

## Perfil de la misión y selección de subsistemas del prototipo Cansat para montarse en drone multitor

### Profile of the mission and selection of subsystems of the prototype Cansat to be mounted on drone multitor

ORTIZ-RAMÍREZ, Carlos Artemio†\*, LUCERO-ÁLVAREZ, Cupertino, Patricia Mendoza Crisóstomo, PÉREZ-CRUZ, Pascual, FLORES-TRUJILLO, Iván Antonio, RAMÍREZ-CORTES, Elva Patricia, MERINO-VIAZCÁN Janet y SOLANO-PALAPA, Nathaly

*Universidad Tecnológica de Izúcar de Matamoros, Prolongación Reforma # 168, Barrio de Santiago Mihuacán, Izúcar de Matamoros, Puebla. 74420, México. Tel. (01 243)4363895*

ID 1<sup>er</sup> Autor: *Carlos Artemio, Ortiz-Ramírez* / ORC ID: 0000-0003-3072-9161, Researcher ID Thomson: S-7809-2018, CVU CONACYT ID: 70747

ID 1<sup>er</sup> Coautor: *Cupertino, Lucero-Álvarez*

ID 2<sup>do</sup> Coautor: *Patricia, Mendoza-Crisóstomo*

ID 3<sup>er</sup> Coautor: *Pascual, Pérez-Cruz*

ID 4<sup>to</sup> Coautor: *Iván Antonio, Flores-Trujillo*

ID 5<sup>to</sup> Coautor: *Elva Patricia, Ramírez-Cortes* / ORC ID: 0000-0003-2766-8943, Researcher ID Thomson: S-9303-2018, CVU CONACYT ID: 453997

ID 6<sup>to</sup> Coautor: *Janet, Merino-Viazcán* / ORC ID: 0000-0003-1322-1016, Researcher ID Thomson: S-6873-2018, CVU CONACYT ID: 453988

ID 7<sup>mo</sup> Coautor: *Nathaly, Solano-Palapa* / ORC ID: 0000-0002-7193-4228, Researcher ID Thomson: S-6724-2018, CVU CONACYT ID: 460942

Recibido: 15 de Julio, 2018; Aceptado 14 de Septiembre, 2018

#### Resumen

En este trabajo muestra la misión que determinamos deberá de realizar el CanSat. En ésta primer etapa, se realiza el desarrollo de un CanSat básico que adquiera datos de diferentes sensores, como: presión, temperatura, humedad, radiación UV, aceleración, posición, medición del campo magnético terrestre, etc., seleccionando los básicos, esta información se envía por un enlace de radio frecuencia a una estación terrena conformada por el radio receptor, una PC y el software de monitoreo del puerto serie. También se hace uso de cámaras de video para grabación o para transmisión en tiempo real del vuelo del Drone utilizando la cámara que trae el drone. Proyecto apoyado por el Programa de Apoyo al Desarrollo de la Educación Superior (PADES) 2017, para fortalecer el proceso educativo, a través de la utilización de las TIC's. Se implementa un sistema CanSat basado en la definición de la misión, involucrando desde el diseño, construcción y pruebas de la carga útil así como de los subsistemas; eléctrico, de comunicaciones, computadora de vuelo y manejo de datos. Es ésta primera de tres etapas, se logra impactar alumnos con la metodología de aprendizaje basada en proyecto, y consistió en determinar la misión y diseño de los subsistemas del pico satélite.

**CanSat, Adquisición de Datos, Sensores, Radio Control, Drone**

#### Abstract

In this work, it shows the mission that we determine must perform the CanSat. In this first stage, the development of a basic CanSat that acquires data from different sensors is performed, such as: pressure, temperature, humidity, UV radiation, acceleration, position, measurement of the earth's magnetic field, etc., selecting the basic ones, this information is sent by a radio frequency link to an earth station conformed by the radio receiver, a PC and the serial port monitoring software. It also makes use of video cameras for recording or for real-time transmission of the Drone's flight using the camera that brings the drone. Project supported by the Program of Support for the Development of Higher Education (PADES) 2017, to strengthen the educational process, through the use of TIC's. A CanSat system is implemented based on the definition of the mission, involving the design, construction and testing of the payload as well as the subsystems; electrical, communications, flight computer and data management. This is the first of three stages, it is possible to impact students with the methodology of project-based learning, and consisted in determining the mission and design of the subsystems of the satellite peak

**CanSat, Data Acquisition, Sensors, Radio Control, Drone**

**Citación:** ORTIZ-RAMÍREZ, Carlos Artemio, LUCERO-ÁLVAREZ, Cupertino, Patricia Mendoza Crisóstomo, PÉREZ-CRUZ, Pascual, FLORES-TRUJILLO, Iván Antonio, RAMÍREZ-CORTES, Elva Patricia, MERINO-VIAZCÁN Janet y SOLANO-PALAPA, Nathaly. Perfil de la misión y selección de subsistemas del prototipo Cansat para montarse en drone multitor. Revista de Ingeniería Tecnológica. 2018 2-7: 21-30

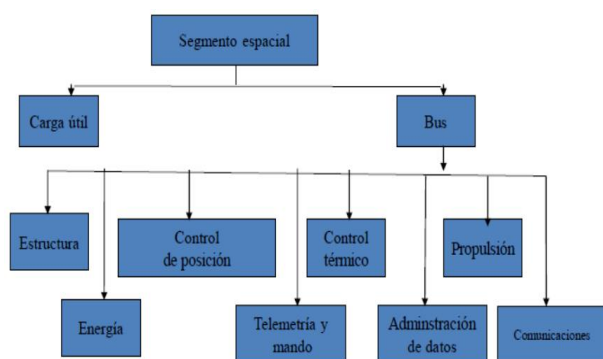
\* Correspondencia del Autor (correo electrónico: carlos70@yahoo.com.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

Un satélite, es un cuerpo que gira alrededor de otro cuerpo de masa preponderante y cuyo movimiento está determinado, de modo permanente, por la atracción de este último. Los satélites construidos por el hombre se pueden utilizar para comunicaciones, observación de la tierra, navegación, astronomía, física espacial, militar y prueba de tecnología. Los satélites están formados de al menos los siguientes subsistemas:

- Alimentación (EPS).
- Manejo de datos (C&DH).
- Comunicaciones (COMM).
- Estructura (Structure).
- Control de actitud (ADCS).
- Carga útil –payload- (MISN).



**Figura 1** Subsistemas de un satélite real y de un CanSatT

## Justificación

Un sistema CanSat basado en la definición de la misión, involucrando desde el diseño, construcción y pruebas de la carga útil así como de los subsistemas eléctrico, de comunicaciones, computadora de vuelo y manejo de datos; Siendo lanzado y soltado, o solo transportado a la altura de cientos de metros mediante un vehículo Drone MultiRotor con una trayectoria definida simulando el movimiento de un satélite de órbita polar.

Para Impactar en el aprendizaje de telecomunicaciones y de ciencias en alumnos de TSU e Ingeniería de la UTIM, así como en la captación de alumnos para la carrera de TIC SI o RT todo mediante la metodología de aprendizaje basada en proyecto.

## Problema

En la realidad es muy difícil interactuar con un sistema de telecomunicaciones vía satélite, a menos que sea la bajada de señal, lo demás es muy complejo poder acceder y tomar control de un satélite, por lo que los alumnos podrán acceder a un sistema real siendo el principal usuario la Universidad Tecnológica de Izúcar de Matamoros, ya que también tenemos un problema de matrícula y que puede emplearse como un sistema de promoción y captación de alumnos, a la vez de servir en la carrera de Redes y Telecomunicaciones en las diferentes materias, debido a que el CANSAT es un satélite del tamaño de una lata de refresco y podrán realizar todas las actividades referente a sus materias.

Por otra parte el campo presenta problemas que con un drone se puede apoyar a la solución, porque los agricultores ya están utilizando esas plataformas aeronáuticas para optimizar las técnicas de agricultura, en aras de fomentar la llamada "agricultura de precisión" en los países desarrollados, una de las más grandes ventajas de la agricultura de precisión es que, mediante imágenes satelitales o de cámaras especiales, es posible apreciar y monitorear grandes zonas de un solo vistazo. Eso, gracias a que los cultivos sanos emiten un tipo de radiación peculiar, pero ésta cambia cuando se encuentra plagada o enferma porque sus propiedades físicas se alteran.

En acuicultura, con estas herramientas tecnológicas se pueden observar diferentes aspectos como la concentración poblacional de jaulas flotantes o estanques acuícolas, constatar vacíos sanitarios o mortandad de especies, entre otros.

Los beneficios que se pueden obtener con el uso de este tipo de dispositivos, donde se cultiva tilapia en jaulas flotantes se capturan imágenes y documenta información sobre las granjas acuícolas.

Existen drones que se mueven en un radio de tres a cinco kilómetros a la redonda a una velocidad máxima de 100 kilómetros por hora, se pueden elevar hasta 500 metros y rotar 360 grados sin moverse de un lugar hasta por 20 minutos.

## Hipótesis

Podemos mostrar que un CanSat en su proceso puede captar las diferentes magnitudes físicas por medio de sensores, de ahí procesar la información y de acuerdo a datos establecidos, ya que un CanSat es un nano satélite y que a través de su diseño, construcción y prueba permite que los estudiantes adquieran conocimientos básicos en construcción y sistema de telecomunicación de satélites. Su principal función es la enseñanza de tecnologías de telecomunicaciones y aeroespaciales en escuelas y universidades. Si bien se los denomina "satélites", no lo son en el sentido estricto de su definición como cuerpo que gira alrededor de un planeta. Estos aparatos normalmente deben ser completamente autónomos y pueden recibir o transmitir datos.

Los CanSat no orbitan, pero mediante su lanzamiento a través de un cohete, un globo sonda o un dron de control remoto se realizan pruebas y transmiten información de telemetría mientras descienden lentamente a tierra usando un paracaídas, y desarrollan la misión para la que fueron construidos. Mediante el análisis de los datos registrados por el CanSat, los participantes investigan las razones de éxito o falla de la misión del nano satélite. El usuario, deberá establecer los parámetros a medir, controlar y los rangos establecidos de acuerdo a las condiciones atmosféricas.

El bajo costo de realización, corto tiempo de preparación y simplicidad de diseño en comparación con otros proyectos de telecomunicaciones y espaciales deberá hacer de este concepto una oportunidad práctica excelente para estudiantes, ya que ellos se encargan de elegir la manera en que realizan su misión, diseñan el CanSat, integran los componentes, comprueban el correcto funcionamiento, preparar el lanzamiento, analizar los datos y organizan como equipo distribuyendo la carga de trabajo. Se trata en definitiva de una reproducción a escala del proceso de diseño, creación y lanzamiento de un satélite real. En si CanSat es una capacitación en construcción de nano satélites.

Con un proyecto como el CanSat los estudiantes tendrán la oportunidad de adquirir experiencia en el diseño, construcción y prueba de un satélite en menos de un año a un bajo costo.

## Objetivos

### Objetivo General

Implementar un sistema CanSat basado en la definición de la misión, involucrando desde el diseño, construcción y pruebas de la carga útil así como de los subsistemas: eléctrico, de comunicaciones, computadora de vuelo y manejo de datos; lanzado a las alturas mediante un Dron con trayectoria definida.

Que Impacte en el aprendizaje de alumnos de la UTIM, así como en la captación de alumnos para la carrera de TIC SI o RT mediante la metodología de aprendizaje basada en proyecto.

### Objetivos específicos

Durante la misión CanSat es decir, desde el lanzamiento hasta el descenso será medido el desarrollo de toda la misión, transmitiendo telemetría a una pequeña estación terrena de recepción.

La adquisición y análisis de datos permitirá a los estudiantes determinar si la misión se realizó con éxito; Los parámetros atmosféricos básicos a medir son posición, temperatura, presión, altura, ubicación y la altura.

- Incluir alumnos en las actividades principales y aplicar los procesos que comprenden el marco de la ingeniería de sistemas: diseño, gestión, realización.
- Utilizar el dron y el CanSat para demostraciones en visitas guiadas y hacer más atractiva la carrera de TIC y aumentar la matrícula.
- Utilizar el dron para monitoreo en agricultura y mediante una cámara infrarroja y determinar de acuerdo al patrón de radiación en una planta si está sana o enferma.
- Utilizar el Dron en acuicultura en la producción de mojarra tilapia en jaula, para vigilancia y monitoreo de población

## Marco Teórico

En 1998 se realizó el primer "University Space Systems Symposium", o "Jornada Universitaria de Sistemas Espaciales", en Hawaii, participando estudiantes y docentes de 12 universidades de Estados Unidos y Japón, en donde Bob Twiggs, de la Universidad de Stanford, propuso lo que serían los proyectos de nanosatélites, actualmente con CanSat se desarrollan competencias siguiendo el mismo concepto propuesto por Twiggs y plasmado en ARLISS a nivel nacional e internacional.

El bajo costo de realización, corto tiempo de preparación y simplicidad de diseño en comparación con otros proyectos de telecomunicaciones y espaciales hacen de este concepto una oportunidad práctica excelente para estudiantes ya que ellos se encargan de elegir la manera en que realizan su misión, diseñan el CanSat, integran los componentes, comprueban el correcto funcionamiento, preparar el lanzamiento, analizar los datos y organizan como equipo distribuyendo la carga de trabajo. Se trata en definitiva de una reproducción a escala del proceso de diseño, creación y lanzamiento de un satélite real. Un CanSat es una capacitación en construcción de nano satélites. Las prácticas realizadas se les denominan misiones mismas que se dividen en dos categorías:

- Misión para adquisición de datos usando diferentes transductores MEMS.
- Misión para llegar a un punto determinado, denominados Come-back y Flyback Competencias Internacionales CanSat.

Las competencias CanSat ofrecen la oportunidad a estudiantes tener una primera experiencia de una misión espacial real que inicia con el diseño, integración, prueba, lanzamiento, análisis de datos y presentación de resultados.

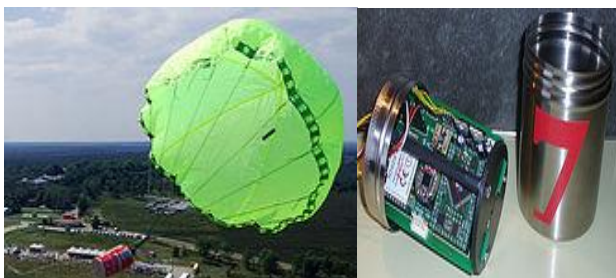


Figura 1 CanSat

Este año la Agencia Espacial Mexicana realizó una convocatoria nacional para que profesores universitarios se entrenen en la tecnología CanSat en Japón, con el compromiso de formar a profesores y estudiantes en esta tecnología.

## Drone

Ya se han utilizado Drones para poder diseñar una simulación de orbita en un espacio reducido a escala. Un Drone es un vehículo aéreo NO TRIPULADO. La palabra Drone literalmente significa "zángano". Se puede llamar dron o drone.

Tiene diferentes formas, tipo avión, helicóptero o formas muy diferentes. No son algo nuevo, el primero se desarrolló después de la primera guerra mundial, y se emplearon durante la segunda guerra mundial para entrenar a los operarios de los cañones antiaéreos. Pero es a finales del siglo XX cuando se operan mediante radio control con características autónomas.

Algunos tienen GPS que les permite volver al punto donde inició de su vuelo. Pueden volar solos y tomar decisiones, evitando chocar contra objetos o personas. Se manejan con radio control, controlados con una tableta o un Smartphone.

Se utilizan para múltiples tareas, desde tareas de vigilancia, fotografía, retransmisiones televisivas, agricultura, ocio, etc.



Figura 2 Diferentes tipos de Drones

## Tipos de Drones

La clasificación es muy amplia y puede ser como sigue:

**a) En función del tipo de alas:**

Alas Fijas: Tienen alas fijas y son similares a un avión.

MultiRotor: Cuadricópteros, hexacópteros u octacópteros. La mitad de las hélices giran en el sentido de las agujas del reloj y la otra mitad en el otro sentido, creando así la fuerza de empuje necesario para llevar al dron hacia arriba. Se pueden mantener en el mismo sitio sin variar la posición, gracias a sus giroscopios y estabilizadores, lo que es perfecto para sacar fotos y grabar vídeos.

**b) Según el método de control:**

Autónomo: El dron no requiere de un piloto humano, se guía por sus propios sistemas y sensores integrados.

Monitorizado: Necesita un técnico, quien le proporcione información y controla el feedback del dron.

Supervisado: Un operador pilota el dron, aunque este puede realizar algunas tareas autónomamente.

Preprogramado: El dron sigue un plan de vuelo diseñado previamente y no tiene medios de cambiarlo para adaptarse a posibles cambios.

**c) En función de su uso:**

Militares: son llamadosUCAV vehículos no tripulados de combate aéreo. Suelen ir armados y con capacidad de bombardeos.

Comercial: como cartografías, fotografías, vídeos, etc.

Aficionados: Se utilizan como un juguete y suelen tener precios bastantes económicos.

De Gobierno: Se utilizan para bomberos, fuerzas de rescate, etc. con el fin de ayudar a las tareas de reconocimiento, rescate, fronterizas e incluso fiscales.

**Metodología de Investigación**

En general cualquier proyecto aplica la metodología ciclo de vida, en Redes y Telecomunicaciones ésta metodología pasa por las siguientes fases y/o etapas:

**Planificación conceptual**

En esta fase, las personas importantes que participan en el proyecto o interesados definen el sistema propuesto y determinan el alcance del proyecto. Además, se determinan las limitaciones de factores como los recursos, presupuesto y tiempo.

**Definición de requisitos**

Después de que los interesados establezcan el alcance del proyecto, los especialistas del proyecto trabajan con los usuarios finales para definir los requisitos del sistema. Cuando los especialistas del proyecto recogen todos los requisitos, se reúnen de nuevo con los usuarios finales para verificar los requisitos y conseguir la validación por parte de los usuarios.

**Diseño**

Los especialistas, transforman los requerimientos en requisitos técnicos. Inicialmente, los desarrolladores crean un diseño técnico preliminar para tratar todos los requisitos de la aplicación del sistema, establecidos en la definición de requisitos.

Cuando el diseño preliminar ha terminado, los desarrolladores hacen un diseño técnico detallado, que define todas las funciones necesarias para implementar el sistema.

**Desarrollo y pruebas**

Se comienzan a desarrollar el proyecto. Esto incluye creación de software, hardware y toda la arquitectura adecuada que requiera el sistema.

Las pruebas empiezan después de terminar la construcción de los componentes. Además, los analistas que aseguran la calidad verifican que el sistema reúna los requisitos de negocio usando un plan de pruebas detallado.

Las principales etapas para la realización del sistema espacial son:

Adquirir, Comprar, construir, reutilizar, Ensamblar, integrar, Verificación y validación. Durante la puesta en marcha, se arranca y distribuye el nuevo sistema a todos los usuarios finales, para que puedan empezar a utilizarlo.



Además, los especialistas proporcionan la documentación del sistema a los usuarios finales, donde se detalla cómo usar el sistema. La capacitación también es una parte importante de la fase de puesta en marcha. Las sesiones de capacitación deberían ser planteadas para cada grupo de usuarios, de tal manera que se puedan beneficiar del sistema más adelante.

**Operaciones y mantenimiento**

En la fase, el sistema pasa a modo de operación total. Los diseñadores y desarrolladores controlan el sistema para asegurar que el éste reúna los requisitos de negocio pedidos. Además, el personal de operación realiza mantenimiento periódico en el sistema para asegurar que el sistema sigue funcionando como se espera. El equipo de soporte también proporciona asistencia para el sistema y resuelve los problemas que pueden presentarse.

**Disposición**

Cuando un sistema ha completado su tiempo de vida y se retira, esta fase proporciona una serie de pasos sistemáticos para finalizar el sistema. Realizar esta fase asegura que la información vital se mantenga para los proyectos futuros o las necesidades tanto del sistema como de los usuarios. Además, la correcta disposición del sistema es necesaria para asegurar que los componentes, datos, software y hardware se disponen de forma adecuada y según las normas.

**Método ciclo de vida en el desarrollo del CanSat**

El CanSat que muestra la Figura 3 es una simulación en tierra, de un satélite real en el espacio, del tamaño de una lata de refresco. Donde se introducen todos los sistemas que integran un satélite, tales como subsistemas de alimentación, comunicaciones y sensores, aunado al correcto funcionamiento de éstos, resultando un conocimiento significativo, permitiendo comprobar la teoría mediante la experimentación directa, (MSC. Patricia Mendoza Crisóstomo, 2015).



Figura 3 CanSat de telemetría

De la misma forma, el programa CanSat es una gran oportunidad para permitir a los estudiantes de la carrera de TIC SI y RT y maestros interesados las telecomunicaciones y la dirección de proyectos, su participación directa en la selección y diseño de una misión espacial, mediante el diseño del pequeño satélite CanSat, la selección e integración de sus componentes, la programación, prueba, despliegue, recuperación y evaluación del sistema.

**Perfil de la misión y selección de subsistemas**

La misión de desarrollo que realiza un CanSat básico, es la adquisición de datos de sensores, realiza una Misión de Telemetría (Adquisición de imágenes y/o adquisición de datos de sensores).

Que posteriormente esta información se envía mediante un enlace de radio frecuencia, a una estación terrena conformada por el radio receptor, una PC y el software de monitoreo del puerto serie.

Cronograma de Actividades		Mes después de la aprobación y liberación de recursos													
No.	ACTIVIDAD	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6		
1	Captura de requisitos	X	X												
2	Planificación conceptual			X	X	X									
3	Análisis			X	X	X									
4	Definición de requisitos				X	X	X								
5	Diseño de nano satélite					X	X	X							
6	Diseño de vuelo de dron					X	X	X							
7	Diseño de Procesamiento y tratamiento de datos						X	X	X						
8	Diseño de la Arquitectura de comunicaciones						X	X	X						
9	Diseño del Plano de interfaces							X	X	X					
9.1	mecánicas							X	X	X					
9.2	eléctricas							X	X	X					
9.3	térmicas							X	X	X					
9.4	de fluidos, etc							X	X	X					
10	Codificación							X	X	X					
11	Desarrollo y pruebas.- Al realizar el sistema se requiere adquirir e integrar. Las etapas son:								X	X	X	X			
11.1	Adquirir.								X	X	X	X			
11.2	Comprar, construir, reutilizar.								X	X	X	X			
11.3	Ensamblar, integrar: unir todas las piezas.								X	X	X	X			
11.4	Verificación y validación.								X	X	X	X			
12	Gestión de configuración y cambios									X	X	X	X		
13	Puesta en marcha										X	X	X		
14	Operaciones y mantenimiento											X	X	X	
15	Disposición												X	X	X

Tabla 1 Actividades aplicando ciclo de vida

**Arquitectura de un CanSat**

El CanSat, utiliza como cerebro –computadora de vuelo-, un microcontrolador para adquirir los datos de los sensores, realizar los cálculos para transferir los datos a la unidad de medida correspondiente y enviar cada 2 segundos a la estación de tierra, una cadena de todos estos datos por medio de un enlace de radio frecuencia, como podemos observar en la Figura 4, en su arquitectura del CanSat. De esta manera, el microcontrolador es el corazón del sistema, realiza la captura de datos, los cálculos y su posterior envío.



Figura 4 Arquitectura de CanSat

El CanSat es totalmente autónomo y no recibe órdenes desde la estación terrena ni por ningún otro medio. Aquí podemos observar las diferencias entre los tipos de misión. El módulo, se centra en la misión del tipo Telemetría, que describimos en la Figura 5, cuya función básica es adquirir datos de presión, temperatura, altura y tensión de la fuente de poder del CanSat.

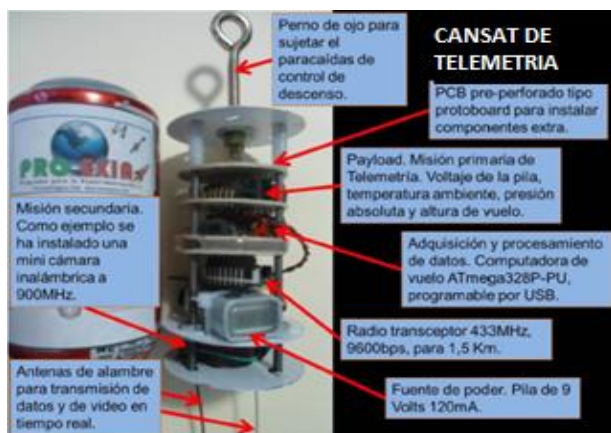


Figura 5 CanSat de telemetría

Adicionalmente, los alumnos participantes podrán agregar al menos una misión secundaria que se muestran en la Figura 6.



Figura 6 Sensores adicionales para el CanSat de telemetría

**Selección del CPU principal**

En el mercado existen variadas opciones para realizar la búsqueda y selección de la unidad de manejo de datos, existe microcontrolador PIC, microcontrolador AVR, Tarjeta de desarrollo Pinguino PIC, Tarjeta de desarrollo Mbed ARM, Computadora Raspberry Pi y Tarjeta de desarrollo Arduino.

Es muy importante para este momento, haber realizado la definición de la misión que va a realizar el equipo. Los factores que intervienen a la hora de decidir la adquisición de alguno de estos equipos, suelen ser principalmente:

- Nivel de tensión de operación compatible con la fuente de alimentación y la carga útil.
- Número de terminales de entrada y salida.
- Número de convertidores A/D.
- Cantidad y tipo de interfaz de comunicaciones (USB, UART, SPI, I2C).
- Cantidad de memoria disponible.
- Velocidad de operación.
- Disponibilidad y conocimiento del software y soporte técnico.
- Dimensiones, peso y costo.

Para nuestro CanSat Kit se ha seleccionado el microcontrolador AVR ATmega328P-PU, en una tarjeta ARDUINO UNO Compatible, (ver Figura 7) debido a que cumple con las necesidades de la misión.



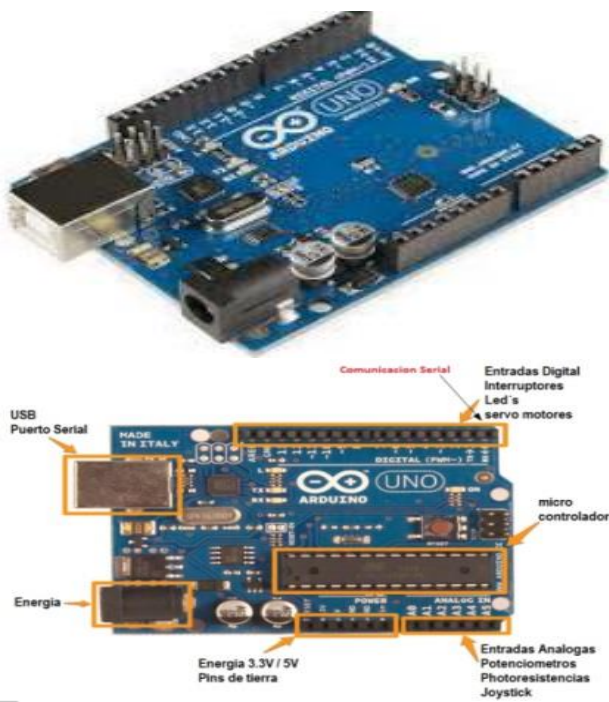


Figura 7 Tarjeta de desarrollo Arduino

**Ensamble del CanSat de Telemetría**

El CanSat, se encuentra montado en una lámina de acero galvanizado calibre 24 de 55x92mm, el cual sirve para contener la unidad de manejo de datos, la fuente de alimentación, y la carga útil.

El subsistema de comunicaciones está a cargo de un transceptor RF1 100-232 que opera a 433MHz y 9600bps con modulación GFSK (Modulación por desplazamiento de frecuencia gaussiana), con una distancia de transmisión a línea de vista de 100 metros con las antenas omnidireccionales incluidas.

Para realizar la conexión entre la fuente de alimentación, la unidad de manejo de datos, la carga útil y el subsistema de comunicaciones, se ha dispuesto de un ESCUDO –Shield-especialmente diseñado para soportar los subsistemas de Misión y Comunicaciones, que cuenta con pines troquelados macho de 0.1” en los que se puede realizar la interconexión directa con la computadora de vuelo del subsistema de C&DH.

Primero protegemos el área donde soldaremos, cubriendo con papel craft fijado a la mesa con cinta adherible, y tener la herramienta que utilizaremos, como muestra la Figura 8.



- Pinza para cables.
- Pinza de corte diagonal.
- Exacto.
- Extractor.
- Cautín 30W.
- Pistola de silicona.
- Alcohol isopropílico.
- Cepillo de dientes.
- Pasta.
- Estañó.



Figura 8 Herramienta que utilizamos durante el proceso

Limpiamos con alcohol isopropílico y un cepillo el cobre de nuestra placa, para que al soldar, se aseguré una correcta unión, como muestra la Figura 9:

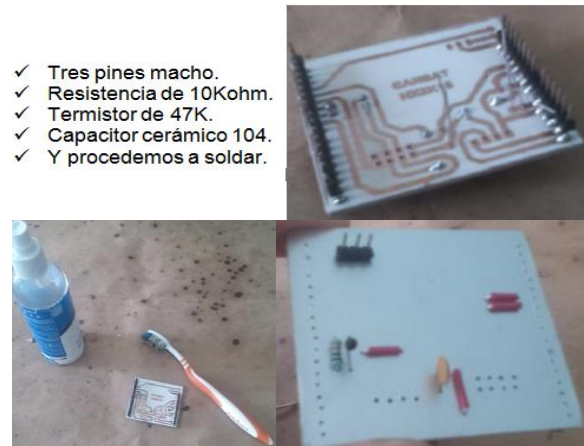


Figura 9 Limpieza y componentes de la placa

Soldamos el sensor de presión y temperatura BMP180 de Bosch. Después nuestro radio NRF24L0, quedando como muestra la Figura 10; Evitando unir pines adyacentes al soldar y aplicar calor durante mucho tiempo, ya que se pueden dañar los componentes del radio.

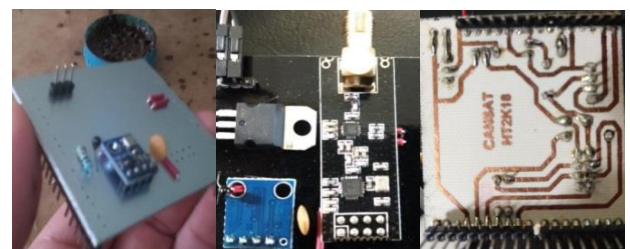


Figura 10 Colocación del sensor de temperatura, presión y radio NRF24L01



Colocamos un broche para pila de 9Volts, e instalamos el micro switch deslizable que controla el encendido de nuestro CanSat.

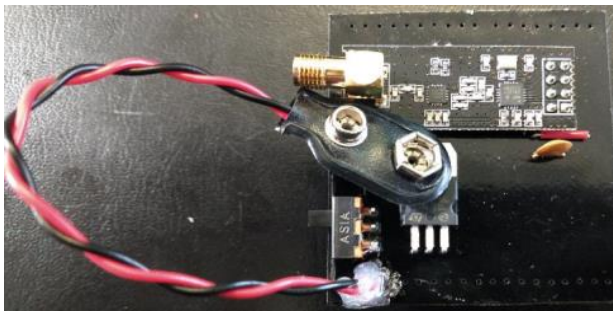


Figura 11 Colocación del sensor de temperatura, presión y radio NRF24L01

Se coloca silicón caliente en los cables del broche de pila de 9V, para evitar que con el movimiento constante por la conexión y desconexión de la pila, los cables se quiebren o terminen en falso contacto, vea Figura 11. Y así se ve ya terminado nuestro escudo para CanSat de Telemetría. En el bastidor, debemos colocar los cinchos sujetadores para la pila de 9V, las “cabezas” de los cinchos tienen una posición concreta, como observamos en la Figura 12.

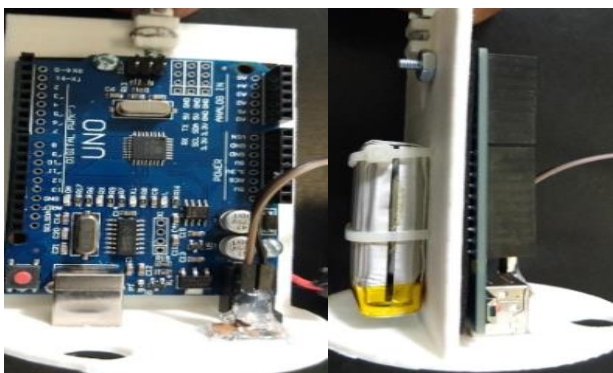
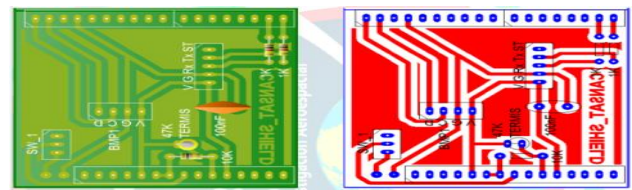


Figura 12 Colocación de la pila en el bastidor

El Arduino UNO, se le pone una base de foamy y de una placa de PVC; para evitar cortos del Arduino UNO con el bastidor. Se sujeta el Arduino al bastidor con tornillos y tuercas, apretando a mano y no con tanta presión para evitar daños en la placa. Ésto lo hace versátil, para realizar un nuevo PCB del Shield principal de un nuevo desarrollo, ya que siempre se tiene acceso a todos los pines del microcontrolador.

Es importante relacionar todas las terminales del PCB con las del microcontrolador, El “pin-out” del ATmega328 en la Figura 13, y en color azul la numeración que le corresponde a cada pin de acuerdo con el hardware de la placa Arduino Uno Compatible.



(PCINT14/RESET) PC6	1	[A5]28	PC5 (ADC5/SCL/PCINT13)
(PCINT16/RXD) PD0	2[0]**	[A4]27	PC4 (ADC4/SDA/PCINT12)
(PCINT17/TXD) PD1	3[1]**	[A3]26	PC3 (ADC3/PCINT11)
(PCINT18/INT0) PD2	4[2]	[A2]25	PC2 (ADC2/PCINT10)
(PCINT19/OC2B/INT1) PD3	5[3]-	[A1]24	PC1 (ADC1/PCINT9)
(PCINT20/XCK/T0) PD4	6[4]	[A0]23	PC0 (ADC0/PCINT8)
VCC	7		GND
GND	8		22
(PCINT6/XTAL1/TOSC1) PB6	9		21
(PCINT7/XTAL2/TOSC2) PB7	10	[13]19	20
(PCINT21/OC0B/T1) PD5	11 [5]-	[12]18	AVCC
(PCINT22/OC0A/AIN0) PD6	12 [6]-	[11]17	PB5 (SCK/PCINT5)
(PCINT23/AIN1) PD7	13 [7]-	[10]16	PB4 (MISO/PCINT4)
(PCINT0/CLKO/ICP1) PB0	14 [8]-	[9]15	PB3 (MOSI/OC2A/PCINT3)
			PB2 (SS/OC1B/PCINT2)
			PB1 (OC1A/PCINT1)

-- PWM

Figura 13 Tarjeta de ensamble para CanSat y diagrama de ATmega328

Se instala el escudo sobre el Arduino UNO, Utilizamos un tornillo de ojo cerrado. Ya roscado, se retira para introducir al CanSat en un envase para cubrirlo del tamaño de una lata de 355 ml. Introducimos el CanSat y rosca el perno como vemos en la Figura 14; la tuerca externa sirve para ajustar al bastidor.

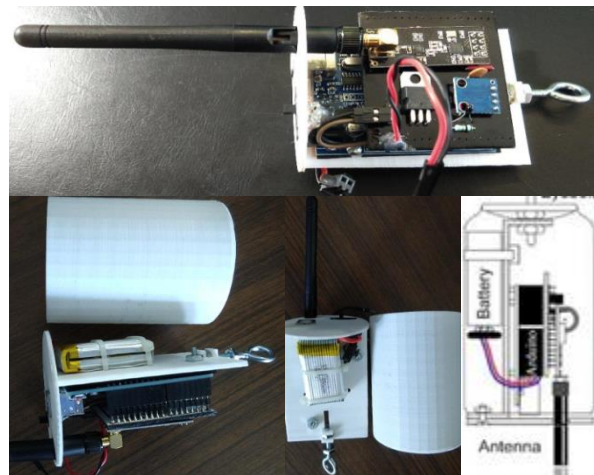


Figura 14 Escudo sobre el Arduino UNO

Con esto queda listo nuestro CanSat de Telemetría, Solo falta realizar la programación y montarlo en el Drone, para ser lanzado, ya en el aire comenzar a capturar datos.

### Resultados

En este artículo se explica el desarrollo del proyecto, pero como se aclaró solo se desarrolló la primer etapa del proyecto, cumpliéndose el objetivo al realizar las diferentes pruebas. Las pruebas que se deben de realizar una vez integrado el sistema CanSat deben de ser no destructivas ni presentar riesgos al equipo, básicamente en esta etapa se realizó la comprobación de:

ORTIZ-RAMÍREZ, Carlos Artemio, LUCERO-ÁLVAREZ, Cupertino, Patricia Mendoza Crisóstomo, PÉREZ-CRUZ, Pascual, FLORES-TRUJILLO, Iván Antonio, RAMÍREZ-CORTES, Elva Patricia, MERINO-VIAZCÁN Janet y SOLANO-PALAPA, Nathaly. Perfil de la misión y selección de subsistemas del prototipo Cansat para montarse en drone multitor. Revista de Ingeniería Tecnológica. 2018

**Pruebas operativas.** Integridad mecánica. Se inspeccionó visualmente el bastidor y elementos de unión mecánicos para asegurarse de su correcto ajuste, se comprobó que la batería esté correctamente sujeta al bastidor con los medios adecuados y que donde va el amarre al Drone sea un punto de sujeción firme, la antena debe estar fuera del CanSat pero sin extenderse más allá de su circunferencia. La lata que sirve como cubierta exterior debe estar firmemente sujeta al bastidor y al Drone y no debe de presentar aristas con filo.

**Alimentación eléctrica y conexiones.** Nos asegurarnos que el nivel de tensión en la batería es correcto y que la salida de tensión del regulador esté dentro de los parámetros esperados, también se requirió de inspeccionar las conexiones eléctricas realizadas entre la carga útil, unidad de manejo de datos y el transceptor.

Se logró la enseñanza con la metodología basada en aprendizaje.

Se adaptó el sistema de sensores y comunicaciones a las necesidades propias.

Se concluye que el sistema dará un aprendizaje significativo en alumnos en la aplicación de telecomunicaciones.

Se observa la optimización de los recursos que conlleva el CanSat ya que representa un ahorro de equipo real o acceso a él y de esfuerzo.

Se deduce que la implementación del sistema aumentará los conocimientos en alumnos de TSU e Ingeniería.

Se Pretende en una reingeniería posterior implementar un sistema fotovoltaico con paneles solares adecuados para energizar el sistema CanSat.

Se pueden en este momento Presentar el proyecto, por partes para la captación de alumnos del próximo ciclo escolar u ocuparlo para la transferencia de tecnología a bachilleres.

## Agradecimiento

Agradecemos a la la Secretaría de Educación Pública, Subsecretaría de Educación Superior-Dirección General de Educación Superior Universitaria.

## Conclusiones

El proyecto se desarrolló en tiempo y forma quedando satisfechos con los resultados las instituciones involucradas, la Secretaría de Educación Pública, Subsecretaría de Educación Superior-Dirección General de Educación Superior Universitaria, la UTIM como líder y responsable del proyecto y encargada de transferir la tecnología.

Con todo lo anterior se logró Impactar directa y significativamente en el aprendizaje de los alumnos de redes y telecomunicaciones de TSU e Ingeniería de la UTIM que actualmente están tomando el curso de aplicación de las Telecomunicaciones, se plantea poder dar una demostración práctica a los alumnos que visitan la UTIM en el programa “Vamos a la UTIM” así impactar en la captación de alumnos para la carrera de TIC SI o RT todo mediante la metodología de aprendizaje basada en proyecto

## Referencias

AcademiaJournals 2015. Investigación en las Ciencias con Pertinencia. M C Ortiz Ramirez, *Investigación en las Ciencias con Pertinencia* (págs. 161 - 165). Tuxpan, Veracruz: Academia Journals

MSC. Patricia Mendoza Crisóstomo, M. e. (2015). Desarrollo de proyectos de software aplicando diferentes metodologías. En A. Journals, *Compendio de Investigación en tecnologías estratégicas Colima 2015* (Vol. 3, págs. 957-962). Colima, Mexico: AcademiaJournals.com

Doody, D. (2011). Basics of Space flight. USA: National Aeronautics and Space Administration. University Space Engineering Consortium. (2011). Can Satellite (CanSat) Design Manual. Japón: Unisec.

Norwegian Center for Space-related Education. (2010). The CanSat Book. Noruega: NAROM. Stensat Group LLC. (2011). CanSat Program. USA: Stensat Group LLC.

American Institute of Aeronautics and Astronautics. (2014). CanSat Competition Guide 2015. USA: AIAA.

Agencia Espacial Mexicana. (2013). Introducción a los Sistemas Espaciales. México: AEM