



Design and implementation of a launching mechanism for CANSAT devices

Diseño e implementación de un mecanismo de lanzamiento para dispositivos CANSAT

Lina Sofía Daza-Melo^{1*}, Miguel Ángel Califa-Urquiza², Juan Andrés Gutiérrez-Castro³, Erik Steven Álvarez-Ochoa⁴, Nicolás Díaz-Olaya⁵

¹Estudiante en Colegio Empresarial los Andes, l.daza@colegioempresarial.edu.co, <https://orcid.org/0000-0002-9058-2555>, Colegio Empresarial los Andes, Facatativá, Colombia.

²Ingeniero Electrónico, m.robotica@colegioempresarial.edu.co, <https://orcid.org/0000-0001-8556-9092>, Colegio Empresarial los Andes, Facatativá, Colombia.

³Estudiante en Colegio Empresarial los Andes, j.gutierrez@colegioempresarial.edu.co, <https://orcid.org/0000-0003-0621-8687>, Colegio Empresarial los Andes, Facatativá, Colombia.

⁴Estudiante en Colegio Empresarial los Andes, e.alvarez@colegioempresarial.edu.co, <https://orcid.org/0000-0002-4010-8257>, Colegio Empresarial los Andes, Facatativá, Colombia.

⁵Estudiante en Colegio Empresarial los Andes, n.diaz@colegioempresarial.edu.co, <https://orcid.org/0000-0001-9349-6727>, Colegio Empresarial los Andes, Facatativá, Colombia.

How to cite: L. S. Daza-Melo, M. Ángel Califa-Urquiza, J. A. Gutiérrez-Castro, E. S. Álvarez-Ochoa, y N. Díaz-Olaya, "Diseño e implementación de un mecanismo de lanzamiento para dispositivos CANSAT", *Respuestas*, vol. 27, n.º 2, 41-54, may 2022. <https://doi.org/10.22463/0122820X.3357>

Received on September 16, 2020; Approved on April 25, 2022

ABSTRACT

Keywords:

Cyborg CEA, CANSAT,
Bullet, Satellite,
Launching Device.

Our Cyborg CEA team, formed by students from College Empresarial Los Andes, has proposed for the CANSAT Colombia 2021 innovation challenge to develop a launching device that allows CANSATs to overcome the conventional launching height, which for students of school categories is usually from the highest floor of a building. For this reason and taking advantage of the local availability of gunpowder along with the miniaturization of electronic components and modular design we propose to develop and launch a bullet type satellite.

RESUMEN

Palabras clave:

Cyborg CEA, CANSAT,
Bala, Satélite, Dispositivo
de lanzamiento.

Nuestro equipo Cyborg CEA, conformado por estudiantes del Colegio Empresarial Los Andes, se ha propuesto para el reto de innovación CANSAT Colombia 2021 desarrollar un dispositivo de lanzamiento que permita a los CANSAT superar la altura de lanzamiento convencional, que para los estudiantes de categorías escolares suele ser desde el piso más alto de un edificio. Por esta razón y aprovechando la disponibilidad local de pólvora junto con la miniaturización de los componentes electrónicos y el diseño modular se propone desarrollar y lanzar un satélite tipo bala.

Introducción

Una de las iniciativas usadas para innovar en el campo de estudio de las ciencias espaciales se denomina proyecto nanosatélite el cual contiene dos componentes principales (la estación terrena y la estación satélite) [1] cuya misión es recolectar la mayor cantidad de información posible acerca de variables físicas que afectan el medio ambiente (Ejemplo, temperatura, humedad, presión atmosférica) y variables de georreferenciación como la latitud y longitud.

Los dispositivos CANSAT son altamente reconocidos por los diferentes centros educativos alrededor del mundo como procesos didácticos, colaborativos y multidisciplinarios, diseñados para fomentar las competencias pedagógicas e investigativas para que los jóvenes se interesen en las ciencias aeroespaciales, además de ser ideales para la implementación de cursos STEM (ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) [2], ello conlleva a que año tras año se proponga como actividad o competencia en más instituciones educativas. Estos dispositivos han sido resaltados por diversas instituciones como la Agencia

*Corresponding author.

E-mail Address: l.daza@colegioempresarial.edu.co (Lina Sofía Daza-Melo)



Peer review is the responsibility of the Universidad Francisco de Paula Santander.

This is an article under the license CC BY-NC 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

Espacial Europea(ESA) a través de proyectos que promueven la solución de problemas, el desarrollo de estrategias cognitivas y metacognitivas además del amplio uso de lenguaje matemático, informático y físico [3], cada dispositivo puede ser único en su objetivo y forma, de esta manera se ha visto como se han desarrollado infinidad de equipos con el objeto de medición de variables meteorológicas pero también robots exploradores para exploración terrestre, siendo ideales para la exploración espacial en otros planetas; investigaciones recientes revelan diseños preliminares de neumáticos y otros elementos fundamentales para posibilitar su construcción [4].

Un dispositivo CANSAT con objeto meteorológico está diseñado para el estudio de las condiciones climáticas adversas de cualquier planeta para lo cual suele estar aprovisionado con diferentes sensores que miden condiciones físicas tales como temperatura, humedad, presión atmosférica y sensores con el objeto del estudio de imágenes como cámaras de video [5], complementarios como el GPS lo cual lo convierte en un reto bastante desafiante especialmente para estudiantes de cualquier ámbito educativo cuyo deseo es recolectar información para posteriormente procesarla [6], puede decirse a grandes rasgos que está compuesto por tres partes fundamentales, la primera que es la lata CANSAT que debe ser un prototipo de satélite del tamaño de una lata de gaseosa, el cual contendrá en su interior toda la electrónica y sensorial para entrar en operación, toda la electrónica está alimentada por una fuente de alimentación que puede ser limitada como una o varias baterías de diferente tecnología o puede ser recargable aprovechando de la energía a la cual puede disponer el dispositivo, tal como energía eléctrica y/o piezoeléctrica [7]. La segunda la estación terrena la cual es el componente encargado de recibir y decodificar la información en tiempo real y los programas de control desde los cuales se configura, administra y monitoriza el microsatélite [8]. Y la tercera que es en la cual vamos a profundizar en este proyecto es el mecanismo de lanzamiento.

Materiales y Métodos

Lata CANSAT

Desde 1957 se han desarrollado gran diversidad de satélites, con diferentes propósitos entre los cuales se puede listar los de telecomunicaciones, observaciones, y demás. Desde entonces, hasta 1998 se fueron convirtiendo en más voluminosos, robustos y pesados. El Dr. Twiggs fue el primero en proponer una constelación de micro satélites conectados a una nave principal o nodriza, iniciativa que dio a su estudiante el Dr. Suari. Años después en 1999 se da el nombre de CANSAT y es autorizado como pico satélite al tiempo que se introducen los siguientes términos [9]:

- Mini satélite con peso de 500-1000 kg.
- Microsatélite con peso de 100-1000kg.
- Nano satélite con peso total de 1-10kg.
- Pico satélite con peso total máximo de 1kg.

El dispositivo que se desarrolló en nuestra misión se categorizó como pico satélite, para cumplir con las normativas de la competencia, este contó con las siguientes características:

- Volumen 350ml.
- Peso 500 Gramos +/- 5%
- Todos los componentes se integraron de manera compacta en un chasis para nanosatélite.

- El paracaídas y la antena se ubicaron externamente.
- Incluyó un sistema de transmisión de datos con un rango mínimo de 1000 metros de línea de vista.

Todo lo anterior compone la misión Sabio Caldas en honor a Francisco José de Caldas, por otra parte, para estar dentro de la categoría Nikola Tesla, se deberá incorporar mínimo un módulo GPS, y finalmente para la misión Cardio Satélite en honor a Jorge Reynolds incluirá un led parpadeando a una frecuencia entre 60 y 90 Hz con salida de luz a través de un led [10].

El diseño comienza encontrando los elementos con los cuales el dispositivo CANSAT cumplirá con los anteriores requerimientos por lo que optamos por emplear:

- Los módulos Wemos D1 Mini R2, es un microcontrolador, y destaca su funcionalidad específica, como la conexión Wi-Fi y la alta frecuencia de reloj.
- Módulos de expansión DHT11, BMP180 y SDCARD, con lo cual brindamos la posibilidad de medir las variables como Temperatura/ Humedad / Presión Atmosférica y almacenar los datos digitalmente al interior del satélite como copia o respaldo de toda la información.
- Modulo sensor de polvo Sharp, diseñado para medir la concentración de partículas en el aire.
- Módulo de GPS NEO 6M para conocer su posición en tiempo real (latitud/longitud).
- Módulo de radiofrecuencia LORA 950 MHz para transmitir la información en tiempo real al exterior de la lata CANSAT.

Todos estos módulos al interior de la lata CANSAT se conectarán para permitir el intercambio de información, sin embargo, conociendo de antemano que las microcomputadoras WEMOS D1 poseen un número limitado de pines y que el espacio en la lata a su vez no permite apilar muchos módulos hemos separado el diseño en dos secciones al interior de la lata CANSAT:

Módulo de Registro y Almacenamiento de datos. El módulo de Registro y Almacenamiento tendrá en su interior una microcomputadora, los sensores y el módulo GPS para así leer y almacenar toda la información en la SD, al tiempo que la transmite por dos pines en forma serial. Figura 1.

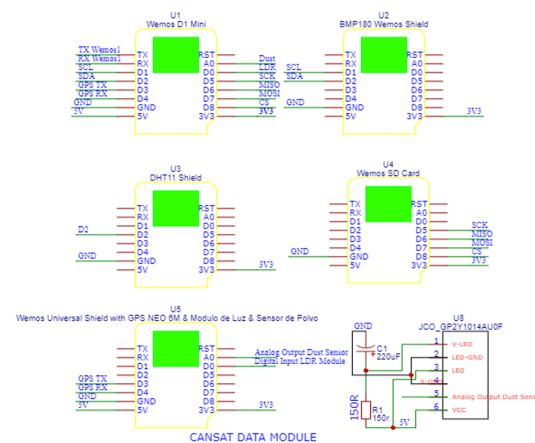


Figura 1. CANSAT data module

Por otra parte, el módulo de simulación de marcapasos y transmisión de datos estará a través de un led generando una frecuencia variable entre 60Hz y 90Hz, al tiempo que estará a la escucha del primer módulo, al recibir un mensaje lo transmitirá de inmediato a través del módulo LORA, por lo cual este tendrá que estar conectado un bombillo RGB y el módulo de transmisión LORA. Figura 2.

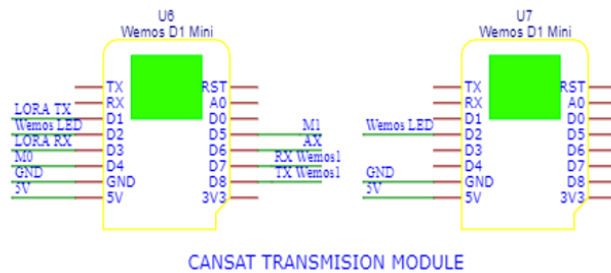


Figura 2. CANSAT transmisión module

Conociendo que componentes electrónicos son los mínimos que requiere el dispositivo para ejecutar la misión Sabio Caldas, Nikola Tesla y Jorge Reynolds se procede a simular en un espacio de edición 3D, el cómo se ajustaran los elementos a la lata CANSAT, ver Figura 3.

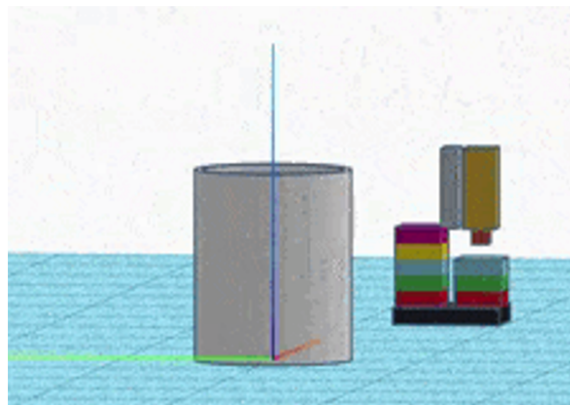


Figura 3. CANSAT 3D

Tras la adquisición de los materiales, se procedió a la integración y unión de los componentes electrónicos. Dada la especificidad del proyecto, se desarrollaron dos programas para cada una de los microcontroladores. El primer código denominado ‘CodigoWemosD1Cansat’ contiene todas las rutinas para realizar lectura de los sensores, almacenamiento de la información en la tarjeta MICROSD y la transmisión de toda la información a través del puerto serial. Por otro lado, el segundo código llamado ‘CodigoConfigurarTransmisor’ será el encargado de transmitir los datos al módulo LORA. Detalles adicionales sobre estos programas se pueden encontrar en el repositorio de GitHub [11].

Estación terrena

Una vez implementado el dispositivo CANSAT se inicia el desarrollo de la estación terrena, la cual será el dispositivo que conectado al computador realizará la recepción de los datos y su transmisión posterior a internet o su almacenamiento en un archivo de texto plano.

Esta estación terrena mínimo necesita de un microcomputador capaz de recibir la información junto con un dispositivo LORA para la recepción de la información enviada (creando el radioenlace). Para lograr ello usamos un módulo ESP8266 extra en conjunto con su respectivo módulo LORA915 MHz conectado de la siguiente forma en la Figura 4.

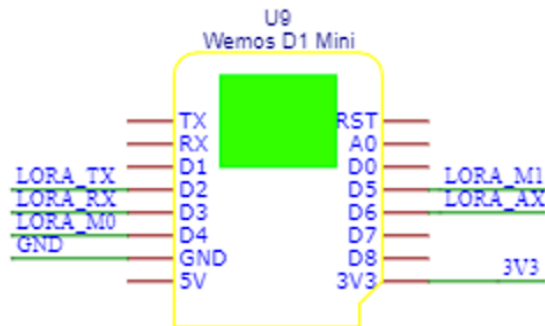


Figura 4. CANSAT reception module

Finalmente, se desarrolló el código fuente denominado ‘codigoConfigurarReceptor’ [11] para realizar la captura y procesamiento de los datos transmitidos por él. Es relevante mencionar que el término ‘configurar’ forma parte del nombre debido a la función inicial del microcontrolador, que consiste en establecer los parámetros de configuración al módulo LORA, asegurando la coincidencia en frecuencia, el canal de transmisión y la potencia.

Diseño experimental y análisis estadístico

Desarrollo del mecanismo de lanzamiento: Una vez superada la etapa de desarrollo del dispositivo CANSAT y el módulo receptor en tierra se llega a la etapa de desarrollo del dispositivo de lanzamiento, por lo cual se realiza la pregunta:

¿Cómo alcanzar la altura objetivo?

Nuestra altura objetivo para 2021 son 100 metros de altura, y para ello, nos basamos en la experiencia previa de los integrantes de nuestro equipo. Donde en 2019, utilizamos drones para evaluar condiciones agrícolas en un proyecto independiente y, meses antes de este proyecto, lanzamos un mini satélite CANSAT usando globos de helio. De estas experiencias hemos llegado a las siguientes conclusiones:

- Aunque los dispositivos CANSAT a menudo se elevan a gran altitud empleando drones [12], conocemos las limitaciones de esta opción: no es viable sin acceso a un dron o los recursos para contratar este servicio.
- Nuestra experiencia con globos de helio también es valiosa; sin embargo, aprendimos de este lanzamiento que se requiere de una gran cantidad de helio para elevar los dispositivos CANSAT a una pequeña altura (se emplearon 3 globos de helio R40 para llevar a 40 metros de altura en una anterior competencia).
- Finalmente, estamos al tanto de que los CANSAT pueden alcanzar altitudes significativas empleando cohetes y dispositivos basados en el principio de combustión [13].

La pólvora es un elemento de difícil acceso y de gran poder, el cual tiene el potencial de hacer que los mecanismos de lanzamiento sean más compactos y con un mayor alcance gracias al potencial tan grande que poseen [14]. La pólvora ha sido recomendada por diferentes investigaciones por las razones anteriormente mencionadas, por lo tanto, será el combustible con el cual se va a obtener la potencia necesaria para elevar el CANSAT por encima de los 100 metros.

Conociendo de antemano la presión, y la temperatura que experimentará una bala al momento de ser expulsada por un cañón, teníamos que rediseñar la lata CANSAT, reemplazando la lata por un material PVC de dimensiones similares y mayor grosor de pared resultando en la Figura 5:



Figura 5. Carcasa protección CANSAT

Una vez ensamblados todos los componentes del CANSAT en su carcasa, el siguiente paso es insertar cuidadosamente la unidad ensamblada dentro de un cañón de 3". Esta instalación se realiza en conjunto con una carga explosiva cuidadosamente calibrada. Ver figura 6 para más detalles.



Figura 6. Cañón 3"

Este cañón está compuesto por fibra de vidrio, diseñado para disparar balas de pólvora que tienen un peso de alrededor de 375 gramos. Figura 7

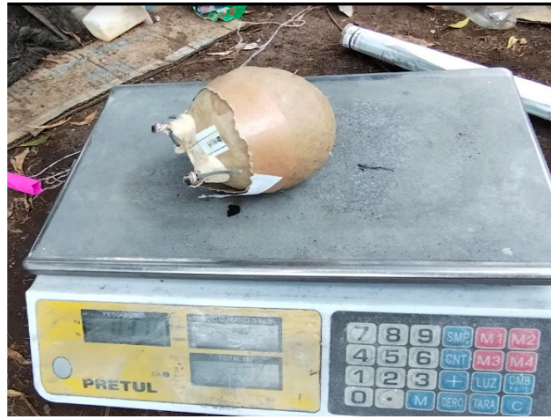


Figura 7. Balas de cañón 3"

Estas balas son empleadas normalmente para ambientar fiestas y eventos, detonando al momento de llegar al punto más alto una carga explosiva. La bala será reemplazada por la lata CANSAT.

También se contempló la posibilidad de elevar todo el conjunto CANSAT con un volador, donde una mecha explosiva libera el CANSAT al terminar de quemar toda la pólvora al interior de la misma. Figura 8



Figura 8. CANSAT implementado en volador

Finalmente, y como última alternativa se propuso lanzar el dispositivo CANSAT en un volador de tipo hélice, el cual emula el vuelo de un helicóptero, girando a una alta velocidad alcanzando una gran altura en pocos segundos. Figura 9



Figura 9. CANSAT implementado en volador de rotación

Esta iniciativa nos deja el reto de asegurar muy bien los componentes para soportar las grandes fuerzas centrífugas.

Resultados y Discusión

Las misiones CANSAT son reconocidas por varios centros educativos como procesos didácticos, multidisciplinarios y colaborativos, en esta ocasión ha sido el ambiente ideal para integrar un primer grupo de desarrollo del minisatélite, un segundo grupo encargado de la recepción y medición de los parámetros registrados, y un tercer grupo a cargo de los sistemas de lanzamiento y todas las personas involucradas a su vez, a cargo de la recuperación tras la caída libre [15].

Durante las pruebas cada grupo desde su disciplina preparó una y otra vez el dispositivo CANSAT para registrar toda la mayor cantidad de datos durante su tiempo en el aire y la respuesta de cada uno de sus componentes.

Cañón de 3"

Se realizan 5 lanzamientos en el campo de pruebas donde se obtienen los siguientes resultados. Tabla I

Tabla I. Pruebas realizadas para evaluar el rendimiento del sistema paracaídas

Número de Prueba	Resultado
1	El paracaídas se quema. Pero la altura se alcanza.
2	El paracaídas se rompe. Pero la altura se alcanza.
3	El paracaídas se rompe. Pero la altura se alcanza.
4	El paracaídas se abre demasiado rápido. La altura no se alcanza.
5	Se rompe el cañón y el CANSAT no es expulsado.

Volador

Se procede a realizar 4 lanzamientos con volador encontrando lo siguiente. Tabla II

Tabla II. Pruebas realizadas para evaluar mecanismo volador con pirotecnia

Número de prueba	Resultado
1	Altura alcanzada, paracaídas quemado por la mecha.
2	Altura no alcanzada, el paracaídas se abre demasiado paracaídas.
3	Altura alcanzada, paracaídas bien.
4	El volador se desvía debido a que es encendido por medio de una mecha y no un detonador electrónico (Las cargas explosivas se encienden a destiempo).

Volador de rotación

Se procede a realizar 3 lanzamientos con volador donde:

- En el primer lanzamiento se envía el volador únicamente para conocer su comportamiento.
- Se realiza un segundo lanzamiento con carga útil para recopilar datos.
- Se realiza un tercer lanzamiento con carga útil para recopilar datos.

(Ver Tabla III, y figuras 10 y 11).

Tabla III. Pruebas realizadas para evaluar mecanismo volador rotativo con pirotecnia

Número de Prueba	Resultado
1	Alcanza una altura superior a 100 metros y detona al finalizar su vuelo.
2	Se desvía por el peso de la lata CANSAT y se choca tras quemar la carga.
3	Alcanza la altura de 148 metros.

Resultados capturados



Figura 10. Resultados capturados en tiempo real

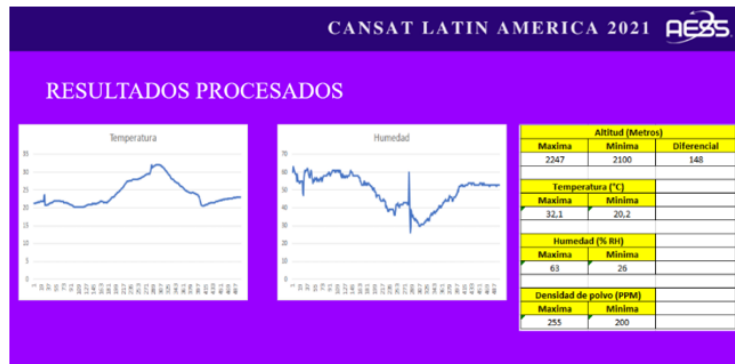


Figura 11. Resultados Post-Procesados (SD CARD)

Captura y Análisis de Datos: En el transcurso del proyecto, se lograron capturar un total de 1060 registros útiles disponibles en nuestro repositorio de GitHub [11]. Los registros que no se almacenaron, correspondientes al tiempo de ascenso del dispositivo, se descartaron debido a que las vibraciones y fuerzas experimentadas durante esta fase generaron principalmente ruido eléctrico sin valor analítico.

Duración del Vuelo y Tasa de Pérdida de Datos: El vuelo tuvo una duración total de 240 segundos, divididos en 30 segundos de ascenso y 210 segundos de descenso. La tasa de pérdida de datos se estima cercana a cero, lo que demuestra la alta eficiencia y precisión de los módulos LORA en cuanto a la transmisión y recepción íntegra de los datos.

Selección del Protocolo de Comunicación: Se optó por no utilizar el protocolo WiFi debido a los riesgos asociados con la distancia y velocidad del volador, que podrían generar interferencias y pérdida de datos por tiempos de reconexión. En cambio, el protocolo LORA demostró ser más fiable, manteniendo una conexión activa y constante entre los dispositivos durante todo el tiempo de vuelo.

Conclusiones

Viabilidad de Lanzamiento con Voladores: Hemos confirmado que es viable lanzar un CANSAT usando voladores de tipo normal o rotativo, siempre y cuando el diseño del CANSAT se modifique para resistir las fuerzas experimentadas durante el ascenso breve pero intenso.

Relación entre Altitud y Temperatura: Nuestras observaciones indican un aumento de temperatura con la altitud. Este fenómeno puede atribuirse a dos factores principales: en primer lugar, la exposición directa a la radiación solar sobre los componentes del satélite, especialmente considerando que el lanzamiento se realizó al mediodía, momento en que la intensidad solar es máxima. En segundo lugar, el calentamiento podría ser resultado del propio mecanismo de lanzamiento, ya que el uso de pólvora para impulsar el CANSAT a una altitud superior a 100 metros en 30 segundos, lo que generaría una cantidad significativa de calor. Por lo tanto, es importante considerar tanto la influencia de la radiación solar como el calor generado por el lanzamiento en nuestro análisis de la variación de temperatura con la altitud.

Diseño Modular y Flexibilidad de Implementación: El diseño modular del CANSAT y su dispositivo de lanzamiento ha demostrado ser efectivo, facilitando la implementación en distintos entornos y su traslado. Esta característica ha sido esencial para adaptarse a las diferentes condiciones de lanzamiento y recuperación.

Análisis de Datos y Eficiencia de Transmisión: La captura y análisis de 1060 registros útiles durante un vuelo de 240 segundos demuestra la eficacia de los módulos LORA en la transmisión y recepción de datos. La baja tasa de pérdida de datos subraya la fiabilidad de nuestro sistema de comunicación, especialmente en comparación con el protocolo WiFi, que fue descartado debido a su susceptibilidad a interferencias y pérdidas de datos.

Aplicaciones Educativas y de Investigación: Las pruebas realizadas y los datos recopilados proporcionan una valiosa oportunidad educativa y de investigación. Los estudiantes y profesionales pueden aprender mucho del diseño, la implementación y el análisis de datos en este tipo de proyectos.

Retos y Mejoras en el Diseño de Lanzamiento: Las pruebas con diferentes mecanismos de lanzamiento, incluyendo cañones y voladores, han subrayado la necesidad de mejorar la resistencia de los CANSAT a las fuerzas experimentadas durante el ascenso. Las variadas respuestas de los dispositivos a estas fuerzas proporcionan datos cruciales para futuras iteraciones de diseño.

Aplicaciones Futuras

Evolución de Microsatélites: Los microsatélites análogos a los celulares, tendrán mayor cantidad de sensores a futuro y su software será actualizable para extender sus prestaciones y capacidades.

Incorporación de sistemas de Navegación: Los microsatélites pueden a futuro contar con un sistema de navegación muy simple de forma que su caída al finalizar su ciclo de vida sea en un terreno en el cual se espera para su reutilización.

Mapeo de la superficie constante: La tecnología CANSAT podría emplearse en el mapeo constante de la superficie terrestre generando imágenes renderizadas en tiempo real del planeta permitiendo identificar tempranamente objetos de estudio relevantes como grandes volúmenes de tierra y/o desplazamientos de los océanos aprovechando que se cuenta con la tecnología requerida para realizar todos estos procesos en tiempo real además de dispositivos de lanzamiento de bajo costo, alta potencia y efectividad para alcanzar grandes alturas [16].

Impacto en la Agricultura: la tecnología CANSAT podrá permitir el monitoreo constante y la detección de zonas cultivables al igual que el monitoreo constante de cultivos [17].

Educación e investigación: El ámbito educativo, desde escuelas y colegios técnicos como en universidades, estos dispositivos han permitido la introducción de temáticas complejas de ingeniería en ambientes tempranos, estos proyectos podrán ser empleados como una vía para obtener con gran facilidad un volumen de datos el cual podrá ser analizado mediante modelos de aprendizaje profundo e inteligencia artificial, promoviendo pensamiento computacional desde tempranas edades desarrollando capacidades que se requieren en el mundo moderno [18].

Gestión de la energía: La exigencia de una gestión eficiente de la energía es un desafío del cual van a sufrir a futuro las ciudades inteligentes, lo cual ya es una realidad en las industrias donde se termina desperdiciando una gran cantidad de energía en la producción de artículos de consumo, este tipo de proyectos en donde lo exigente del reto hace que se requiera de una administración exhaustiva del recurso energético permite desarrollar en cada uno de los integrantes del grupo las habilidades necesarias para a futuro escalar estas iniciativas al ámbito industrial, por tal razón la administración de la energía es un área de estudio en la cual debe continuar profundizando [19].

Seguimiento del cambio climático: Los Proyectos CANSAT pueden ser instrumentos clave en el seguimiento de los gases de efecto invernadero, evitando millonarias pérdidas, con estos proyectos se puede lograr realizar un seguimiento cercano y mejorar con ello la calidad de las predicciones del cambiante clima [20].

Referencias

- [1] R. A. Robayo Salazar., J. Meneses Suta., B. Imbacuan., Y. Gómez., R. Najjar García., C. Fuentes Castillo., S. Riocampo., and Correa, J. Misiones tipo cansat: una estrategia para el fomento de las tecnologías aeroespaciales en los estudiantes de ingeniería de la EMAVI-FAC. Cali, Colombia: *Escuela Militar de Aviación "Marco Fidel Suárez"*. 2021.
- [2] M. Arruabarrena., L. Báez., A. Fernández., M. Lammers., E. Marengo., R. Medel., L. Mori., M. Requena., and A. Vicente. Minisatélite cansat aplicado al aprendizaje basado en problemas en diversos contextos educativos. [Online]. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Marcos-Requena-Arellano/publication/344359099_MINISATELITE_CANSAT_APLICADO_AL_APRENDIZAJE_BASADO_EN_PROBLEMAS_EN_DIVERSOS_CONTEXTOS_EDUCATIVOS/links/5f6be03c458515b7cf496bd6/MINISATELITE-CANSAT-APLICADO-AL-APRENDIZAJE-
- [3] J. Contente., and C. Galvão. STEM Education and Problem-Solving in Space Science: A Case Study with CanSat. *Revista Education Sciences*, vol. 12, no, 4, pp. 200-251. 2022.
- [4] J. J. Núñez Quispe. Design and Simulation of a Rover CanSat Non-pneumatic Wheel: Preliminary Study for a Certain Test Obstacle Path. 2020. [Online]. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9522526/figures#figures>
- [5] M. Hasan., I. I. Rahman., M. Hossam., E. Haider., and A. A. M. Shah Sadman. "Design of CanSat for Environmental Monitoring and Object Detection. International Conference on Electrical Engineering, vol. 4, no. 2, pp. 1-6. 2021.
- [6] J. A. Ames Lizarbe. INCAnSat: CanSat for Education and Environmental Monitoring. *Aerospace and Electronic Systems Magazine*, vol. 36, no. 12, pp. 43-50. 2021, doi: 10.1109/MAES.2021.3120236.
- [7] B. G. Chae, and H. U. Oh. Desarrollo de la plataforma Power Plant Trio CanSat impulsada por sistemas de recolección de energía solar, eólica y piezoeléctrica. *Ciencia espacial*, vol. 22, no. 4, pp. 1464–1480. 2021. <https://doi.org/10.1007/s42405-021-00382-y>

- [8] L. Anchino., A. Torti., M. Miretti., E. Bernardi., G. Peretti., and R. Podadera. Desarrollo de un Dispositivo CANSAT para Fomentar el acceso a las tecnologías espaciales. 2019. [Online]. Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/77328/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [9] B. B. Reyes. Curiosidad - CANSAT lata-satélite. 2016. [Online]. Disponible en: <http://eprints.uanl.mx/8145/1/Documento14.pdf>.
- [10] AESS Colombia. Cansat Latinoamérica. 2021. [En línea]. Available: <https://aesscolombia.blogspot.com/p/cansat-2021.html>.
- [11] C. CEA. Github – SatlieteDelEnd. 2021. [Online]. Disponible en: <https://github.com/NicolasDiaz69/SateliteDelEnd>.
- [12] A. Gómez Roa., M. L. Paz González., A. Calvillo Téllez., J. A. Paz González., O. A. Morales Contreras, and J. C. Núñez Pérez. Análisis dinámico estructural de satélite educativo CanSat. *Computación y Sistemas*, vol. 22, no. 2, pp. 451-461, 2018. <https://doi.org/10.13053/cys-22-2-2942>
- [13] P. M. González. Proyecto cansat: cargas utiles estudiantiles en coheteria modelo y experimental. [Online]. Disponible en: <http://astroeduc.com.ar/cargas%20utiles.pdf>
- [14] A. S. Pineida Escorza. Lanzador de red para captura de cóndores andinos. (Tesis de grado). Universidad Técnica del Norte. Quito, Ecuador, 2021.
- [15] N. D. Ismail., M. N. Hambali., S. J. Anak Eric., and N. E. Zahirul Islam. Development of Nano-Satellite, AEROSAT for Space Education. *Multidisciplinary Applied Research and Innovation*, vol. 2, no. 3, pp. 294–298. 2021. <https://penerbit.uthm.edu.my/periodicals/index.php/mari/article/view/5132>
- [16] K. Youngjun., P. Junsoo., N. Jaeyoung., Y. Seunghoon., K. Songhyon., L. Sanghyun., and L. Younggun. Development of CanSat System With 3D Rendering and Real-time Object Detection Functions. *Journal of the Korean Society for Aeronautical & Space Sciences*, vol. 49, no. 2, pp. 671-680. 2021.
- [17] J. J. Mejía González., S. A. Zapata Gil., S. León., N. Buriticá Isaza., D. A. González Jaramillo., and J. M. Zamora Vélez. Development of a CANSAT Prototype for the Detection of Vegetation Areas in Precision Agriculture through Aerial Imaging. *Ciencia y Poder Aéreo*, vol. 16, no. 2, pp. 1-18. 2021.
- [18] M. Akiyama., and T. Saito. Research on a method to guide CanSat to a goal at a distance of 0 m using deep learning. *Instituto de Ingenieros en Electrónica, Información y Comunicación*, vol. 104, no. 7, pp. 540-551. 2021.
- [19] D. C. Marubin., and Y. Sim Sy. Development of Appropriate Power Distribution Design for Can-Sized Satellite (CANSAT). *Journal of Advanced Industrial Technology and Application*, vol. 2 no. 2, pp. 1–10. 2021.

- [20] J. D. Osorio Henao., J. J. Botina Monsalve., D. A. Díaz Álvarez., M. Galeano Ruiz., J. P. Higuita Echavarría., and L. F. Burbano Mosquera. Picosatélite diseñado para medir concentración de gases de efecto invernadero y registrar imágenes en vuelo. *Ciencia y Poder Aéreo*, vol. 16, no. 1, pp. 1-12. 2021.