



**XVI**  
Congreso Nacional de  
Investigación Educativa  
CNIE-2021

## Desarrollo de picosatélites CanSat: una propuesta para la educación STEM

### **Mariana Natalia Ibarra Bonilla**

Tecnológico Nacional de México/ITS de Atlixco  
[mariana.ibarra@itsatlixco.edu.mx](mailto:mariana.ibarra@itsatlixco.edu.mx)

### **Fernando Sánchez Taxis**

Tecnológico Nacional de México/ITS de Atlixco  
[fernando.sanchez@itsatlixco.edu.mx](mailto:fernando.sanchez@itsatlixco.edu.mx)

### **Raúl Eusebio Grande**

Tecnológico Nacional de México/ITS de Atlixco  
[raul.eusebio@itsatlixco.edu.mx](mailto:raul.eusebio@itsatlixco.edu.mx)

Área temática 11. Educación superior y ciencia, tecnología e innovación.

Línea temática: redes de investigación científica y tecnológica y su papel en la producción de conocimiento.

Tipo de ponencia: Intervenciones educativas sustentadas en investigación.



### **Resumen**

Actualmente, el denominado enfoque STEM (acrónimo de las iniciales en inglés Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) es el protagonista de la innovación en el ámbito educativo. Por ello, en diversos centros e instituciones educativas han incorporado las misiones espaciales satelitales con dispositivos didácticos para promover la aplicación de educación STEM, pues este tipo de misiones corresponden a procesos multidisciplinarios. En específico, uno de los dispositivos más utilizados son los picosatélites enlatados, CanSat. Un CanSat es una simulación de un satélite real, integrado dentro del volumen y forma de una lata de aluminio. En este artículo se presenta una descripción de las etapas y disciplinas principales para construir un CanSat, una propuesta propia del cuerpo académico de la División de Ingeniería Mecatrónica del Instituto Tecnológico Superior de Atlixco (ITSA), y su aporte al perfil de egreso de un Ingeniero Mecatrónico.

**Palabras clave:** STEM, picosatélite, CanSat, educativo.

## Introducción

En 1995 en la Universidad de Stanford surgió la iniciativa de involucrar a los estudiantes del programa educativo de ingeniería espacial en el diseño de satélites (Twiggs, 1998). Estos esfuerzos fueron realizados por parte del profesor Robert Twiggs con el diseño y construcción de un micro satélite que más adelante se le conocería con el término de CanSat. El acrónimo CanSat proviene de la palabra Can que significa “lata” en el idioma inglés y de Sat de la contracción de “satélite”.

En general, Los CanSat proporcionan el conocimiento de los principios operativos básicos de un satélite (Colin & Jimenez-Lizarraga, 2015), sin embargo no orbitan. Estos son lanzados por un cohete, globo o cualquier vehículo aéreo no tripulado, desde una altura aproximada de un kilómetro, para descender lentamente en paracaídas mientras recopilan y transmiten datos por telemetría a una estación terrestre. Los CanSat son completamente autónomos, pues durante el ascenso, descenso y/o retorno no pueden recibir instrucciones desde la estación terrestre.

El desafío principal para los profesores y estudiantes en la construcción de un CanSat es incorporar todos los subsistemas principales de un satélite, tales como etapa de potencia, electrónica, sensores, estructura mecánica, mecanismos y el sistema de telemetría dentro de un volumen mínimo, además de contar con una estación terrena para comunicaciones. Todo esto integra conceptos multidisciplinarios como matemáticas, física, mecánica, electrónica y computación, por lo que el desarrollo de un CanSat resulta en una manera inspiradora de implementar la educación STEM (Ortiz, 2020).

## Desarrollo

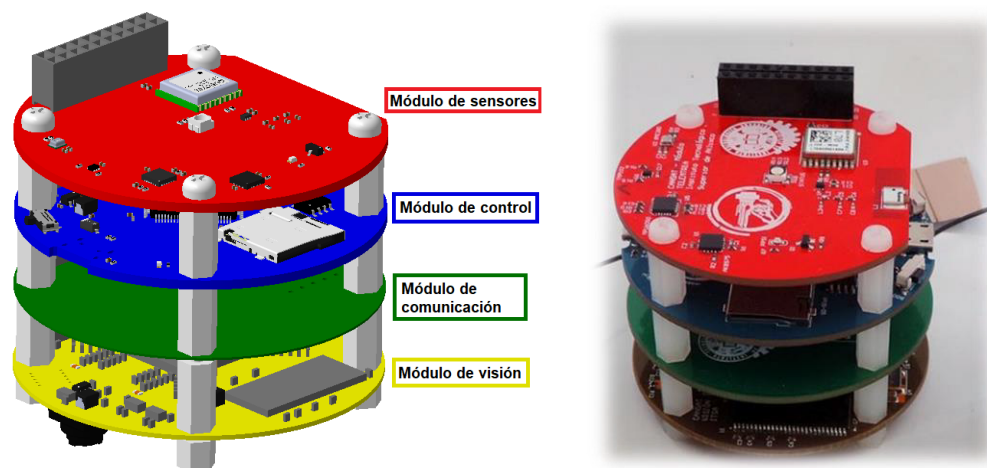
Con respecto a las tecnologías de construcción de los CanSat, dentro del estudio bibliográfico del estado del arte, se ha encontrado preeminencia de placas comerciales Arduino, Raspberry Pi y algunas de Texas Instruments usando módulos de comunicación X-Bee (Arruabarrena et al., 2019). Parte de la propuesta del Cuerpo Académico de la División de Ingeniería Mecatrónica del Instituto Tecnológico Superior de Atlixco (ITSA) es construir un CanSat utilizando tecnologías distintas a las antes mencionadas. Por ello, se propone el uso de un microcontrolador ARM Cortex-M4 como unidad de control principal y el protocolo de comunicación LoRa® (Long Range) en un prototipo modular que pueda ser utilizado mediante prácticas experimentales.

La construcción del CanSat la hemos dividido en 3 etapas principales: Electrónica, Mecánica y Computación. A continuación se describen de manera general cada una de estas etapas.

**Electrónica.** La electrónica del CanSat está conformada por sensores, unidad de control, módulo de comunicación y de visión. La placa de sensores está conformada por un sensor de temperatura, presión, humedad, un GPS

y una unidad de medición inercial. La placa de control está constituido por un procesador ARM-STM32F407 de 32 bits de la familia Cortex-M4. Este microcontrolador permite cargar un sistema operativo (OS), por lo que se usará OS-Micropython que permite programar el microcontrolador en lenguaje Python V3. La placa de comunicación está constituida únicamente por un transceptor con tecnología de modulación de espectro extendido, conocida como: LoRa® (Long Range) que permite comunicación inalámbrica con hasta 10 km de alcance. Con la finalidad de integrar aplicaciones de visión se incluye la placa de visión, la cual está constituida por una cámara OV7670 de Omnivision, interconectada con la FPGA-XC6SLX16 de Xilinx. La Figura 1 presenta un esquema de la distribución de las placas modulares del CanSat y su construcción física.

Figura 1. Esquema de la distribución de las placas modulares del CanSat



**Mecánica:** consiste en la carcasa del CanSat. El diseño mecánico es muy importante para mantener la integridad de todos los componentes. El primer prototipo se diseñó para un descenso por paracaídas. En este caso, el paracaídas es un artefacto que sirve para controlar la velocidad de descenso. En los concursos nacionales e internacionales se fija el rango de la velocidad de descenso del CanSat por medio de este artefacto.

Para analizar el fenómeno que ocurre desde que el CanSat se desprende del dron o vehículo de despegue hasta que cae a tierra, usamos el modelo matemático de caída libre, en donde encontramos las relaciones que existen entre los parámetros involucrados como son: ( $\rho$ ) densidad del aire, ( $C$ ) coeficiente de arrastre, ( $A$ ) área frontal del paracaídas, ( $m$ ) masa del CanSat, ( $g$ ) gravedad y ( $v$ ) velocidad límite.

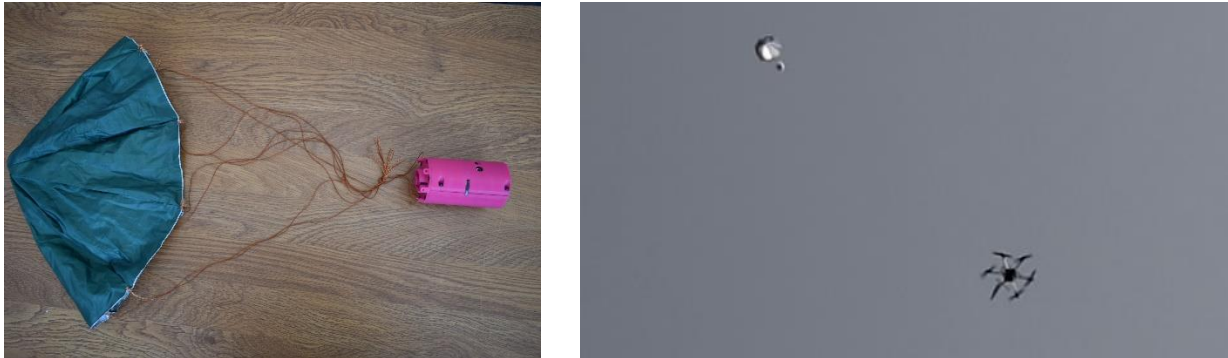
Partimos de la siguiente ecuación diferencial que rige la velocidad del CanSat con su peso:  $m \frac{dv}{dt} = mg - kv^2$ , donde consideramos que la resistencia del aire es proporcional al cuadrado de la velocidad del CanSat. Cabe resaltar que dicha relación se debe a las características del medio ambiente, pues para ambientes no uniformes la relación puede ser más compleja.

La solución de la ecuación diferencial lleva a determinar la velocidad límite del CanSat:  $v = \sqrt{(mg/k)}$ . Por otra parte, la constante de proporcionalidad  $k = \rho AC/2$ , nos brinda el ingrediente principal para poder determinar el tamaño del paracaídas, como consecuencia se tiene que:

$$A=2mg/(\rho C v^2).$$

Para efecto de los cálculos se consideran los siguientes datos:  $\rho=1.22 \text{ kg/m}^3$ ,  $m=0.25 \text{ kg}$ ,  $g=9.8 \text{ m/s}^2$ ,  $C=2.4$ ,  $v= 5.5 \text{ m/s}$ . El área del paracaídas resultante es:  $A=1054.82 \text{ cm}^2$ , en cuanto a la forma se decide un polígono regular de 8 lados. La Figura 2 presenta imágenes del CanSat con el paracaídas y una imagen de su uso.

Figura 2. CanSat con el paracaídas y prueba de descenso del CanSat



**Computación:** el CanSat debe transmitir la información de los sensores hacia una estación terrestre, desde el comienzo de la misión, hasta el final del mismo. La estructura básica la conforma una antena receptora, un transreceptor conectada a una computadora, en donde con ayuda de un software especializado se pueda analizar, extraer los datos, y visualizarlos por medio de gráficas. Esta etapa se encuentra en progreso.

Para conocer la percepción general de los estudiantes sobre el proyecto CanSat se encuestaron a 125 estudiantes activos de Ingeniería Mecatrónica del ITSA, comprendidos entre el 2° y 10° semestre. En la encuesta se visualizaban las siguientes afirmaciones:

1. Considero que el proyecto “CanSat” despierta mi interés en el estudio de sistemas mecatrónicos.
2. Este proyecto enriquece mi conocimiento sobre temas especializados tales como: programación, robótica, servomecanismos, instrumentación, teoría de control, sistemas digitales, CAD y electrónica de potencia.
3. Considero que el enfoque práctico de este proyecto es una contribución significativa al conocimiento que estoy adquiriendo en el campo de la mecatrónica.
4. Encuentro este proyecto desafiante y convincente.

En una escala de 1 a 5, respondieron en qué medida estaban de acuerdo con estas afirmaciones siendo 1 “No estoy de acuerdo” y 5 “Totalmente de acuerdo”. Los resultados se presentan en la Figura 3, en los cuales predomina una percepción positiva sobre el proyecto.

**Discusión de los resultados:** el estudio de la Ingeniería Mecatrónica es una profesional del STEM, pues abarca un conjunto de conocimientos, competencias y prácticas, todos relacionados con las disciplinas científico-

tecnológicas (Martín & Santaolalla, 2020). La Tabla 1 presenta las distintas asignaturas del Plan de estudios de Ingeniería Mecatrónica (clave IMCT-2010-229) requeridas en cada una de las etapas de desarrollo del CanSat. Este plan de estudios está compuesto por 49 asignaturas, y de acuerdo con la Tabla 1, el proyecto del CanSat requiere la aplicación de un total de 22 asignaturas, por lo que es un proyecto multidisciplinario que cubre alrededor de un 45% de este plan curricular, sin contar materias básicas del área de redacción y formulación de proyectos.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la encuesta, en las cuatro afirmaciones se obtiene en mayoría una percepción positiva de los estudiantes. Consideramos importante que el 64.8% de los encuestados opinan que desarrollar este tipo de proyectos enriquece su conocimiento en temas de especialidad. La educación STEM busca que los estudiantes se involucren y participen en los retos científico-tecnológicos y aportar soluciones a los retos sociales. Por ello, consideramos que la participación de estudiantes y docentes en el proyecto CanSat permitirá desarrollar competencias y habilidades STEM.

Figura 3. Resultados de la encuesta de percepción aplicada a los estudiantes

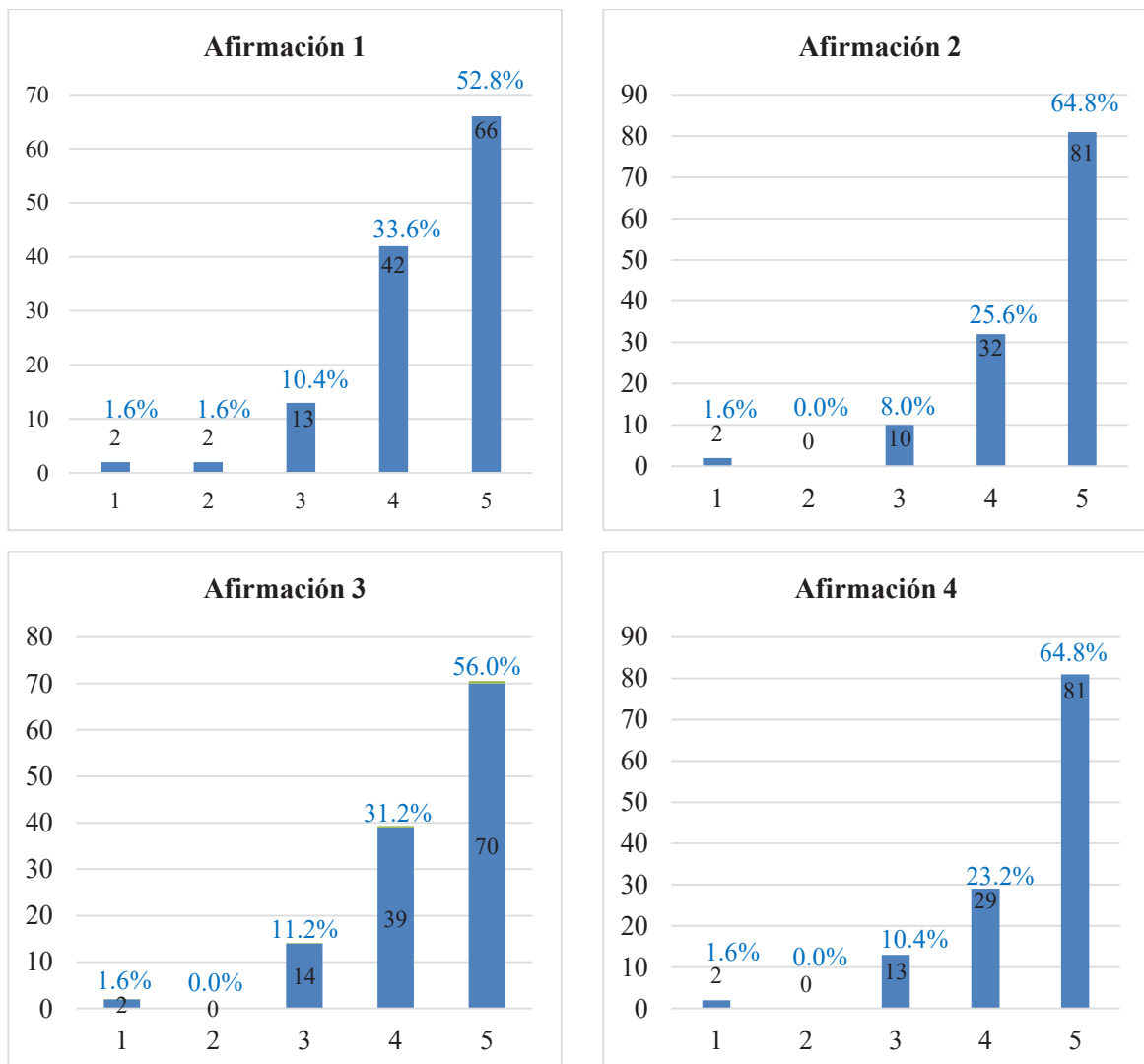


Tabla 1. Asignaturas involucradas en el desarrollo del CanSat

Electrónica	Mecánica	Computación
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metrología y Normalización.</li> <li>• Electrónica Analógica.</li> <li>• Electrónica de Potencia Aplicada.</li> <li>• Electrónica Digital.</li> <li>• Microcontroladores.</li> <li>• Instrumentación.</li> <li>• Control.</li> <li>• Control Digital.</li> <li>• Robótica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dibujo Asistido por Computadora.</li> <li>• Ciencia e ingeniería de los materiales.</li> <li>• Electromagnetismo.</li> <li>• Cálculo integral.</li> <li>• Ecuaciones diferenciales.</li> <li>• Métodos numéricos.</li> <li>• Procesos de fabricación.</li> <li>• Manufactura Avanzada.</li> <li>• Mecanismos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programación Básica.</li> <li>• Programación Avanzada.</li> <li>• Interfaces y Redes Industriales.</li> </ul>

## Conclusiones

Un CanSat representa una plataforma que puede tener fines didácticos para incentivar a la investigación y la innovación tecnológica, pues involucra procesos multidisciplinarios, como matemáticas, física, mecánica, electrónica y computación. Para nosotros, este proyecto representa la integración de distintos conocimientos, competencias y prácticas que pueden ser promovidas y desarrolladas a través de la formación profesional de los estudiantes de Ingeniería Mecatrónica del ITSA desarrollando sus habilidades STEM.

Si bien el proyecto aún está en etapa de desarrollo, nuestro objetivo es inspirar y crear experiencias dentro de las aulas de las instituciones de nivel superior principalmente, cuyos intereses estén en las áreas STEM.

## Referencias

- Arruabarrena, M., Fernández, A., Medel, R., & Mori, L. (2019). Estudio bibliográfico del estado del arte del desarrollo y aplicaciones educativas de CanSats. X CATE.
- Colin, A. & Jimenez-Lizárraga, M. (2015). The CanSat technology for climate monitoring in small regions at altitudes below 1 km. IAA Climate Change & Disaster Management Conference.
- Martín, O., & Santaolalla, E. (2020). Educación STEM. Padres y Maestros/Journal of Parents and Teachers, (381), 41-46.
- Ortiz, D. (2020). CanSat Pico-satellite building workshop as an effective tool for STEAM education, a case study. Asee's Virtual Conference at Home with Engineering Education.
- Twiggs R. (1998). University Space System Symposium (USSS), Hawaii, USA.