

# DISEÑO DE UN CANSAT PARA MEDICIÓN DE VARIABLES AMBIENTALES

## DESIGN OF A CANSAT FOR MEASURING ENVIRONMENTAL VARIABLES



<sup>1</sup> Oscar Alberto Jaramillo,

<sup>2</sup> Raúl Camacho Briñez,

<sup>3</sup> Juan Camilo Tejada

<sup>1,2,3</sup> Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería,  
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - Unad, Ibagué, Colombia

Recibido: 12/04/2018 Aprobado 25/07/2018

### RESUMEN

En el diseño de la estructura del pico satelital (CanSat: Can-Satellite), que permite simular las características de un satélite real, integrado en el volumen y la forma de una lata de soda, los principales subsistemas encontrados en un satélite fueron tenidos en cuenta, como potencia, sensores y un sistema de comunicación. La implementación se realiza con una NodeMCU V3 que es una placa de hardware abierto basada en ESP8266 (con un microprocesador Tensilica L106 de 32 bits), que nos permite establecer comunicación con los módulos: GPS, transceptor de RF y sensores; este es uno de los componentes actualmente utilizados para la implementación de sistemas basados en Internet de las cosas (IoT); Esto permite una alta disponibilidad de los componentes, incluidos los sensores, así como un bajo costo para la implementación y fabricación del pico-satélite.

**Palabras clave:** componente, estilo, formato, insertar.

### ABSTRACT

*In the design of the structure of the satellite peak (CanSat: Can-Satellite) that allows to simulate the characteristics of a real satellite, integrated into the volume and shape of a soda can, the main subsystems that were found were taken into account in a satellite, such as power, sensors and a communication system. The implementation is done with a NodeMCU V3 which is an Open Hardware board based on ESP8266 (with a 32-bit Tensilica L106 microprocessor), which allows us to establish communication with the modules: GPS, RF transceiver, and sensors. It is one of the components currently used for the Internet of Things (IoT); this allows a high availability of the components, including the sensors, as well as a low cost for the implementation and manufacturing of the pico- satellite.*

**Keywords:** component, formatting, style, insert.

<sup>1</sup> oscaralberto.j@gmail.com, orcid.org/0000-0003-4335-6368

<sup>2</sup> raul.camacho@unad.edu.co, orcid.org/0000-0003-2063-7917

<sup>3</sup> juan.tejada@unad.edu.co, orcid.org/0000-0003-1195-3379

## 1. INTRODUCCIÓN

Un CanSat es un sistema del tamaño de una lata de refresco (66 mm de diámetro y 115 mm de altura), con una masa entre 300 y 350 gramos, cuyo objetivo es cumplir una misión predeterminada que puede incluir recoger datos de sensores y transmitirlos a una estación base en tierra (estos también pueden ser almacenados), para su visualización y posterior análisis, o efectuar un retorno controlado. El CanSat está equipado con un sistema de recuperación (generalmente un paracaídas, pero también puede ser un parapente, o un sistema de alas o rotores, o una combinación de estos), para limitar el daño en el proceso de retorno y permitir la reutilización del CanSat. Para la academia, el CanSat juega un papel fundamental como introducción a la enseñanza de tecnologías aeroespaciales, debido a su bajo costo. El presupuesto total del modelo CanSat final no debe superar los 500 €, y su pequeño volumen.

Los CanSats se despliegan desde pequeños cohetes (hasta unos 1.000 metros aproximadamente), globos o drones en altura, lo que varía según la competencia. Es similar a la tecnología utilizada en los satélites miniaturizados. Los CanSat no son “satélites” en el sentido estricto de su definición, pues estos nunca han salido de la atmósfera, ni han orbitado la tierra.

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1. Definición de la misión

Diseño de un pico satélite para medición de variables ambientales, como temperatura, humedad del aire y presión atmosférica. Un sistema de posicionamiento global (GPS), y un sistema de medición inercial (IMU), que identifica la actitud del satélite, el momento y la posición en que fueron tomados los datos. En la Fig. 1 se puede observar el método de diseño



Fig. 1. Método de diseño preliminar del satélite.

Fuente: autores

### 2.2. Características del CanSat

Para cumplir los requisitos de la misión, el satélite debe poseer las siguientes características (ESA 2017):

- Tamaño del sistema: 115 mm de altura y 66 mm de diámetro, con la excepción del paracaídas.
- Las antenas, transductores y otros elementos del CanSat no pueden extenderse más allá del diámetro de la lata hasta que haya salido del vehículo de lanzamiento.
- La masa del CanSat debe estar entre 300 y 350 gramos.
- El CanSat debe ser alimentado por una batería y/o paneles solares. Debe ser posible que los sistemas se enciendan durante cuatro horas continuas.
- La batería debe ser fácilmente accesible en caso de que tenga que ser reemplazada / recargada.
- El CanSat debe tener un interruptor de alimentación principal fácilmente accesible.

- El CanSat debe tener un sistema de recuperación, como un paracaídas, capaz de ser reutilizado después del lanzamiento.
- La conexión del paracaídas debe ser capaz de soportar hasta 1000 N de fuerza.
- Tiempo máximo de vuelo de 120 segundos.
- Velocidad de descenso entre 8 y 11 m/s.
- El CanSat debe ser capaz de soportar una aceleración de hasta 20 g.

### 2.3. Funciones del CanSat

Para cumplir los requisitos de la misión, el satélite realiza las siguientes funciones:

- Adquisición de las medidas de temperatura ambiente, humedad del aire, y presión atmosférica.
- Adquisición de las medidas de un sistema de posicionamiento global, y un sistema de medición inercial.
- Codificación de información obtenidas y transmisión a la estación base en tierra.
- Adquisición y transmisión de información de señales, telemetría y datos a la estación base en tierra.
- Recepción de información del programa de comando desde la estación base de control en tierra (opcional).

### 2.4. Diseño preliminar del CanSat

El primer paso para diseñar un CanSat es identificar las restricciones dadas por la competencia, determinar el tiempo de vuelo, la función de la carga útil, la potencia requerida, la masa y el tamaño. Y a partir de estas establecer una configuración preliminar.

Antes de tener una configuración preliminar se identifican las opciones de componentes y su selección empieza a responder las preguntas relacionadas con el proceso de diseño, como el método de control del satélite, el sistema de comunicaciones, la potencia total estimada del sistema, el tamaño de la batería, el peso y volumen de los componentes.

Para comenzar la configuración inicial del CanSat, se identifican los componentes claves y sus

características críticas. Esto genera una lista preliminar de componentes, que incluye información como cantidad, tamaño, masa y la potencia requerida para cada componente.

Con esta lista, se puede iniciar la configuración del CanSat, identificar los sensores requeridos, las antenas, y las pautas básicas del ensamble del sistema, como la organización de los componentes y su montaje en la estructura. La configuración resultante es solo un punto de partida para una cadena de iteraciones. El proceso de diseño preliminar del satélite.

Para la comunicación se especifica la frecuencia de operación, la velocidad de datos, ganancia de las antenas, las pérdidas en el espacio libre y las características de la estación receptora. El transmisor típicamente debe estar cerca de la antena.

Los subsistemas tienen una gran influencia en el diseño de la configuración del satélite. Los componentes clave se deben definir en primera instancia, y se pueden agregar componentes menores a medida que la configuración va tomando forma.

### 2.5. Diseño detallado del CanSat

Del proceso anterior se obtiene la información que permite visualizar el CanSat y proceder con el diseño detallado de este. La configuración del CanSat obtenida no es única ni la correcta, pues depende de las condiciones y restricciones impuestas o no al sistema.

Con múltiples iteraciones y considerando los requisitos, el costo y el cronograma, el equipo de diseño debe entregar una configuración que sea la mejor para el programa. Esto da como resultado algunos compromisos: para el mejor sistema, aunque cada subsistema puede no ser ideal. La confiabilidad y el costo son dos consideraciones claves en este proceso, lo que significa que es necesario buscar la simplicidad, la menor cantidad de piezas, el uso de componentes previamente calificados y la tecnología probada, y un diseño que se pueda construir y/o fabricar.

El CanSat consta de los siguientes subsistemas:

- Subsistema de control (Computadora central). NodeMCU V3 ESP8266EX (Espressif 2018).
- Subsistema de manejo de datos y plataforma. Programa en el ESP8266 para manejo de los protocolos de comunicaciones con los módulos y sensores (UART, I2C, y SPI), la adquisición de datos, la codificación de estos y su transmisión a la estación base en tierra.
- Subsistema de control potencia. Administra la energía suministrada por las baterías a todo el CanSat. Puede ser tan simple como un cargador y regulador de voltaje (3.3V para el CanSat), o un sistema inteligente de manejo de energía que permita determinar en tiempo real: el consumo del sistema, nivel de carga de la batería, estado de la batería, temperatura.
- Subsistema de energía. Baterías de Litio TR 18650. 3.7V 4000mAh.
- Subsistema de posicionamiento global (GPS). UART GPS NEO-7M-C (B). WS-9636.
- Subsistema de sensores de presión atmosférica y temperatura ambiente (ADAF-2651), humedad relativa (HDC1008), unidad de medición inercial (GY-521 Modulo MPU6050)– acelerómetro y giroscopio).
- Subsistema de comunicaciones RF. Módulo RF Transceptor RFM95W-915MHz
- Subsistema de estructuras y mecanismos. Kit de separadores de nylon M2, y anillos de soporte.

La figura 2 muestra los subsistemas que componen el CanSat, la conexión de comunicación (protocolo) entre los subsistemas: sensores, GPS y comunicación RF. Subsistema de control de potencia y subsistema de energía (baterías). La selección de cada componente depende de la discusión previa de las características y funciones del CanSat y la identificación de los subsistemas.

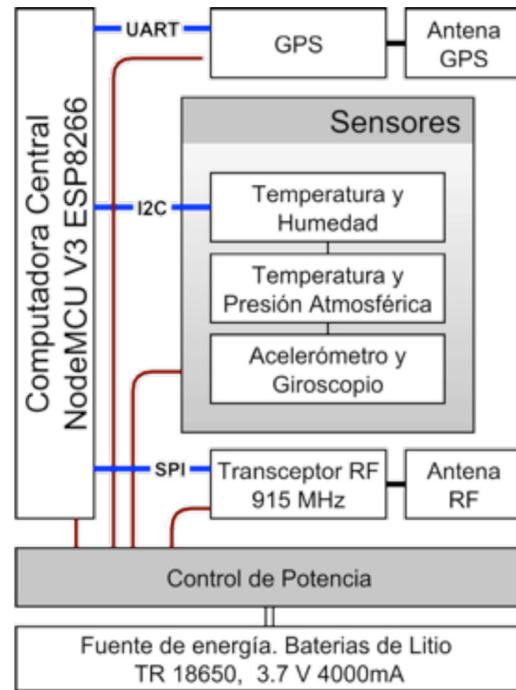


Fig. 2. Diagrama general del CanSat.

Fuente: autores

## 2.6. Restricciones de montaje e integración

En este caso la forma cilíndrica del CanSat y sus dimensiones ya están definidas previamente y son la principal restricción física. En la figura 3 se muestra el Render 3D del modelo del CanSat creado.



Fig. 3. Render 3D del modelo del CanSat.

Fuente: autores

En la figura 3 se aprecia la ubicación de la antena del módulo GPS en la parte superior del CanSat y el anillo de sujeción del paracaídas. Una tarjeta intermedia destinada a la ubicación de los sensores de temperatura, humedad relativa y presión atmosférica. En la parte inferior del CanSat se ubican de forma vertical la computadora central (NodeMCU V3 ESP 8266); en la parte posterior se ubican verticalmente dos baterías de Litio TR 18650, el control de potencia y el módulo de comunicación transceiver RF. Bajo el CanSat se ubica la Antena de RF

### 2.7. Carga útil

La carga útil en este caso son los sensores ambientales. Estos requieren estar inmersos en el flujo de aire a lo largo de la trayectoria de vuelo para contar con una medición fiable en las diferentes alturas y corrientes de aire en aquellas; se debe forzar a que el aire pase por estos sensores y adicionalmente que el flujo de aire no desestabilice el CanSat durante su descenso.

Se debe diseñar la distribución de componentes de tal forma que el centro de masa del CanSat se mantenga en su parte más baja y centrado respecto a su eje vertical, para que este no pierda estabilidad durante el descenso. Las baterías son los elementos más pesados de todo el sistema y su ubicación es determinante para lograr esta estabilidad.

### 2.8. Determinación de actitud y control del CanSat

Dado que el CanSat no posee actuadores que permitan ejercer control sobre su orientación y dirección, está a merced de las condiciones climáticas (principalmente el viento) durante su descenso. Aunque la unidad de medición inercial entrega datos sobre la posición y orientación del CanSat, no realimenta ningún tipo de actuador que permita hacer correcciones de orientación y dirección sobre este; a futuro se planea investigar la implementación de este tipo de actuadores sobre el CanSat.

### 2.9. Comando de plataforma y manejo de datos

El control en software del CanSat se realiza desde la computadora central (NodeMCU V3 ESP8266), este subsistema permite principalmente dos tipos de

aproximación a nivel de lenguaje de programación: una desde el IDE de Arduino (Arduino 2018) (lenguaje C/C++), y la otra desde Micropython (Damien 2018).

Adicionalmente el modo de programación empleado desde un sistema cíclico temporizado por interrupciones o con la implementación de un sistema operativo en tiempo real (RTOS: real-time operating system).

Este subsistema debe encargarse de la adquisición de datos desde los sensores y las mediciones del GPS y del IMU, y de la transmisión de estos datos.

Una de las principales consideraciones a tener con el sistema del CanSat, son los tiempos de respuesta de los diferentes subsistemas de sensores, GPS e IMU. Puesto que realizar lecturas consecutivas a alta velocidad sobre un determinado sensor puede bloquear este subsistema, y sacándolo de línea temporalmente. De este hecho se desprende la importancia que el hardware de la computadora implemente los diferentes protocolos de comunicación con los subsistemas en hardware y haga uso de buffers para el registro de la información de cada uno de estos módulos, así evitando posibles pérdidas de datos. Posteriormente estos datos (información) se organizan y codifican para ser transmitidos a la estación base en tierra.

### 2.10. Subsistema de comunicaciones

Los principales componentes del sistema de comunicaciones son la antena y el transmisor (ubicado lo más cerca posible a la antena, para reducir las pérdidas de señal). La antena del CanSat requiere de un campo de visión claro, por ello se ubica en la parte inferior del CanSat. La antena dipolo omnidireccional de 915 MHz (frecuencia libre) que en principio garantiza la comunicación con la estación base en tierra, independiente de la orientación del CanSat.

El sistema de comunicación emplea un transmisor LoRa que es una tecnología IoT (IoT 2018) de comunicación de datos inalámbrica que usa frecuencias libres (169, 433, 868, y 915 MHz). LoRa permite transmisiones de muy largo alcance (más de 10 km en áreas rurales) con bajo consumo de energía.

### 2.11. Subsistema de control de potencia

Consta de dos partes principales: el controlador de potencia y la fuente de energía.

Para la fuente de energía se eligió la alimentación por baterías recargables de Litio TR 18650 (las mismas empleadas en los automóviles Tesla Model S y Model X) con un voltaje de 3.7 V y una capacidad de 4.000 mAh, y un peso de 45g cada una; lo que la hace una fuente de energía mucho más confiable que paneles solares, que para las dimensiones del CanSat aportan muy poca energía y que representan un reto respecto a su ubicación en el CanSat dejando solo dos opciones posibles: paneles flexibles en la periferia del cuerpo cilíndrico del CanSat, o paneles desplegados, que adicionan un diseño aerodinámico mucho más complejo de resolver.

Para el control de potencia se optó por un cargador de baterías de Litio-polímero 18650 de dos celdas en serie (PB- 18650-2S-3,7V) que ofrece protección contra: bajo voltaje, alto voltaje, y sobre carga; y un regulador de voltaje de 3.3V de salida y una corriente máxima de 3A (FS-V-MINI -

MP1584-), voltaje que es compatible con el voltaje de operación de todos los subsistemas del CanSat.

La fuente de energía garantiza las cuatro (4) horas mínimas de operación continuas exigidas para la competencia.

El conector para la recarga de las baterías y el interruptor de apagado y encendido del CanSat se ubican en la parte inferior de este.

### 2.12. Subsistema de estructuras y mecanismos

La configuración de la estructura empleada en el CanSat es similar a una jaula de ardilla (como la empleada en los motores asíncronos), con anillos intermedios que sirven de soporte: al punto de anclaje del paracaídas; al módulo GPS; al grupo de sensores; y a la computadora central, a las baterías, el control de potencia, el transmisor RF, la antena, el interruptor de encendido apagado del CanSat y al conector de recarga de las baterías.

Esta estructura está conformada por seis (6) postes verticales y cuatro (4) anillos. El anillo superior ancla el paracaídas al CanSat, los otros anillos soportan tarjetas circulares de 1,6 mm de grosor en fibra de vidrio, lo que aporta aún más a la rigidez estructural del sistema. Todos los módulos van atornillados en sus soportes y sus conexiones soldadas a estas tarjetas circulares. La conexión entre tarjetas se hace con cables y conectores de presión, para evitar que se puedan soltar durante el lanzamiento o durante el vuelo de retorno. Para la envoltura del CanSat, se usa una lata de aluminio estándar para gaseosa de 365ml, lo que hace el conjunto aún más rígido.

### 2.13. Subsistema paracaídas

Para el sistema de recuperación del CanSat se diseñó un paracaídas (Knacke, 1991) en forma de cruz, debido a su facilidad de fabricación y buena estabilidad de péndulo. Este paracaídas se diseña para una velocidad de descenso de 9m/s.

La conexión del paracaídas al CanSat se realiza mediante la conexión del anillo de anclaje del paracaídas a la estructura del mismo.



Fig. 4. CanSat con paracaídas en cruz desplegado.

Fuente: autores



Fig. 5. Programa estación base en tierra.

Fuente: autores

#### 2.14. Estación base en tierra

Esta consta de tres elementos: un receptor, un computador portátil y el programa de recepción y visualización de los datos.

El receptor se comunica a la PC mediante cable USB, la conexión es serial y se trata como tal por el PC. El programa en el PC se encarga de la recepción de los datos, su visualización en forma de tablas o gráficas, y su almacenamiento para registro y posterior análisis de los datos.

### 3. FUNCIONES Y CARACTERÍSTICAS

- Selección y configuración del puerto serie a utilizar para la comunicación.
- Almacenamiento y recuperación de los datos (registros) recibidos desde el CanSat a archivo.
- Graficación de los datos por tipo de sensor.
- Mostrar tabla de datos de sensores.

El programa de graficación se puede implementar en Processing (Processing 2018), Octave (GNU, 2018), Java (Java, 2018), C, C++ (C 2018), o Python (Python, 2018).

Datos de: temperatura del aire, presión atmosférica, acelerómetro y giroscopio (en ejes X, Y, y Z cada uno), humedad relativa, y datos del GPS.

### 4. RESULTADOS

Diseño de un prototipo de CanSat para la competencia: “Reto de innovación IEEE 2018. CanSat Colombia para la paz” siguiendo las directivas de la Agencia Espacial Europea (ESA: European Space Agency) (ESA, 2017; 2015; 2018). Se obtuvo experiencia y conocimiento sobre el desarrollo de la tecnología aeroespacial, que pueda servir para su implementación en los semilleros de investigación de la Cadena de Formación Electrónica, Telecomunicaciones y Redes de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (Unad), con la posibilidad de realizar concursos CanSat para los estudiantes de ingeniería y sus áreas transversales; y su uso para la enseñanza de la tecnología aeroespacial.

### 5. CONCLUSIONES Y FUTUROS TRABAJOS

Se deja planteada la posibilidad de creación de un taller de diseño e implementación de un CanSat en un semillero de investigación de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia.

Se plantea la necesidad de llevar los aprendizajes sobre tecnologías aeroespaciales al ámbito académico para estudiantes de ingeniería electrónica, ingeniería de telecomunicaciones, y áreas afines o transversales de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (Unad), ya sea incluyéndola en talleres o seminarios, y de esta forma contribuir a cerrar la brecha entre ingenieros en países desarrollados y en vías de desarrollo como Colombia.

El diseño del CanSat es un desafío tecnológico, donde se articula la selección de componentes de fácil adquisición con el bajo costo.

Fue necesario desarrollar una metodología acorde con el desafío tecnológico que implique en el diseño, la implementación de carga útil. (Sistema de sensores).

Fue necesario integrar en las fases del proyecto la metodología, articulando cada uno de los módulos del proyecto.

La adecuada planificación de los tiempos y el cumplimiento de un calendario son esenciales para ejecución de pruebas y detección de errores de diseño.

Se requiere someter a pruebas todos los componentes del sistema completo, para minimizar los errores en la etapa de lanzamiento.

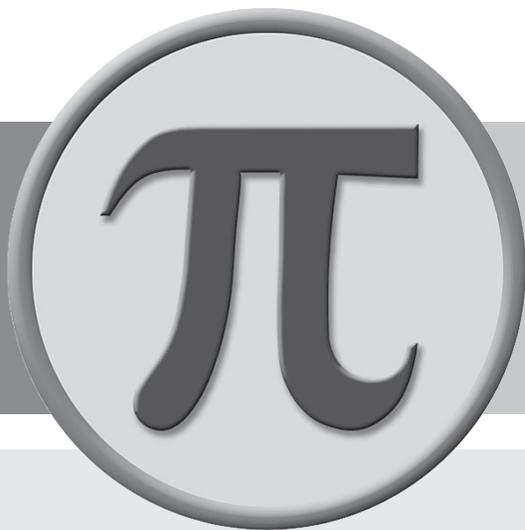
Se sugiere vincular las etapas de diseño de carga útil del CanSat, el diseño del CanSat, y el sistema de lanzamiento mediante cohete, para optimizar las labores de diseño e implementación propias del CanSat y posteriormente la ejecución de pruebas.

## 6. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a las ingenieras Paola Buitrago del CEAD Medellín y Paola Marmolejo del CEAD Ibagué, por el aporte que realizaron para la participación en el evento “Reto de Innovación IEEE 2018: CANSAT Colombia para la Paz”, en representación de la UNAD, de dicha participación se obtiene este artículo.

## REFERENCIAS

- Arduino (2018). Arduino – Software. Recuperado en: <https://www.arduino.cc/en/Main/Software>.
- Boyarizo E. & Méndez, C. (2017). Diseño y construcción de un microsatélite (CanSat). IES. El Burgo de Las Rozas. Recuperado en: <https://docplayer.es/80152557-Diseno-y-construccion-de-un-microsatelite-cansat.html>
- Colin, A. (2018). Construcción de un picosatélite cansat. *Ciencia UANL*, 81, 9-16.
- Colin, A., Bermúdez, B., Encarnación, G., Lira G. & Zúñiga, D. (2018). Construcción de un picosatélite cansat. *Tendencias Educativas*, 81, 34-38.
- C++ (2018). C++ en: Wikipedia. Recuperado en: <https://en.wikipedia.org/wiki/C%2B%2B>
- Damien, G. (2018). MicroPython - Python for microcontrollers. Recuperado en: <https://micropython.org/>.
- ESA European Space Agency (2018). European CanSat Competition Tips for Teams. Recuperado en: [https://esamultimedia.esa.int/docs/edu/Tips\\_for\\_teams\\_2018.pdf](https://esamultimedia.esa.int/docs/edu/Tips_for_teams_2018.pdf)
- ESA European Space Agency. (2017). What is a CanSat?, European Space Agency. Recuperado en: [https://www.esa.int/Education/CanSat/What\\_is\\_a\\_CanSat](https://www.esa.int/Education/CanSat/What_is_a_CanSat). 2017
- ESA European Space Agency (2015). Choose your mission. Recuperado en: [https://www.esa.int/Education/CanSat/Choose\\_your\\_mission](https://www.esa.int/Education/CanSat/Choose_your_mission)
- Espressif (2018). ESP8266 Overview | Espressif Systems. 2018. Recuperado en: <https://www.espressif.com/en/products/hardware/esp8266ex/overview>
- GNU. (2018). GNU Octave. Recuperado en: <https://www.gnu.org/software/octave/>
- Internet of things. (2018). Internet of things en Wikipedia. Recuperado de: [https://en.wikipedia.org/wiki/Internet\\_of\\_things](https://en.wikipedia.org/wiki/Internet_of_things)
- Knacke, T. W. (1991). Parachute Recovery Systems Design Manual. Recuperado en: <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a247666.pdf>
- Oracle (2018). Java y Tú. Recuperado en: <https://www.java.com/es/>
- Processing (2018). Welcome to Processing. Recuperado en: <https://processing.org/>
- Python. (2018). Welcome to Python. Recuperado en: <https://www.python.org/>
- Rodríguez, H. & Aparicio, L. (2016). Guía de pruebas y protocolos para el lanzamiento del satélite Colombia I. *Redes de Ingeniería*. (edición especial). 68-73.



**Revista Especializada  
en Ciencia, Tecnología  
e Ingeniería**

