena.

Para realizar de manera correcta todas las tareas incluidas en esta plataforma, es necesario contar con el kit completo del CuboZat v1.0, el cual está conformado por los siguientes elementos:

1. Circuitos Impresos del CuboZat v1.0
 - Etapa de potencia
 - Etapa de computadora a bordo
 - Etapa de carga útil
 - Etapa de comunicaciones
 - Bus de comunicaciones
 - 3 Placas laterales con celdas solares
2. Estructura del CuboZat v1.0
 - 4 Postes
 - 2 Bases
 - 40 Tornillos M3
 - 2 Espaciadores 20mm M3 M-H
 - 6 Espaciadores 15mm M3 M-H
 - 2 Espaciadores 10mm M3 M-H
3. Batería 1 Tenergy Li-Ion 18650
4. Antena tipo dipolo
5. Cable mini USB
6. Software arduino IDE
7. Software MATLAB
8. Códigos del CuboZat v1.0
 - Código de Arduino *CZv1.0_SW_BAMG_v6.0.ino*
 - Código de Arduino *CZv1.0_SW_VCS_v2.0.ino*
 - Código de MATLAB *CZv1.0_SWLectura_BAMG_v1.0.m*
 - Código de MATLAB *CZv1.0_SWLectura_VCS_v1.0.m*

2. Descripción y configuración de hardware

Para interactuar con el CuboZat v1.0 se tiene que tener en cuenta una serie de parámetros definidos en el presente apartado. Es muy importante conocer las diversas configuraciones de programación de la computadora a bordo y del radio incluidos en el CuboZat v1.0 para su correcto funcionamiento.

A continuación se detallan las diversas configuraciones por etapa que un usuario puede poner en práctica para interactuar con el satélite.

Nota: Se recomienda que para cualquier configuración a realizar, el CuboZat v1.0 se encuentre desactivado con el interruptor general (ON/OFF) apagado.

2.1. CuboZat v1.0

El CuboZat v1.0 es un satélite pequeño reconfigurable, diseñado para que el usuario pueda interactuar con las distintas funciones disponibles de manera sencilla. En la Figura 2.1 se observa el CuboZat v1.0 totalmente armado y listo para ponerse en funcionamiento.



Figura 2.1. CuboZat v1.0.

Para reconfigurar el CuboZat v1.0 no es necesario desmontar el mismo totalmente, sólo se tiene que remover la placa lateral que se encuentra debajo del código de barras ubicado en la tapa superior, tal como se muestra en la Figura 2.2.

DESCRIPCIÓN Y CONFIGURACIÓN DE HARDWARE

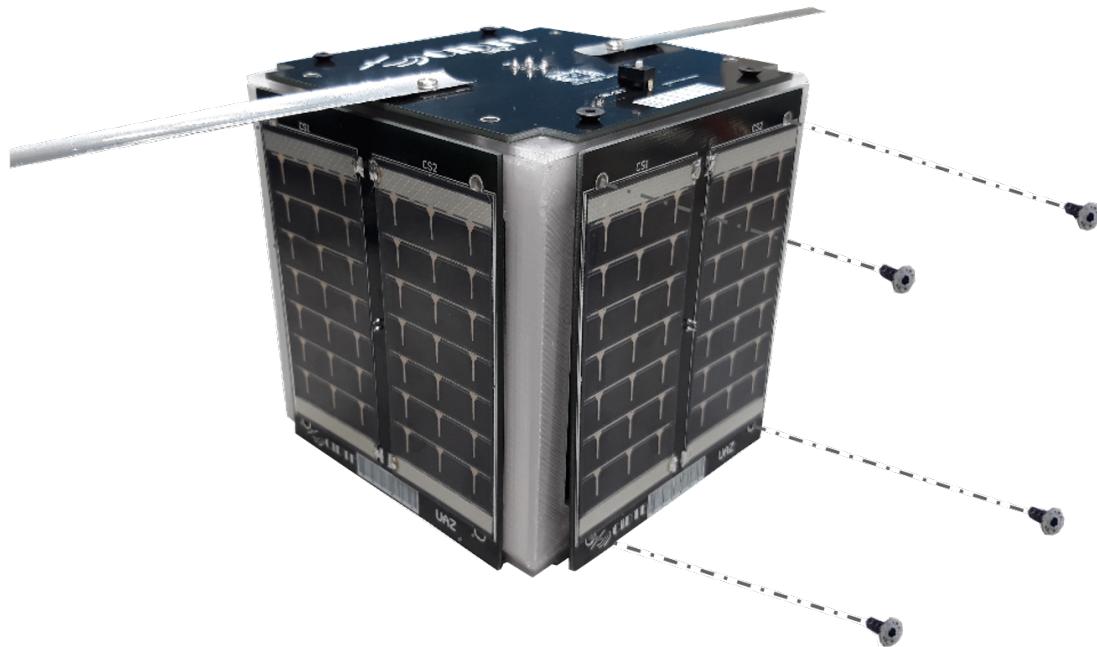


Figura 2.2. Desmontado de placa lateral central del CuboZat v1.0.

Una vez que dicha placa lateral es removida quedan al descubierto las diferentes etapas del CuboZat v1.0 para que el usuario pueda interactuar con cada una de las interfaces disponibles. En la Figura 2.3 se observa el CuboZat con la mencionada cara lateral al descubierto.

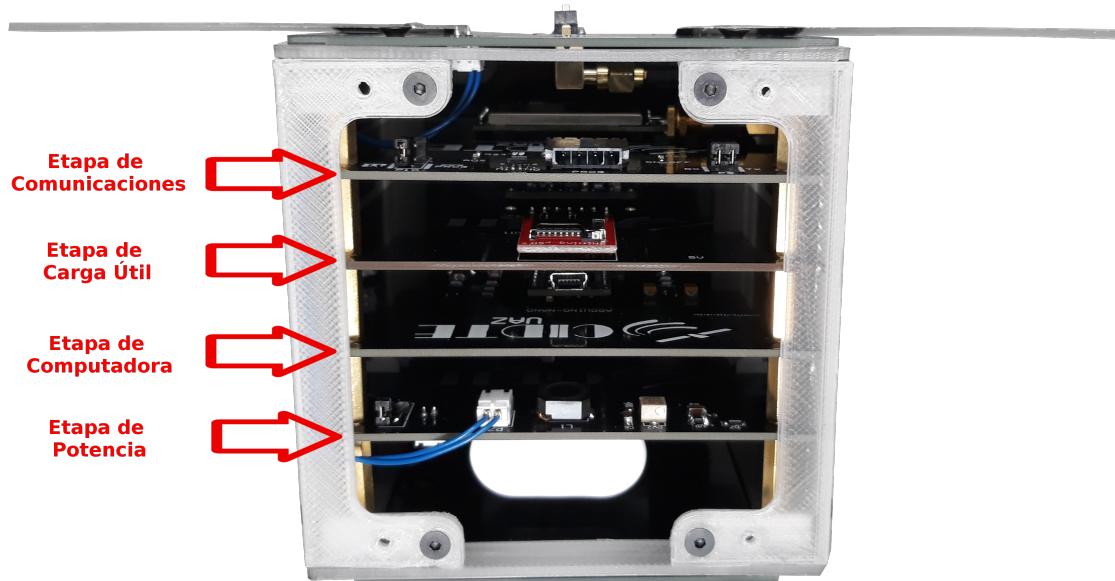


Figura 2.3. Vista frontal del CuboZat v1.0.

DESCRIPCIÓN Y CONFIGURACIÓN DE HARDWARE

Es importante ubicar los 3 espacios para *jumpers* ubicados en 3 de las esquinas de la vista frontal del CuboZat v1.0, ya que estos proporcionarán los diversos modos de configuración del mismo. En la Figura 2.4 se encuentran encerrados en círculos las posiciones de los *jumpers* de configuración.

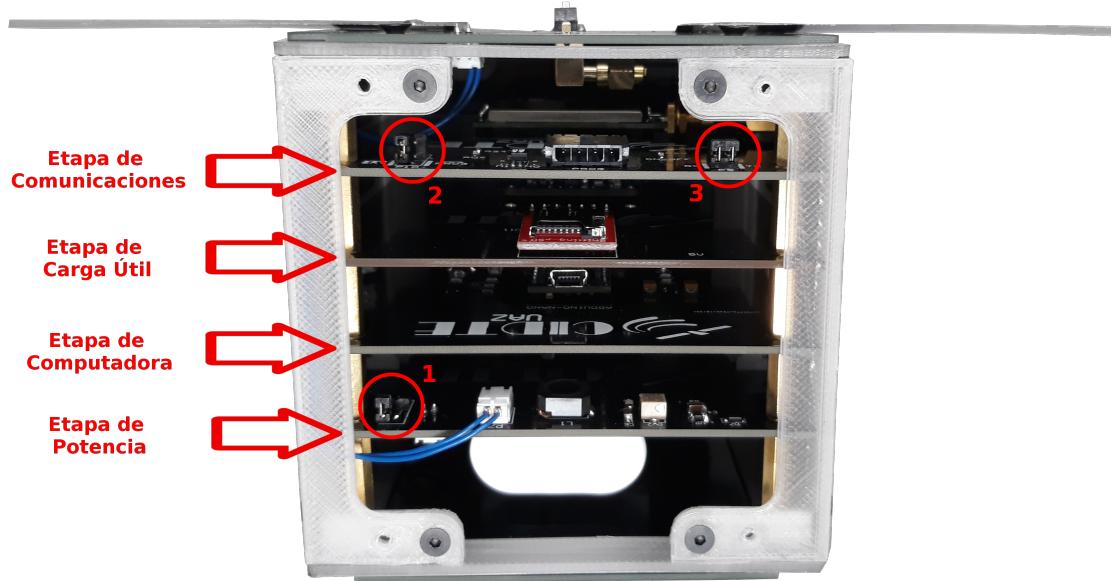


Figura 2.4. Vista frontal del CuboZat v1.0.

2.1.1. Etapa de potencia

En esta etapa el usuario es capaz de habilitar y deshabilitar la batería Tenergy Li-Ion 18650 que da energía a todo el sistema. Para esto se hace uso del *jumper 1 (P8)* de dos posiciones ubicado en orilla izquierda de esta etapa. En la Figura 2.5 se puede apreciar el *jumper 1 (P8)* encerrado en un círculo.

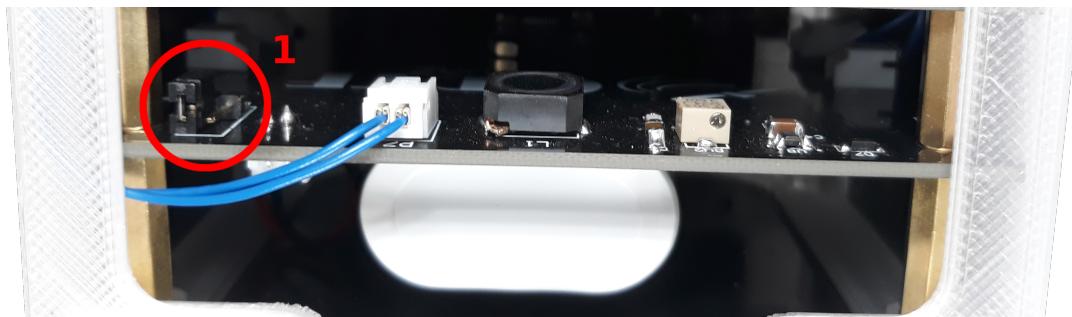


Figura 2.5. Vista lateral de la etapa de potencia del CuboZat v1.0.

DESCRIPCIÓN Y CONFIGURACIÓN DE HARDWARE

Cuando el *jumper 1 (P8)* se encuentra colocado de manera horizontal, se habilita la batería para el sistema. Por el contrario, si éste no se encuentra colocado la batería se deshabilita.

Nota: Se recomienda que cuando no se haga uso del CuboZat v1.0, el jumper 1 sea colocado de manera vertical en uno de los pines tal y como se muestra en la Figura 2.5

2.1.2. Etapa de computadora a bordo

El usuario puede interactuar con esta etapa para programar el CuboZat v1.0, para esto se hace uso del puerto mini USB del Arduino Nano mostrado en la Figura 2.7, mediante un cable USB-A a USB Mini-B mostrado en la Figura 2.6.



Figura 2.6. Cable mini USB.

Una vez conectado el cable mini USB se procede a conectar el otro extremo del cable a una computadora de propósito general para a continuación abrir el software Arduino IDE y proceder con la programación del CuboZat v1.0 descrita en el Apartado 3.1.

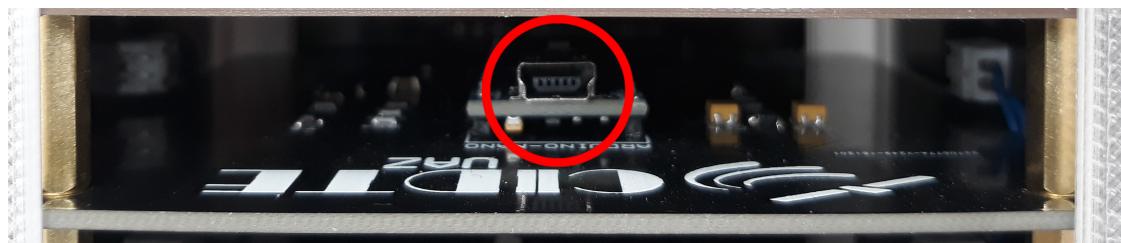


Figura 2.7. Vista frontal de la etapa de computadora a bordo del CuboZat v1.0.

Es muy importante mencionar que para poder programar exitosamente la computadora, **los 3 jumpers de configuración mostrados en la Figura 2.4 NO deben estar conectados al momento de la programación.**

2.1.3. Etapa de carga útil

En la etapa de carga útil el usuario se tiene que asegurar que antes de poner en funcionamiento el CuboZat v1.0, éste tenga la memoria *Micro SD* conectada en la ranura que se muestra en la Figura 2.8.

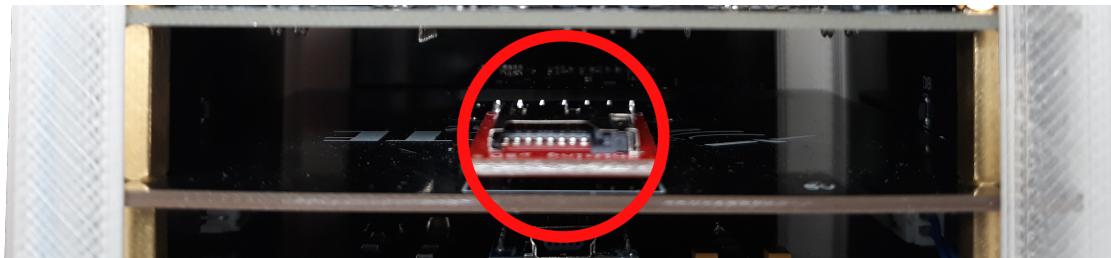


Figura 2.8. Vista frontal de la etapa de carga útil del CuboZat v1.0.

De no ser insertada la memoria *Micro SD*, el software del CuboZat v1.0 no podrá inicializar el módulo *Level Shifting microSD Breakout* y no podrá realizar ninguna función.

2.1.4. Etapa de comunicaciones

La etapa de comunicaciones cuenta con los *jumpers* 2 (P10) y 3 (P9) tal como se muestra en la Figura 2.4. A continuación se describe la funcionalidad de cada uno de ellos.

Jumper 2 (P10)

El jumper 2 (P10) mostrado en la Figura 2.9, conecta de manera vertical los pines de la izquierda o derecha y tiene la función de intercambiar el modo de alimentación del radio.

Para que el radio sea **alimentado por la etapa de potencia del CuboZat v1.0**, el jumper 2 (P10) debe estar conectado **verticalmente** en los pines del lado izquierdo (**SAT**). Esta es la manera en que el jumper 2 (P10) debe conectarse para la operación normal del CuboZat v1.0 (**Modalidad Misión**).

Para que el radio sea **alimentado desde el puerto de programación**, el jumper 2 (P10) debe estar conectado **verticalmente** en los pines del lado derecho (**PROG**). Esta es la manera en que el jumper 2 (P10) debe conectarse para realizar la **configuración y programación de los parámetros del radio**.

DESCRIPCIÓN Y CONFIGURACIÓN DE HARDWARE



Figura 2.9. Vista frontal de la etapa de comunicaciones del CuboZat v1.0.

Jumper 3 (P9)

El jumper 3 (P9) mostrado en la Figura 2.10 es un jumper de cuatro pines que tiene la funcionalidad de activar o desactivar la comunicación del radio con la computadora a bordo.

Para que el radio **reciba los datos de los sensores procesados por la computadora a bordo y pueda transmitirlos hacia la estación terrena**, el jumper 3 (P9) de cuatro posiciones debe estar **colocado**. Esta es la manera en que el jumper 3 (P9) debe conectarse para la operación normal del CuboZat v1.0 (**Modalidad Misión**).

Para que **el radio pueda ser configurado y programado**, el jumper 3 (P9) **NO** debe estar **colocado** en su posición. De esta manera, las líneas de comunicación (RX y TX) entre la computadora y el radio no se interfieren entre sí en el momento de su respectiva programación.



Figura 2.10. Vista lateral de la etapa de comunicaciones del CuboZat v1.0.

Interruptor DIP

Por último, esta etapa incorpora un interruptor tipo DIP de dos posiciones (M1 y M0) con el cual se selecciona el modo de operación del radio. En la siguiente tabla se muestran los 4 modos que pueden ser seleccionados.

DESCRIPCIÓN Y CONFIGURACIÓN DE HARDWARE

Modo	Operación	M1	M0	Descripción
0	Normal	0	0	El radio puede transmitir y recibir información de manera inalámbrica.
1	WU	0	1	"Wake-Up", cuando el radio transmite información añade un preámbulo con el cual podrá "despertar" a un radio receptor.
2	WOR	1	0	"Wake on Radio", el radio receptor sólo "despierta" cuando detecta un paquete de transmisión.
3	Configuración y programación	1	1	Configuración de parámetros y programación del radio a través de la interfaz UART.

Figura 2.11. Modos de operación del radio.

Como se puede observar de la tabla anterior, el modo que se utiliza para poner en operación normal (*Modalidad Misión*) al CuboZat v1.0 y que éste transmita la información hacia la estación terrena de manera inalámbrica es el **modo 0**. Mientras que para poder realizar la **configuración y programación de parámetros** del radio del CuboZat v1.0, se utiliza el **modo 3**.

Además del modo 0 y 3, se tienen los modos 1 y 2 que se utilizan para aplicaciones de ahorro de energía. Para obtener mayor información de estos modos, consulte el manual del módulo E32-TTL-1W en el siguiente enlace <http://www.ebyte.com/en/product-view-news.aspx?id=108>.



Figura 2.12. Vista frontal de la etapa de comunicaciones del CuboZat v1.0.

2.1.5. Antena y encendido

En el circuito impreso ubicado en la parte superior del CuboZat v1.0 se encuentran la antena tipo dipolo y el interruptor general (ON/OFF) que pone en funcionamiento al mismo en su modalidad misión, dicho interruptor se puede apreciar en la Figura 2.13.

DESCRIPCIÓN Y CONFIGURACIÓN DE HARDWARE



Figura 2.13. Perspectiva del PCB de la parte superior del CuboZat v1.0.

Nota: Antes de poner en funcionamiento al CuboZat v1.0 mediante el interruptor general, es necesario verificar que todos los jumpers se encuentren colocados en su lugar de manera correcta.

- Jumper 1 - Horizontalmente
- Jumper 2 - Verticalmente a la izquierda (SAT)
- Jumper 3 - Verticalmente

2.2. Estación terrena

La estación terrena tiene la función de recibir la información mandada por el CuboZat v1.0 y entregarla por medio de la interfaz UART a un chip FTDI conectado a una computadora de propósito general para procesar la información.



Figura 2.14. Estación terrena del CuboZat v1.0.

DESCRIPCIÓN Y CONFIGURACIÓN DE HARDWARE

El radio incluido en la estación terrena es el mismo del CuboZat v1.0 por lo que puede funcionar en los mismos modos de operación mostrados en la sección 2.1.4. En la Figura 2.15 se puede localizar el interruptor tipo DIP de dos posiciones (M1 y M0) empleado para seleccionar el modo de operación del radio de la estación terrena.



Figura 2.15. Estación terrena del CuboZat v1.0.

En la Figura 2.16 se localiza el conector *USB-TTL* utilizado para realizar la configuración de parámetros del radio y también para comunicarlo con la computadora de propósito general a través de un cable USB a UART.



Figura 2.16. Estación terrena del CuboZat v1.0.

DESCRIPCIÓN Y CONFIGURACIÓN DE HARDWARE

2.2.1. USB a UART TTL-234X-5V

La comunicación entre la estación terrena y la computadora de propósito general designada se realiza mediante el cable *TTL-234X-5V*, un cable que es capaz de convertir las señales USB a comunicación serial TTL. El cable *TTL-234X-5V* incorpora el encapsulado *FT234XD*, que realiza la conversión USB a UART trabajando con un nivel de voltaje de *5volts*.



Figura 2.17. Cable *TTL-234X-5V*.

Para mayor información acerca del cable *TTL-234X-5V* visitar el siguiente enlace https://www.ftdichip.com/Support/Documents/DataSheets/Cables/DS_TTL234X%20SERIES%20RANGE%20OF%20CABLES.pdf, Para mayor información acerca del encapsulado *FT234XD* visitar el siguiente enlace https://www.ftdichip.com/Support/Documents/DataSheets/ICs/DS_FT234XD.pdf.

3. Escenario de pruebas

En este apartado se detallarán los pasos a seguir para la programación de la computadora a bordo y el radio, así como también se mostrarán algunos resultados de pruebas reales realizadas con el CuboZat v1.0.

3.1. Programación de la computadora a bordo

En la presente sección se muestra el procedimiento para escribir un código de programación en el microcontrolador *ATmega328P* dentro del Arduino Nano para que el CuboZat v1.0 pueda realizar de manera correcta sus propósitos.

Antes de cargar el programa a la computadora a bordo del CuboZat v1.0 es necesario verificar que los **3 jumpers** mostrados en la Figura 2.4, **NO** se encuentren **colocados**. De lo contrario, el programa no podrá ser cargado.

Una vez desconectados los jumpers, se procede a conectar la computadora de propósito general con la computadora a bordo del CuboZat v1.0 por medio del cable USB, como se observa en la Figura 3.1.



Figura 3.1. CuboZat v1.0 conectado con computadora de propósito general.

Arduino IDE utiliza un lenguaje de programación basado en C++ para comunicarse con las tarjetas Arduino. En la Figura 3.2 se muestra la interfaz gráfica del software Arduino IDE.

ESCENARIO DE PRUEBAS



Figura 3.2. Arduino IDE.

Para que el Arduino IDE sea capaz de comunicarse con el Arduino Nano del CuboZat v1.0, es necesario realizar una pequeña configuración en la pestaña *Herramientas*. Al pulsar en esta pestaña hay que dirigirse al apartado *Placa* y seleccionar *Arduino Nano*, tal como se muestra en la Figura 3.3.

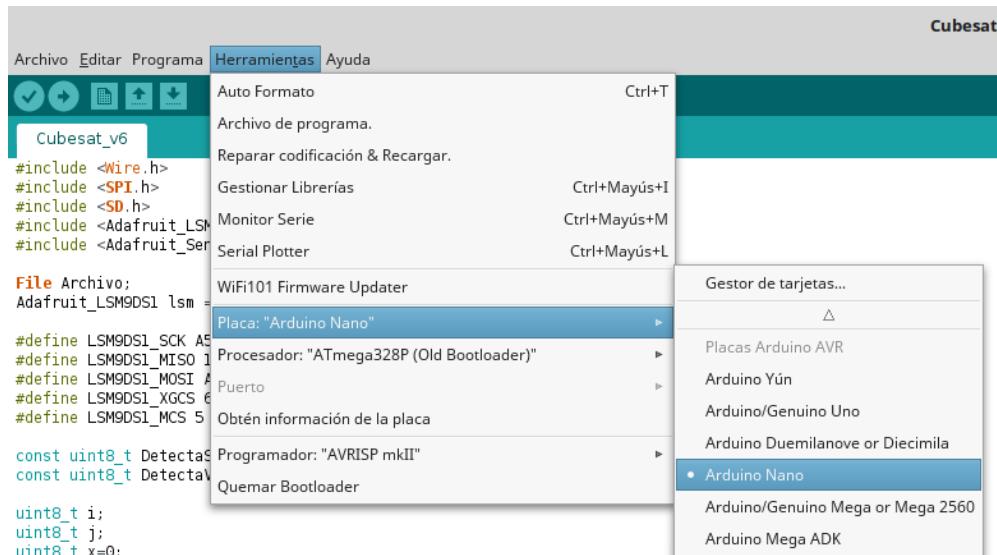


Figura 3.3. Configuración de la placa.

ESCENARIO DE PRUEBAS

A continuación se procede a seleccionar el apartado *Procesador* y elegir la opción de *ATmega328P (Old Bootloader)* tal como se muestra en la Figura 3.4.

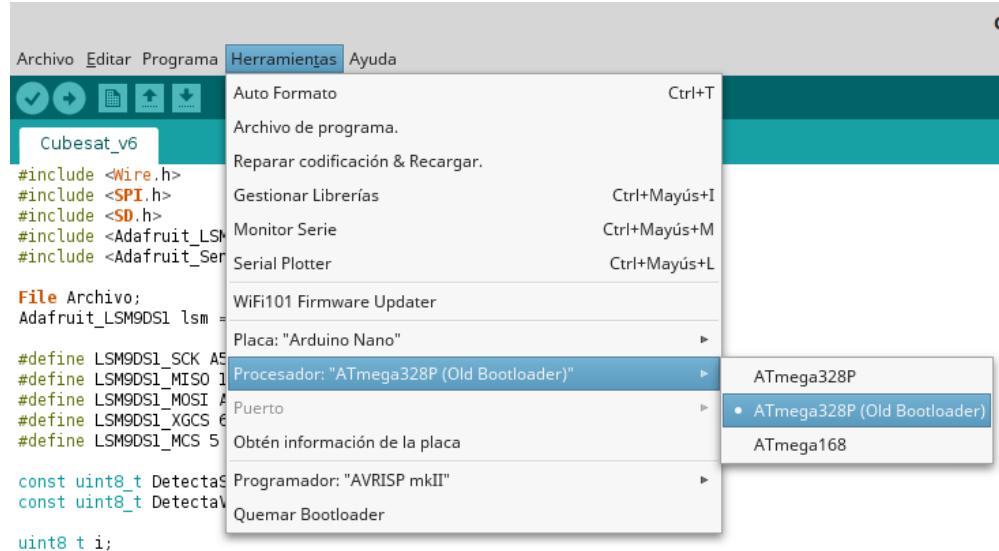


Figura 3.4. Configuración del procesador.

Para comunicarse con el Arduino Nano de manera correcta es necesario comprobar que esté seleccionada la opción *AVRISP mkII* en el apartado *Programador* tal como se muestra en la Figura 3.5.

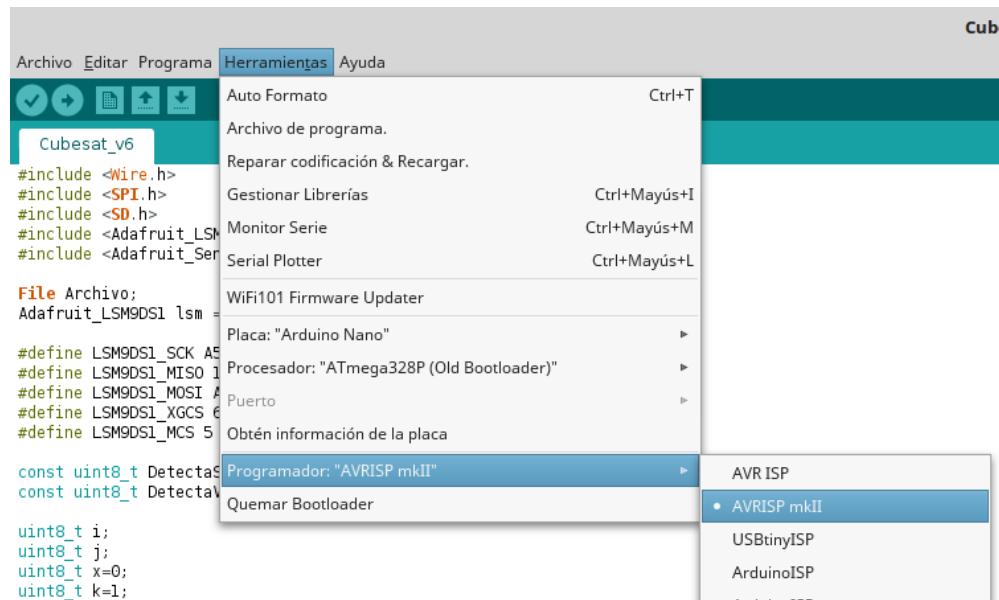


Figura 3.5. Configuración del programador.

ESCENARIO DE PRUEBAS

Una vez configurados estos parámetros, se procede a conectar el cable mini USB tanto en el Arduino Nano como en la computadora de propósito general que se esté utilizando, al realizar esta acción se habilitará la opción *Puerto*, debiendo seleccionar el nuevo puerto que aparece, el cual corresponderá al Arduino Nano. Este procedimiento puede observarse en la Figura 3.6.

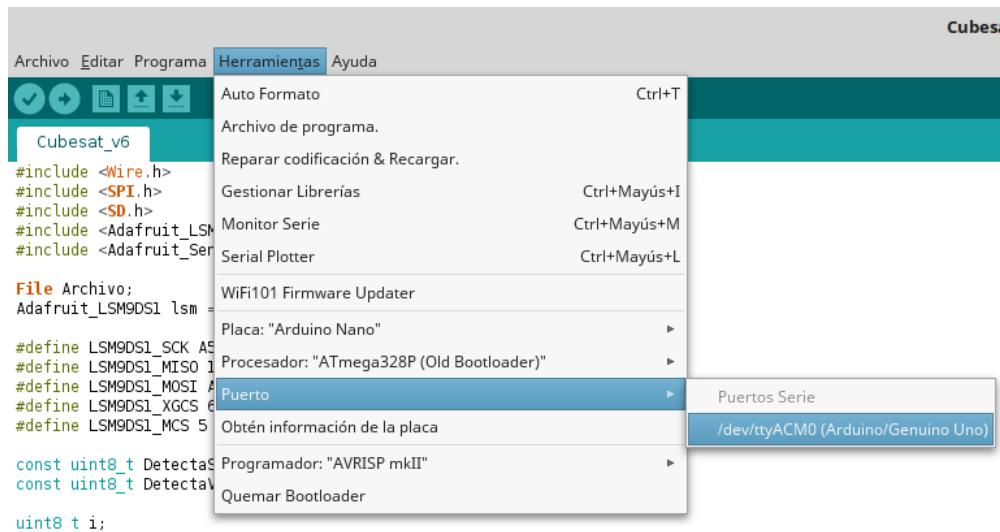


Figura 3.6. Configuración del puerto.

Nota: Al pinchar en la opción *Puerto*, las leyendas escritas pueden variar dependiendo del sistema operativo usado y del puerto USB específico que se esté utilizando.

Una vez estructurada la configuración, lo que resta es pulsar el botón *Subir*, en la Figura 3.7 se puede ubicar este botón encerrado en un círculo rojo.

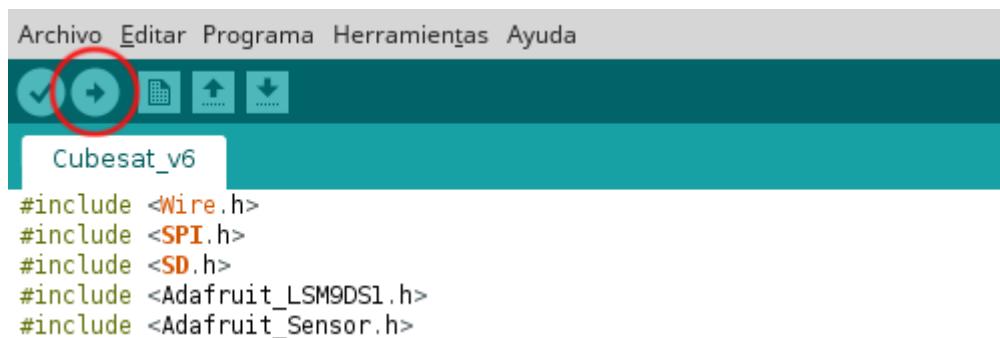


Figura 3.7. Subir programa al microcontrolador.

3.2. Configuración del radio

Para transmitir la información deseada el CuboZat v1.0 utiliza el módulo inalámbrico E32-TTL-1W (433T30D). Este módulo es un transceptor inalámbrico con frecuencia de operación configurable alrededor de la banda de los 433 MHz, para configurarlo se hace uso del software *RF Setting*. El software se puede encontrar en el siguiente enlace <http://www.ebyte.com/data-download.aspx>.

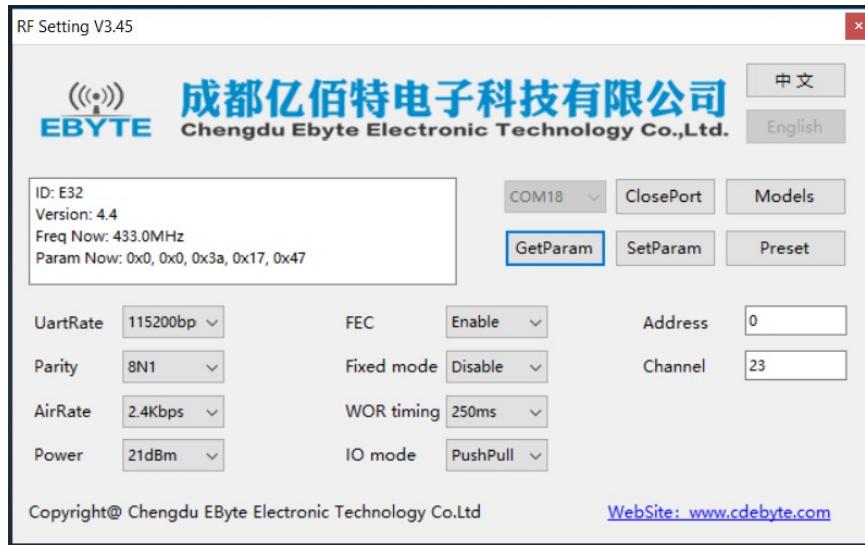


Figura 3.8. Interfaz gráfica *RF Setting*.

Una vez descargado e instalado, se procede a abrir el software que por defecto se encuentra en mandarín, hacer click en el recuadro "*English*" para cambiar el idioma a inglés.



Figura 3.9. Configuración de idioma *RF Setting*.

ESCENARIO DE PRUEBAS



Figura 3.10. *RF Setting* idioma inglés.

Una vez que se ha seleccionado el idioma, es necesario verificar que los jumpers del CuboZat v1.0 se encuentren de la siguiente manera:

- Jumper 1 - **NO** colocado.
- Jumper 2 - Colocado verticalmente del lado derecho (PROG)
- Jumper 3 - **NO** colocado.

Posteriormente se debe conectar la etapa de comunicaciones del CuboZat v1.0 con la computadora de propósito general a través de el cable TTL-234X-5V mostrado en la Figura 2.17.



Figura 3.11. CuboZat v1.0 conectado con a la etapa de comunicaciones

ESCENARIO DE PRUEBAS

Una vez conectado el CuboZat v1.0 como se muestra en la Figura 3.11, se procede a elegir el puerto USB en el software RF Setting.



Figura 3.12. Configuración puerto USB *RF Setting*.

Una vez seleccionado el puerto USB se pincha en la opción *OpenPort* para elegir el puerto deseado.

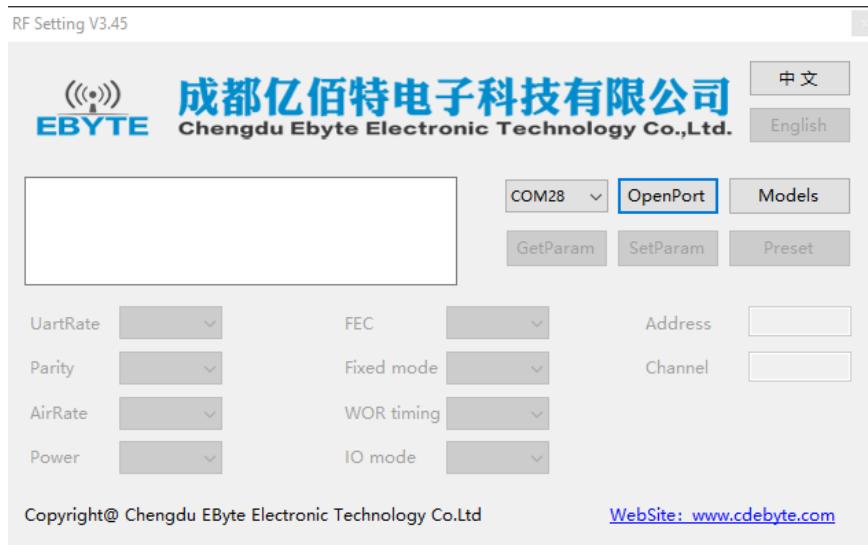


Figura 3.13. Configuración puerto USB *RF Setting*.

Una vez la comunicación con el puerto fue elegida se activará la casilla *GetParam*.

ESCENARIO DE PRUEBAS

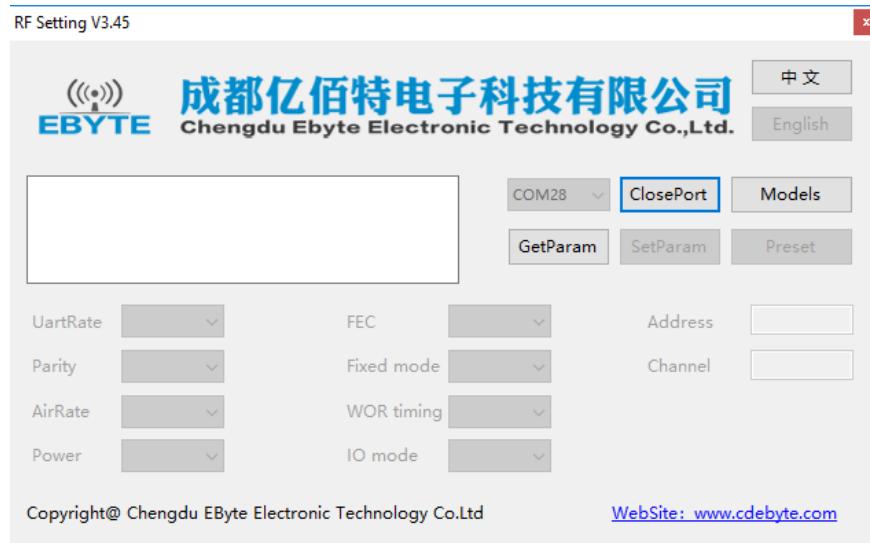


Figura 3.14. Configuración puerto USB *RF Setting*.

Al pinchar sobre la casilla *GetParam* aparecerá una ventana emergente con el mensaje "*Param Got*" si la comunicación fue establecida correctamente.



Figura 3.15. Configuración puerto USB *RF Setting*.

Si la ventana emergente muestra el mensaje "*No Response from Module*" la comunicación no pudo ser establecida. Revisar atentamente los pasos anteriores y las conexiones.

ESCENARIO DE PRUEBAS



Figura 3.16. Configuración puerto USB *RF Setting*.

Una vez que el puerto USB es configurado de manera positiva se permitirá modificar los parámetros del radio. Los parámetros preestablecidos para el CuboZat son mostrados a continuación:

UartRate	115200bps
Parity	8N1
AirRate	9.6Kbps
Power	21dBm
FEC	Enable
Fixed mode	Disable
WOR timing	250ms
IO mode	PushPull
Adress	0
Channel	23

ESCENARIO DE PRUEBAS



Figura 3.17. Parámetros del radio del CuboZat v1.0.

Una vez establecidos los parámetros deseados para la configuración del radio se procede a cargarle dicha información, para esto, sólo es necesario pinchar en la casilla *SetParam*, lo que abrirá una ventana emergente con el mensaje "*Param has been set*" que indicará la correcta configuración del radio.

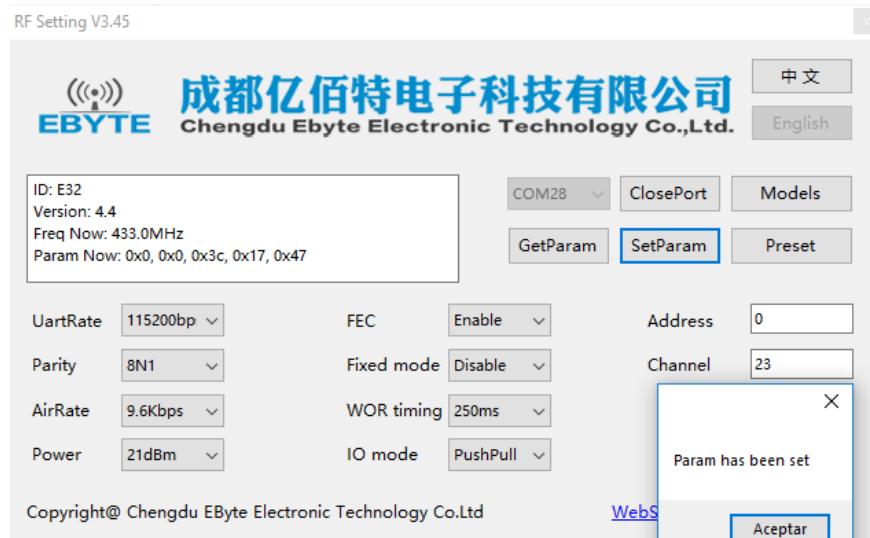


Figura 3.18. Cargar parámetros al radio .

ESCENARIO DE PRUEBAS

Una vez configurado el radio, es necesario pinchar la casilla *ClosePort* para cerrar el puerto y poder desconectar de manera correcta el radio del CuboZat v1.0.

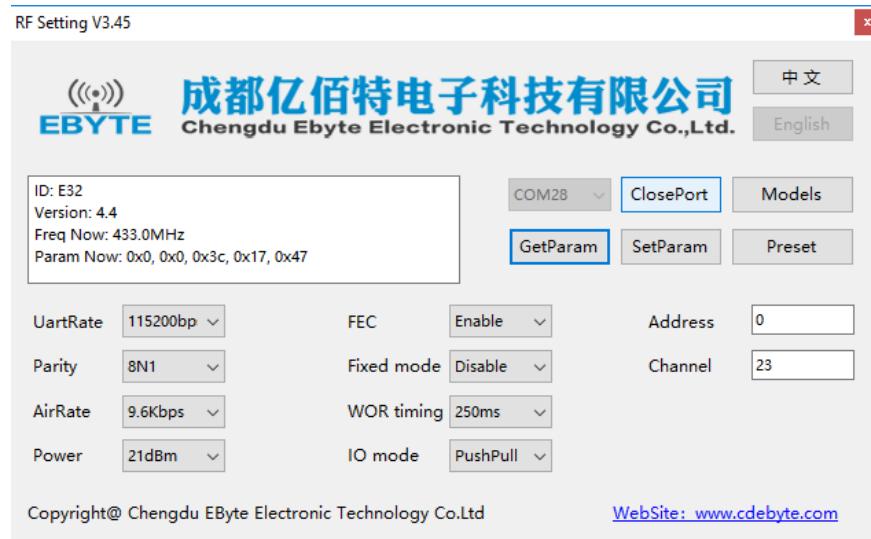


Figura 3.19. Cargar parámetros al radio .

3.3. Evaluación general

Una vez realizada la configuración y programación tanto de la computadora a bordo como del radio del CuboZat v1.0 y de su estación terrena, es necesario verificar que los jumpers se encuentren posicionados de manera correcta para poder poner en funcionamiento al CuboZat v1.0 en su **Modalidad Misión**.

Antes de encender el CuboZat v1.0, es necesario verificar que los jumpers de operación estén colocados de la siguiente manera:

- Jumper 1 - Colocado horizontalmente.
- Jumper 2 - Colocado verticalmente del lado izquierdo (SAT)
- Jumper 3 - Colocado.

Para poder recibir la información proveniente del CuboZat v1.0, es necesario que la estación terrena se encuentre conectada a una computadora de propósito general, tal y como se muestra en la Figura 3.20. Cabe mencionar que el radio de la estación terrena debe estar configurado con los mismos parámetros del radio del CuboZat v1.0. El procedimiento de configuración de los radios es mostrado en el apartado 3.2.

Para poder visualizar en pantalla los datos recibidos por la estación terrena, la computadora de propósito general debe contar con un software de terminal de puerto serie, el cual puede ser el monitor serie incluido en el software del "Arduino IDE". En su defecto, se recomienda hacer uso del software "Termite"

ESCENARIO DE PRUEBAS

que es fácil de usar y configurar. Este software puede ser descargado del siguiente enlace: https://www.compuphase.com/software_termite.htm.



Figura 3.20. Estación terrena conectada a la computadora de propósito general.

Una vez elegido y configurado el puerto USB de la estación terrena dentro del software de terminal con una velocidad de 115200 baudios (comprobando que tenga 8 bits de datos, 1 de stop y paridad nula) tal como se muestra en la Figura 3.21, sólo queda activar el interruptor general del CuboZat v1.0 (Ver Figura 2.13) para que el nanosatélite comience su operación. Dependiendo del código correspondiente con el que se haya programado la computadora a bordo, el CuboZat v1.0 estará transmitiendo cierta información de manera inalámbrica, tal como se muestra a continuación:

- **CZv1.0_SW_BAMG_v6.0:** Datos de los sensores de acelerómetro, giróscopo y magnetómetro en sus tres ejes de acuerdo a su posición actual, y del nivel actual de carga de la batería.
- **CZv1.0_SW_VCS_v2.0:** Datos del monitoreo actual del nivel de voltaje detectado en las celdas solares.

La distancia máxima de separación verificada (D) entre la estación terrena y el CuboZat v1.0 es de aproximadamente 8 km. Esto para la potencia máxima de transmisión (+30dBm/ 1W), frecuencia central de 433 MHz y una tasa de transmisión de datos de 9.6 kbps, en condiciones con línea de vista en un ambiente urbano.

ESCENARIO DE PRUEBAS

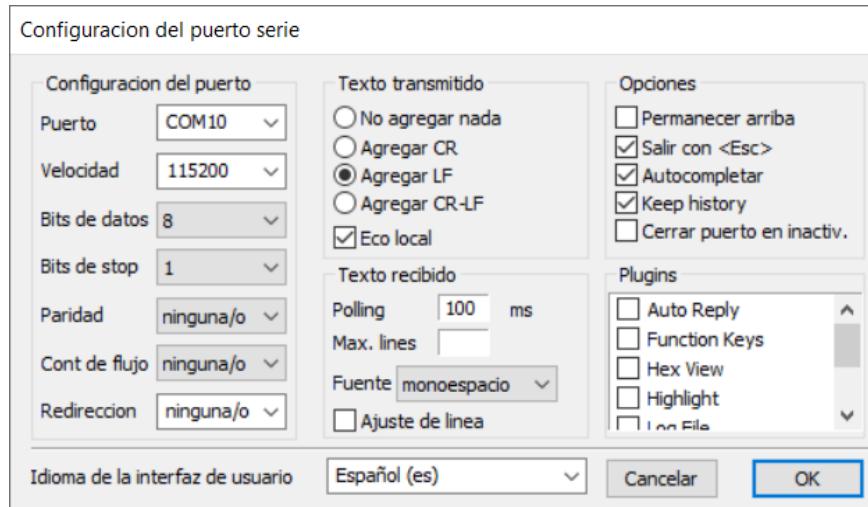


Figura 3.21. Configuración del software *Termite* para trabajar con el CuboZat v1.0.

Nota: Se recomienda que para pruebas de interiores en la Modalidad Misión, la potencia de transmisión del radio del CuboZat v1.0 se configure en +21dBm-125.9 mW.

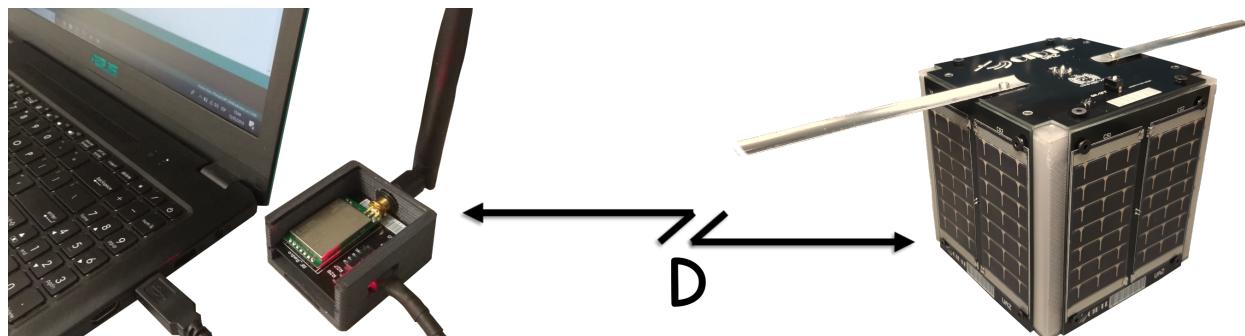


Figura 3.22. Estación terrena y CuboZat v1.0 trabajando en **modalidad misión**

En la Figura 3.23 se muestra la recepción de los datos provenientes del CuboZat v1.0 en la computadora de propósito general haciendo uso del software *Termite*.

ESCENARIO DE PRUEBAS

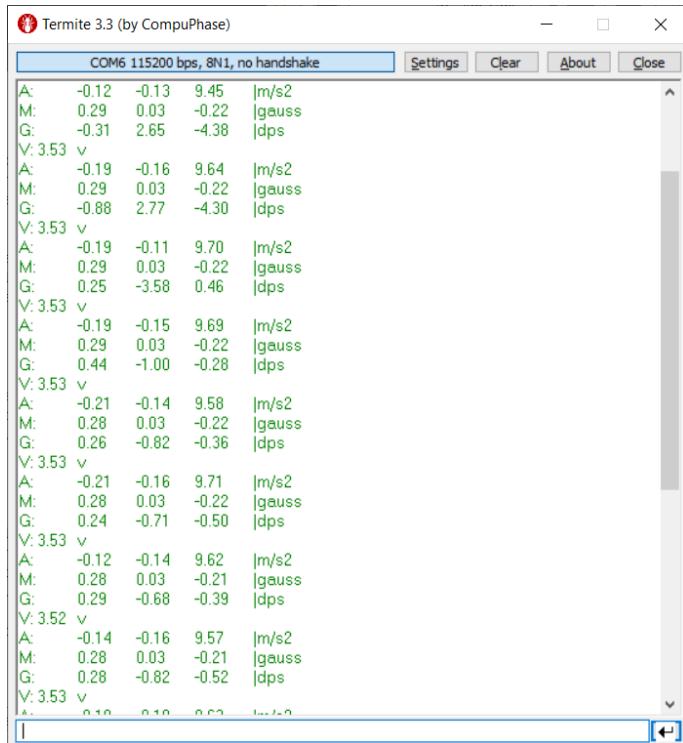


Figura 3.23. Recepción de datos mediante software *Termite*

Para detener la operación del CuboZat v1.0 basta con apagar el interruptor general del mismo. Si es necesario realizar algún cambio en la configuración del CuboZat v1.0, se requiere realizar de manera adecuada las configuraciones descritas en este manual de usuario.

3.4. Post-procesamiento

Al terminar el proceso de evaluación general descrito en el apartado 3.3., el CuboZat v1.0 genera en un archivo de texto los valores numéricos de la información mandada durante el tiempo de operación. Dicho archivo de texto es almacenado en la *tarjeta micro SD* y su forma cambiará correspondiendo al código con el cual se programe la computadora a bordo, tal como se muestra a continuación:

- **CZv1.0_SW_BAMG_v6.0:** Archivo de texto de nombre **CUBOZAT.TXT** con diez columnas de datos con orden de izquierda a derecha como se muestra a continuación: Acelerómetro eje X, Acelerómetro eje Y, Acelerómetro eje Z, Magnetómetro eje X, Magnetómetro eje Y, Magnetómetro eje Z, Giroscopio eje X, Giroscopio eje Y, Giroscopio eje Z y Nivel de voltaje de batería.

ESCENARIO DE PRUEBAS

CUBOZAT.TXT: Bloc de notas											
Archivo Edición Formato Ver Ayuda											
CuboZat_v1											
P1:	-0.14	-0.30	9.58	0.30	0.03	-0.20	-0.92	2.81	-4.34	3.53	
P2:	-0.16	-0.13	9.61	0.30	0.03	-0.20	-0.65	2.41	-4.35	3.53	
P3:	-0.15	-0.13	9.60	0.30	0.03	-0.20	0.10	3.80	3.32	3.53	
P4:	-0.11	-0.13	9.76	0.30	0.04	-0.21	0.17	-0.78	-0.45	3.53	
P5:	-0.13	-0.15	9.65	0.30	0.03	-0.20	0.31	-0.87	-0.29	3.53	
P6:	-0.21	-0.15	9.76	0.30	0.04	-0.20	0.41	-0.79	-0.44	3.53	
P7:	-0.16	-0.14	9.75	0.30	0.03	-0.21	0.19	-0.98	-0.19	3.54	
P8:	-0.13	-0.14	9.67	0.30	0.03	-0.20	0.04	-1.09	-0.23	3.53	
P9:	-0.17	-0.16	9.63	0.30	0.04	-0.19	0.20	-0.60	-0.25	3.53	
P10:	-0.16	-0.18	9.55	0.31	0.04	-0.21	0.05	-0.81	-0.26	3.53	
P11:	-0.12	-0.15	9.59	0.30	0.04	-0.21	0.27	-0.88	-0.31	3.54	
P12:	-0.15	-0.17	9.68	0.30	0.04	-0.20	0.36	-1.06	-0.38	3.52	
P13:	-0.17	-0.16	9.65	0.30	0.03	-0.21	0.12	-0.77	-0.33	3.53	
P14:	-0.17	-0.14	9.62	0.31	0.04	-0.20	0.12	-0.65	-0.53	3.54	
P15:	-0.17	-0.15	9.66	0.31	0.04	-0.21	0.27	-0.79	-0.35	3.53	
P16:	-0.13	-0.16	9.64	0.30	0.04	-0.20	0.10	-0.93	-0.23	3.53	
P17:	-0.13	-0.15	9.62	0.30	0.04	-0.21	0.21	-0.78	-0.41	3.53	
P18:	-0.13	-0.18	9.71	0.30	0.03	-0.19	-0.20	-0.76	-0.34	3.53	
P19:	-0.09	-0.16	9.68	0.31	0.04	-0.22	0.21	-0.93	-0.27	3.53	
P20:	-0.19	-0.18	9.55	0.30	0.03	-0.21	-0.11	-0.94	-0.46	3.53	
P21:	-0.14	-0.12	9.65	0.30	0.04	-0.20	0.12	-0.87	-0.45	3.53	
P22:	-0.14	-0.14	9.70	0.30	0.05	-0.20	0.23	-0.87	-0.38	3.54	
P23:	-0.15	-0.17	9.67	0.30	0.03	-0.20	0.18	-1.03	-0.46	3.52	
P24:	-0.15	-0.15	9.61	0.30	0.03	-0.21	0.13	-0.73	-0.36	3.53	
P25:	-0.15	-0.17	9.61	0.30	0.04	-0.21	0.09	-0.75	-0.32	3.53	
P26:	-0.20	-0.29	9.56	0.29	0.04	-0.20	0.09	-0.85	-0.21	3.53	
P27:	-0.25	-0.15	9.65	0.30	0.04	-0.21	0.27	-0.87	-0.31	3.52	

Figura 3.24. Archivo de texto **CUBOZAT.TXT** con información de sensores generado por el CuboZat v1.0

- **CZv1.0_SW_VCS_v2.0:** Archivo de texto de nombre **CELDAS.TXT** con tres columnas de datos con orden de izquierda a derecha como se muestra a continuación: Celdas solares P1, Celdas solares P2, Celdas solares P4.

CELDAS.TXT: Bloc de notas			
Archivo Edición Formato Ver Ayuda			
CuboZat_v1_celdas			
P1:	0.50	2.83	1.01
P2:	0.45	2.17	0.96
P3:	0.45	2.30	0.77
P4:	0.39	2.55	0.39
P5:	0.45	2.96	0.24
P6:	0.50	2.96	0.11
P7:	0.50	2.68	0.24
P8:	0.50	3.10	0.24
P9:	1.01	2.55	0.11
P10:	2.06	2.04	0.24
P11:	2.54	1.65	0.24
P12:	3.10	1.04	0.24
P13:	3.08	1.27	0.24
P14:	3.08	1.01	0.11
P15:	3.32	1.01	0.24
P16:	3.32	0.90	0.24
P17:	3.32	0.77	0.24
P18:	3.32	0.63	0.24
P19:	3.32	0.77	0.24
P20:	3.32	0.90	0.24
P21:	3.32	0.77	0.24
P22:	3.32	0.77	0.24
P23:	3.47	0.77	0.24
P24:	3.32	0.77	0.24
P25:	3.10	0.77	0.11
P26:	2.55	1.03	0.11
P27:	0.50	1.27	1.01

Figura 3.25. Archivo de texto **CELDAS.TXT** con sensado de celdas solares generado por el CuboZat v1.0

ESCENARIO DE PRUEBAS

La información almacenada en la *tarjeta micro SD* es utilizada para interpretar y analizar los datos recabados por el CuboZat v1.0. Para esta tarea se proporcionan dos códigos de MATLAB, el código **CZv1.0_SWLectura_BAMG_v1.0.m** interpreta los datos del archivo de texto **CUBOZAT.TXT**, mientras que el código **CZv1.0_SWLectura_VCS_v1.0.m** interpreta los datos del archivo de texto **CELDAS.TXT**.

Nota:Es necesario que antes de abrir los códigos de MATLAB, los archivos de texto que contienen las lecturas del CuboZat v1.0 se encuentren almacenados en la misma dirección que los códigos realizados en MATLAB con terminación **.m**.

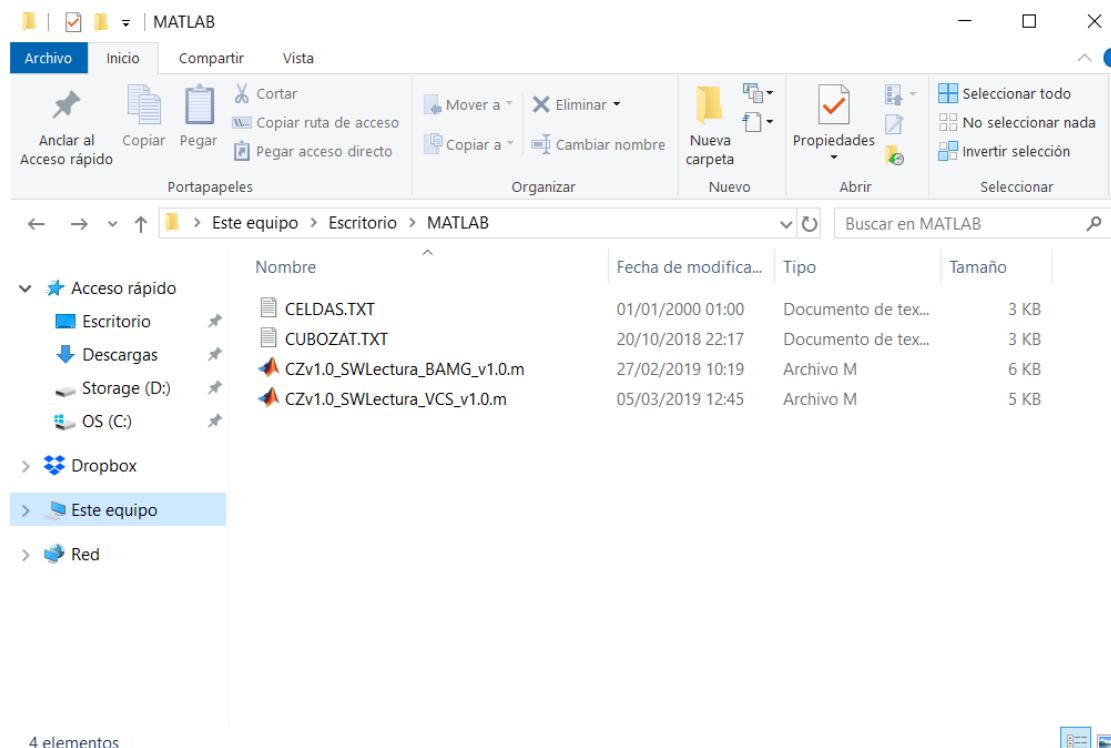


Figura 3.26. Archivo de texto y MATLAB guardados en el mismo directorio

Una vez que se tiene listo el archivo de texto que contiene las lecturas del CuboZat v1.0, se procede a abrir la plataforma MATLAB junto con su código necesario.

ESCENARIO DE PRUEBAS

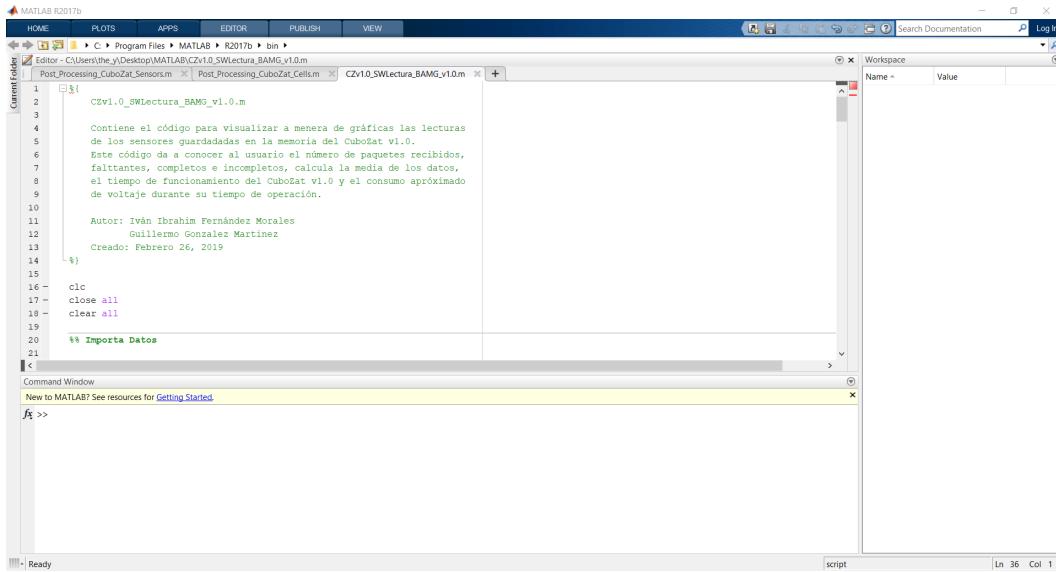


Figura 3.27. Interfaz gráfica de MATLAB

Para correr el código selecto, se elige la pestaña *EDITOR* y se pincha en el apartado *Run*, tal como lo muestra el círculo rojo en la Figura 3.28.

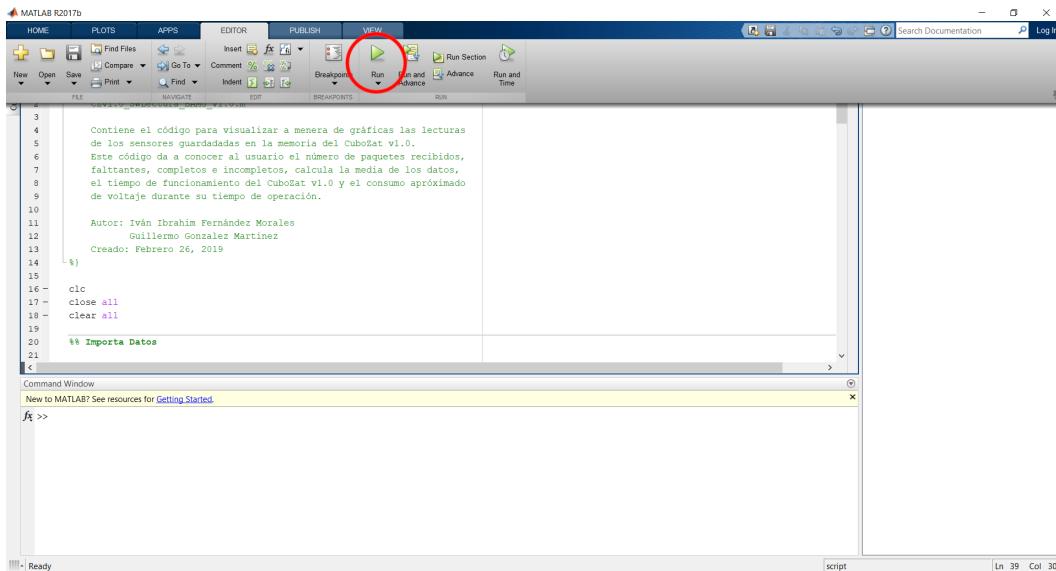


Figura 3.28. Forma de correr un código en plataforma MATLAB

Cada código de MATLAB arroja como resultado tanto diversas gráficas como información adicional de los datos transmitidos durante la operación del CuboZat v1.0. Los diferentes resultados obtenidos según el código utilizado se muestran a continuación:

ESCENARIO DE PRUEBAS

- CZv1.0_SW_BAMG_v6.0:

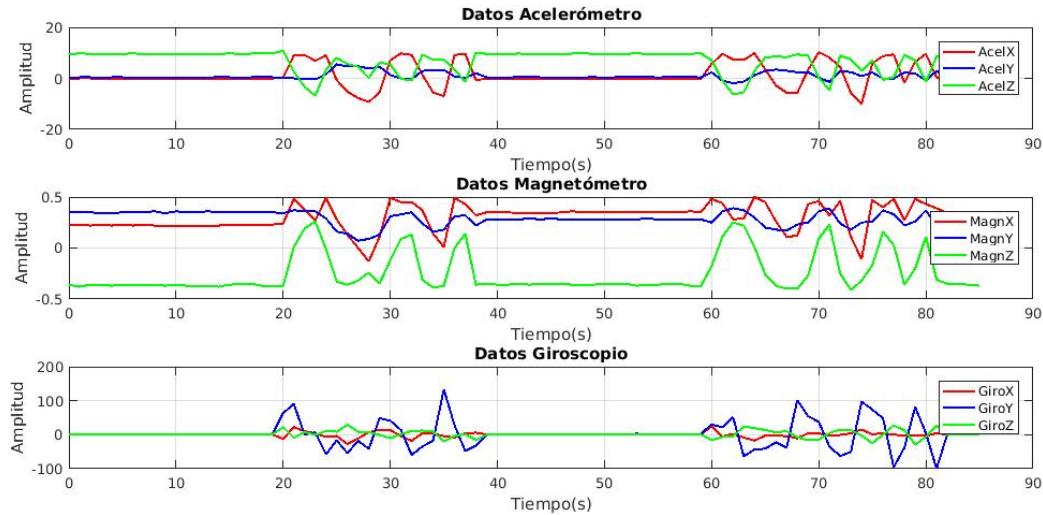


Figura 3.29. Gráficas de funcionamiento de sensores en evaluación general del CuboZat v1.0

```
Número de Paquetes Recibidos: 91
Número de Paquetes Faltantes: 0
Número de Paquetes Completos: 89
Número de Paquetes Incompletos: 2
```

```
Paquetes Incompletos: P1, P2,
Promedio de Acelerómetro eje X: -0.1162
Promedio de Acelerómetro eje Y: -0.1571
Promedio de Acelerómetro eje Z: 9.8780
Promedio de Magnetómetro eje X: -0.0398
Promedio de Magnetómetro eje Y: 0.0505
Promedio de Magnetómetro eje Z: 0.0177
Promedio de Giróscopo eje X: -1.7521
Promedio de Giróscopo eje Y: -8.0226
Promedio de Giróscopo eje Z: -3.8849
Tiempo en Funcionamiento: 91.000s
Consumo de Voltaje: 0.010v
```

Figura 3.30. Información adicional de datos

ESCENARIO DE PRUEBAS

- CZv1.0_SW_VCS_v2.0:

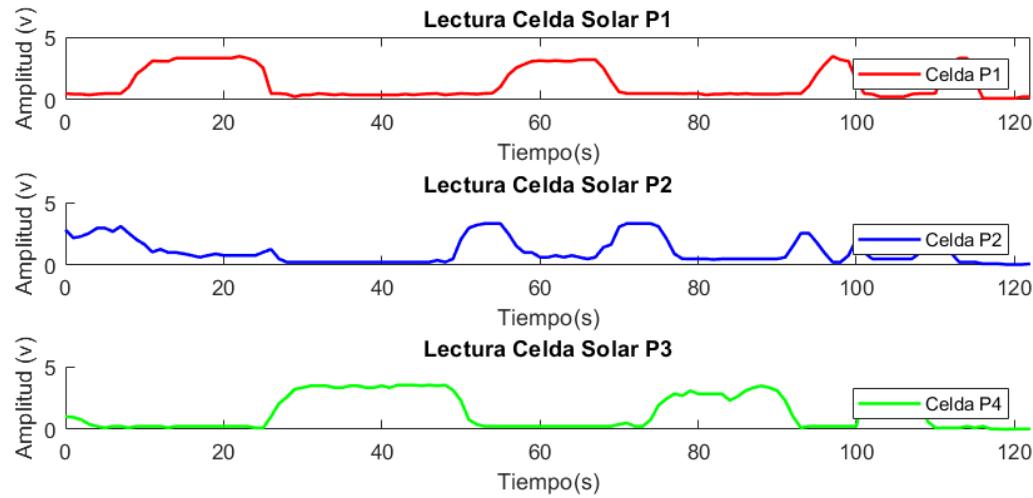


Figura 3.31. Gráficas de lecturas de celdas solares en evaluación general del CuboZat v1.0

Número de Paquetes Recibidos: 123

Número de Paquetes Faltantes: 0

Número de Paquetes Completos: 123

Número de Paquetes Incompletos: 0

Promedio de Celda Solar P1: 1.2851

Promedio de Celda Solar P2: 1.1120

Promedio de Celda Solar P4: 1.3870

Tiempo en Funcionamiento: 615.000s

Figura 3.32. Información adicional de datos