

INNOVACIÓN Y FORMACIÓN ESPACIAL EN PROYECTO CANSAT

INNOVATION AND SPACE TRAINING IN CANSAT PROJECT

K. Rosas Paleta¹
R. M. Martínez Galván²
M. G. A Rosas Paleta³
J. Chávez Galán⁴

RESUMEN

Este artículo detalla un proyecto colaborativo que permita la participación de docentes y alumnos que pertenecen al Tecnológico Nacional de México (TECNM) campus Instituto Tecnológico de Puebla (ITP), en el Concurso Mundial de CanSat de la convocatoria de 2024, que se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad Autónoma de México (UNAM), como parte del Programa Espacial Universitario (PEU) 2024. Se destaca la importancia de obtener resultados porque se participó contra 120 equipos de universidades de renombre. Además, se considera no solo a las competencias técnicas, sino también el enfoque mental y la reflexión sobre el proyecto. La construcción de un CanSat con autogiro representa un desafío para el área de Ingeniería Electrónica (IE), especialmente como aplicación al módulo de especialidad en Comunicaciones Espaciales (CE), respaldado por las asignaturas correspondientes del programa de estudios de la carrera.

ABSTRACT

This article details a collaborative project that proposes students of the Technological Institute of Puebla to participate in the CanSat World Contest Call 2024, which will be held at the facilities of the Autonomous University of Mexico (UNAM), as part of the University Space Program (PEU) 2024. The importance of obtaining results is highlighted because 120 teams participated, considering not only technical skills, but also mental focus and reflection on the project. The construction of a CanSat with autogyro represents a challenge for the Electronic Engineering area, especially as an application to the specialty module in Space Communications, supported by the corresponding subjects of the Electronic Engineering degree program.

ANTECEDENTES

La historia satelital de México es un reflejo de su evolución en telecomunicaciones y tecnología espacial y se remota a muchos años atrás. A partir del 10 de agosto de 1962, en México se crea la comisión Nacional del Espacio Exterior (CNEE) cuyo objetivo fue controlar y fomentar todo lo relacionado con la investigación, exploración y utilización del espacio exterior. La misión de este organismo se enfocaba en las comunicaciones, meteorología, estudios de la tierra, la percepción remota entre otras. Este organismo desarrolló en primera instancia un cohete sonda para la obtención de datos meteorológicos, otro ejemplo fue el desarrollo en dos etapas de otro cohete, la primera se denominó MILT 1 y el segundo MIT L II. El primero logro cargar hasta 8 kilos y volar más de 55 kilómetros y el segundo logro brindar mayor capacidad de carga. En ese mismo año la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), a través

¹ Profesora de Asignatura. TecNM/Instituto Tecnológico de Puebla. Departamento de Eléctrica y Electrónica. karina.rosas@puebla.tecnm.mx

² Profesora Titular. TecNM/Instituto Tecnológico de Puebla. Departamento de Eléctrica y Electrónica. rosa.martinez@puebla.tecnm.mx

³ Profesora de Asignatura. TecNM/Instituto Tecnológico de Puebla. Departamento de Ciencias Básicas maria.rosas@puebla.tecnm.mx

⁴ Profesor Titular. TecNM/Instituto Tecnológico de Puebla. Departamento de Eléctrica y Electrónica. jesus.chavez@puebla.tecnm.mx

de su Instituto de Geofísica, creó el Departamento del Espacio Exterior, hoy Departamento de Ciencias Espaciales (CIENCIA UANL 2016).

Para 1968 en México, con la emoción de ser sede los juegos olímpicos se presenta la necesidad de contar con un sistema satelital para la transmisión mundial de los mismos lo que obligó al gobierno federal a afiliarse al sistema satelital Intelsat y construir en el estado de Hidalgo, la primera estación terrena del país, rentando un satélite ATS- 3, propiedad de la NASA. Dos años después se inició el uso del satélite para fines domésticos. En 1982, México adquiere su primer paquete de satélites propios, conocido como Sistema Morelos. Los satélites Morelos I y Morelos II fueron puestos en órbita en 1985, para su manejo se creó Telecomunicaciones de México (Telecomm). Durante la puesta en órbita del Morelos II, el Ing. Rodolfo Neri Vela, a bordo del transbordador Atlantis, se convierte en el primer y único astronauta mexicano (CIENCIA UANL 2016).

Con el objetivo de modernizar la infraestructura satelital, en 1993 México lanzó el Sistema Solidaridad I y el Solidaridad II en 1994. Estos satélites mejoraron la cobertura de telecomunicaciones en todo el país y permitieron la transición hacia la nueva tecnología. A continuación, presenta a los satélites a partir del año 2011. Satélite Mexsat 2011, satélite Centenario 2015, satélite Epazote 2018 en el mismo año se presenta el satélite K'OTÓ desarrollado por la UNAM y en 2019 el satélite CuauhtliSAte – UNAM [1]. En total México ha lanzado más de 10 satélites en conjunto por la UNAM y la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) como actores claves en su desarrollo (CIENCIA UANL 2016).

Hoy en día existen muchas universidades públicas y privadas que están incursionando en el área aeroespacial por el impacto en múltiples sectores clave para el desarrollo tecnológico, económico y social. Es por ello por lo que el Instituto Tecnológico de Puebla (ITP), en la carrera de Ingeniería Electrónica se encuentra participando en competencias a nivel mundial sobre el diseño de satélites enlatados (CanSat), con el propósito de apoyar el proceso de formación de ingenieros altamente capacitados. La participación de estudiantes en concursos ofrece múltiples beneficios tanto a nivel personal como profesional o académico. A continuación, se mencionan los beneficios que los estudiantes del ITP adquirieron durante el proceso.

- La adquisición de conocimientos en áreas como ingeniería, programación, electrónica, física y diseño aeroespacial. Esto permite el desarrollo de habilidades prácticas que son altamente valoradas en el mundo profesional.
- El trabajo en equipo: Los concursos de CanSat generalmente requieren que los participantes trabajen en equipos multidisciplinarios, lo que fomenta habilidades de colaboración, comunicación y liderazgo.
- Experiencia internacional: Competir a nivel mundial permite a los participantes interactuar con estudiantes de otras partes del mundo, compartir ideas y experiencias, lo que amplía su visión global y fomenta el aprendizaje cultural.
- Oportunidades de networking: Los participantes pueden establecer conexiones con profesionales y expertos en el campo aeroespacial, en universidades y empresas, lo que podría abrir puertas a oportunidades de empleo, pasantías o colaboraciones futuras.
- Desarrollo de habilidades de resolución de problemas: Los desafíos de diseño y

lanzamiento de un CanSat requieren que los equipos encuentren soluciones creativas a problemas complejos, lo que fortalece su capacidad de análisis y resolución de problemas.

Durante la competencia del concurso CanSat organizado por la UNAM en su versión 2024, el equipo representativo del ITP (NebulaTech) logro estar dentro de los diez primeros lugares, es importante mencionar que participaron 120 equipos de diferentes instituciones de nivel superior.

Los estudiantes participantes vivieron experiencias que contribuyeron al fortalecimiento de su desarrollo personal en las ocho etapas establecidas en la convocatoria. Las habilidades propias de cada integrante del equipo, así como las habilidades específicas de la carrera contribuyen a realizar de manera más ágil la metodología que se aplica. Estas competencias les permiten aplicar sus conocimientos teóricos a situaciones prácticas, lo que enriquece el perfil profesional. A continuación, se mencionan las etapas propuestas por la convocatoria 2024. ETAPA-01: Inscripción, ETAPA-02: Revisión de diseño conceptual, ETAPA-03: Revisión de diseño preliminar, ETAPA-04: Revisión de diseño crítico, ETAPA-05: Pruebas de aceptación, ETAPA-06: Aceptación, ETAPA-07: Documento de resultados y análisis de la misión, ETAPA-08 Premiación.

Las participaciones en concursos comprueban que los alumnos fortalecen sus perfiles profesionales, ya que, según Mancilla, Sombrerero, Báez y Serrano (2018):

La participación de alumnos en concurso donde se lleva a la práctica lo aprendido en clase, hace que los alumnos fortalezcan sus perfiles profesionales, adquiriendo y desarrollando características de líderes para aplicarlas en su futuro como ingenieros y así poder tener las habilidades fundamentales para desarrollar proyectos que sirvan para mejorar el entorno donde se desempeñan.

La formación de los ingenieros es el resultado de una serie de conocimientos adquiridos desde que ingresan a la institución hasta que terminan su carrera, lo que implica que todos los departamentos se involucren. La generación de egresados con los conocimientos adecuados le corresponde directamente a la institución por lo cual ésta debe proporcionar las competencias, herramientas y entornos necesarios para que los estudiantes puedan avanzar y logren competir en el mercado laborar con las mejores condiciones.

METODOLOGIA

Para la primera etapa fue necesario generar un equipo de trabajo de alumnos y docentes interesados en participar en el concurso de Cansat. El equipo está formado por cinco estudiantes y un asesor.

En la segunda etapa se proporcionó al equipo toda la información de los concursos anteriores para empaparse de los detalles de las competencias previas y que los estudiantes conozcan a fondo lo que se requiere para participar. En la tercera etapa se realiza la revisión de las propuestas realizadas por los estudiantes para el diseño preliminar del sistema enlatado. La cuarta etapa revisa el diseño y las condiciones que se deben cumplir para llevar a cabo la misión solicitada por el concurso. La quinta etapa está directamente relacionada con los

resultados obtenidos a partir de las corridas realizadas antes de la competencia. Posteriormente una vez realizado el envío de las pruebas llega la notificación de la aceptación. Para la participación en la séptima etapa se envía el documento de los resultados obtenidos del análisis de la misión, finalmente se procede a la premiación.

La ingeniería Aeroespacial es una disciplina altamente interdisciplinaria que requiere integrar conocimientos de diversas áreas para abordar los desafíos complejos de la industria. La participación de estudiantes de la carrera de ingeniería electrónica permite la participación en áreas de diseño mecánico, tecnologías de la información y comunicación (TIC's), y la aplicación de conceptos de administración de proyectos. Para el diseño mecánico es necesario analizar las estructuras aeroespaciales tales como fuselajes, sistemas de autogiro, ligereza, resistencia estructural, diseño aerodinámico, así como la seguridad y confiabilidad.

Debido a que se ha estado participando desde el año 2023, se tiene a estudiantes altamente capacitados en la generación de diseños 3D. Para el rubro de las TIC's, es fundamental el procesamiento de datos, la simulación y el control del sistema aeroespacial, razón por la cual los estudiantes de electrónica que participan deben programar en diferentes plataformas, además, deben aplicar de manera correcta sus conocimientos sobre análisis de circuitos. Y para la administración de los proyectos es necesario la implementación de la gestión eficiente de los recursos y del tiempo para que el proyecto pueda asegurar el reconocimiento de todos los involucrados. La experiencia adquirida por los estudiantes les permite ser candidatos para la industria aeroespacial ya que valora la capacidad de trabajar en equipo y la aplicación de conocimientos en las diferentes áreas.

Para realizar la evaluación de pruebas se utilizó el ciclo de pruebas de verificación y validación (V&V). Este proceso permite el desarrollo de sistemas complejos, dispositivos electrónicos o software para garantizar que el sistema propuesto cumpla con los requisitos y especificaciones deseadas de la convocatoria. La diferencia principal entre verificación y validación radica en qué se evalúa y cómo se realiza. La verificación asegura que el sistema o componente está construido correctamente de acuerdo con los requisitos y especificaciones y la validación asegura que el sistema cumple con el propósito o las necesidades del usuario final y resuelve el problema para el cual fue diseñado (Revista Killkana Técnica. 2017). En la Tabla 1 se presentan todos los requerimientos para la misión del sistema enlatado por la convocatoria.

Tabla 1. Tabla de requerimientos para la misión del cansat 2024.

Requerimientos del CanSat por la convocatoria 2024	Requisitos para solventar los requerimientos
El satélite enlatado debe tener un sistema de autogiro inmerso en su carga primaria. Este dispositivo no puede estar acoplado a ningún tipo de motor eléctrico.	El diseño del autogiro es diseñado por el equipo con la elección de material y cálculos matemáticos.
La velocidad de descenso una vez accionado el sistema y antes de llegar al suelo debe ser menor a 12 m/s y mayor a 8 m/s.	Para calcular la velocidad de descenso se procede a realizar el cálculo de esta a través de las fórmulas de física.
El peso máximo del satélite enlatado ensamblado, incluyendo las baterías y los huevos, no debe ser mayor a 600 gramos. La carga que es el huevo no debe romperse tras la caída libre del cansat.	Para cubrir la masa del satélite enlatado y de todas las cargas se utiliza una balanza durante la generación del proyecto para no rebasar los 600 gramos. Se diseña una estructura para soportar al huevo y que al caer el satélite no se rompa.
Obtener datos de presión, temperatura, humedad y altitud-longitud.	Para la obtención de los datos solicitados se utilizan sensores. A continuación, se enlistan los utilizados para este proyecto:
	Carga primaria y carga secundaria (son emisores)
	Módulo sensor IMU "10 DOF"
	L3GD20 - LSM303 - BMP180Módulo sensor DTH22
	GPS NEO-M8N NEO-6M.
	LILYGO TTGO LoRa32 915Mhz V.1.6.1
El sistema debe desacoplar la carga secundaria que es el electroimán de 1 kilogramo	Estación terrena (Receptor)
	LILYGO TTGO LoRa32 915Mhz V.1.6.1
La energía eléctrica en los satélites enlatados debe ser suministrada por pilas de tipo cuadrada de 9 volts. No se aceptará ningún otro tipo de batería.	Se propone un módulo de electroimán y que se pueda desacoplar cuando se le e indique.
	Para este punto se utilizan baterías de 9V - 6800 mah

La solución del problema planteado por la convocatoria del concurso requiere de factores como los que se mencionan en el estudio sobre la motivación académica de Castillo et al. (2023).

Las implicaciones para la educación en ingeniería son: El diseño curricular que es esencial para que los planes de estudio estén diseñados de manera que los estudiantes puedan ver la conexión entre las asignaturas y las aplicaciones en el mundo real. Esto refuerza la motivación intrínseca.

- El enfoque práctico incluye incorporar proyectos, casos de estudios y aplicaciones prácticas en las asignaturas lo que puede aumentar el interés de los estudiantes, ya que les permite ver

la utilidad directa de lo que está aprendiendo.

- La retroalimentación constante porque los estudiantes necesitan entender como es su progreso en una asignatura lo que impacta directamente en su desempeño. Una retroalimentación clara y constructiva puede reforzar su motivación y compromiso.
- La conexión con el perfil profesional les permite a los estudiantes estar motivados cuando son capaces de aprender y poner en práctica sus conocimientos lo que está relacionado con las habilidades que necesitaran en su carrera profesional.

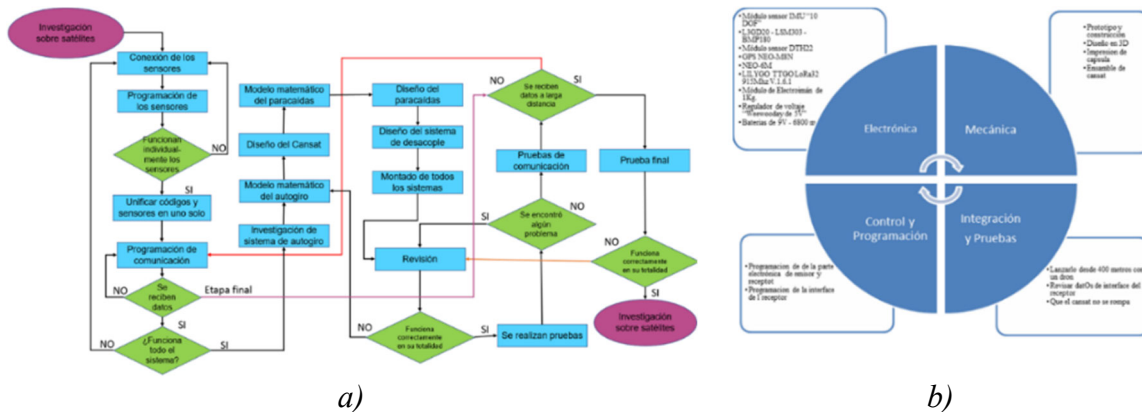
En este sentido y siguiendo la dinámica del concurso el equipo NebulaTech se propuso diseñar y fabricar un CanSat capaz de establecer comunicación bidireccional con una estación terrena. A través de un enfoque innovador y una combinación de tecnología avanzada. A lo largo del proceso, el equipo integró múltiples disciplinas de ingeniería, como electrónica, comunicaciones y programación, para garantizar el funcionamiento adecuado del satélite en condiciones simuladas de un entorno espacial.

Este proyecto destaca la importancia del trabajo en equipo, el aprendizaje práctico y la colaboración multidisciplinaria, elementos esenciales para avanzar en la exploración y desarrollo de tecnologías espaciales emergentes. Este proyecto integrador se trabajó siguiendo el esquema propuesto por Martínez en 2021, que hace énfasis en el desarrollo de competencias. A hora se enlistan los puntos que se consideran en este trabajo y la forma en que el equipo los aborda durante la preparación del satélite.

- Investigación sobre satélites y LoRa
- sistema de autogiro.
- Investigación de componentes
- Conexiones
- Programación y compilación
- Diseño 3D del satélite
- Impresión del satélite
- Conexión de las comunicaciones con Modelado del autogiro
- Prueba del sistema propuesto para el desacoplamiento
- Prueba de los códigos propuestos para el funcionamiento
- Prueba de aterrizaje

En la Figura 1 a se observa el diagrama de flujo que se utilizó para la generación del proyecto del satélite enlatado y en la imagen 1b se observa que el equipo utiliza la forma circular de cuatro fases. La primera electrónica, la segunda mecánica, la tercera control y programación y la cuarta integración y pruebas finales.

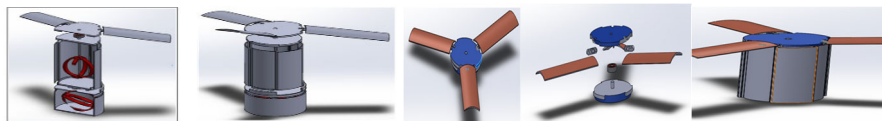
Figura 1. Diagrama de flujo y forma circular de cuatro fases.



RESULTADOS

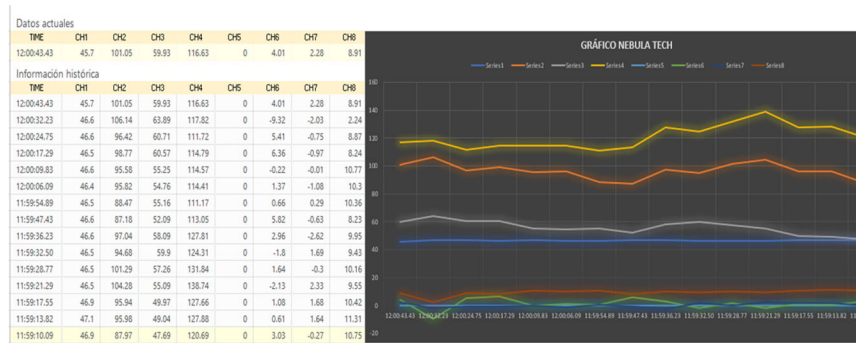
Sistema de autogiro: La función principal es reducir la velocidad de caída libre del Cansat, mediante un sistema de autogiro que es un mecanismo aerodinámico (similar a un paracaídas o ala rotatoria) que actúa para disminuir la velocidad del descenso del Cansat. Esto ayudará a evitar daños durante el aterrizaje y garantizar que los sensores y equipos a bordo funcionen de manera efectiva durante la fase de caída. Las pruebas recomendadas son: Verificar el funcionamiento del autogiro en diferentes condiciones de altura y velocidad de caída, además asegurar la estabilidad y el control. El diseño del autogiro presenta una base que por dentro tiene un rodamiento permitiendo así el giro, se conectan 3 hélices con un largo de 14 cm y un ancho de 4.8 cm con una curvatura de 60 grados, las hélices amoldan a la carga primaria para que el sistema sea completamente cilíndrico como se puede observar en la Figura 2. El diseño fue todo un éxito realizó su encomienda desde el inicio de las pruebas y no sufrió ningún desperfecto.

Figura 2. Diseño 3D del autogiro.



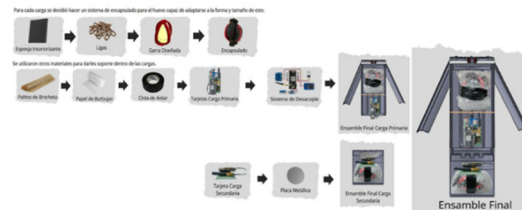
El sistema de telemetría: El sistema tiene comunicación Half dúplex para los sistemas y la estación terrena el protocolo de comunicación LoRa a 915 MHz en formato serial. Los datos se enviaron por inicialización de la comunicación SPI y el módulo LoRa en las tarjetas de emisor primaria, secundaria y en la computadora. La configuración permite recibir datos y posteriormente se imprime el mensaje de inicio de recepción. Posteriormente se continúa con la verificación de recepción de datos y finalmente se procede a la obtención de gráficos de las variables medidas antes mencionadas, mismos que se observan en la Figura 3.

Figura 3. Gráfico de datos de telemetría recibidos.



Sistema de desacoplo: La función principal consiste en dividir la carga secundaria de la primaria mediante control electrónico y ejecución mecánica. Este sistema debe ser capaz de separar la carga útil secundaria (por ejemplo, un conjunto de sensores o experimentos) de la primaria de manera controlada y en el momento adecuado. El desacoplo puede ocurrir a través de mecanismos electrónicos, como servomotores o actuadores, que permitan una separación precisa para evitar daños y garantizar la correcta operación de cada parte. Las pruebas recomendadas son: Asegurarse que el desacoplo ocurra de manera sincronizada y sin fallos, estas pruebas deben validar tanto la liberación física como la correcta transmisión de datos de ambas cargas, como se puede apreciar en la Figura 4.

Figura 4. Ensamble de las partes internas del Cansat.



Sistema de ubicación: La función principal es localizar la carga secundaria respecto a la primaria. Para esto el sistema utiliza tecnologías GPS o sistemas de localización por radiofrecuencia. Es crucial para la recuperación posterior del Cansat, así como para evaluar el rendimiento de los subsistemas durante el vuelo, como se puede observar en la Figura 5.

Figura 5. CanSat Nebula Tech en el dron.



Sistema de monitoreo: Su función principal es recopilar información en tiempo real a través de una interfaz gráfica. Este sistema actúa como el centro de control del Cansat, mostrando

una representación visual de todos los datos recopilados por los sensores y subsistemas. Las variables incluidas en este sistema son: la velocidad de caída, la altitud, temperatura, presión, y estado de comunicación. La interfaz gráfica facilita el análisis de los datos en tiempo real durante el vuelo, mismos que se registraron en la Figura 6.

Figura 6. Interfase del satélite enlatado.



Sistema de energización: La función principal de este apartado es suministrar energía a todos los dispositivos electrónicos. Este subsistema incluye baterías, reguladores de voltaje y circuitos de protección para asegurar que todos los dispositivos electrónicos del Cansat reciban la energía necesaria de manera estable. Es fundamental que este sistema sea eficiente y capaz de proporcionar energía durante todo el ciclo de vida del Cansat. Las pruebas recomendadas: Evaluar la duración de la batería y la efectividad de los reguladores de voltaje bajo diferentes cargas y condiciones de operación.

La contribución del ITP en la formación de ingenieros se presenta a partir de: La formación en la especialidad de comunicaciones. Aunque la oferta de la carrera de ingeniería Aeronáutica es limitada. El ITP ha demostrado que la formación en áreas afines, como electrónica, mecánica y tecnologías de la información pueden ser un camino viable para que los estudiantes se integren a la industria aeroespacial. Esto refleja la naturaleza interdisciplinaria del sector y la importancia de contar con profesionistas con diversas habilidades. Y de las competencias específicas. Como señala De la mora et al. (2020), la industria aeroespacial requiere profesionales y técnicos con competencias específicas y capacitación de calidad.

CONCLUSIONES

El equipo representativo del ITP que se aprecia en la Figura 7, la experiencia obtenida fue un éxito rotundo, obteniendo el sexto lugar en el concurso de Cansat 2024, el proyecto brindó a los estudiantes una experiencia práctica que les permitió aplicar los conocimientos adquiridos durante su formación académica.

La participación de estudiantes que ya tienen experiencia participa con mayor confianza y se desenvuelven de manera natural. Por otro lado, los nuevos integrantes lograron poner en práctica sus conocimientos técnicos y sus habilidades interpersonales, destacándose en el trabajo en equipo. Su capacidad para manejar la presión y resolver los desafíos que surgieron

durante el proceso evidenció su sólida preparación y su capacidad de adaptación.

El diseño del autogiro que representaba el mayor desafío resultó un éxito total porque funcionó al girar como se esperaba desde el inicio de las pruebas hasta el término de las mismas. A pesar de que la cápsula primaria y secundaria se rompieron la electrónica implementada continuó recibiendo datos. A partir de estos resultados el equipo NebulaTech del ITP logra estar en la sexta posición de los primeros diez lugares de un total de 120 equipos participantes.

Figura 7. Equipo representativo del ITP NebulaTech.



BIBLIOGRAFÍA

Ciencia UANL Nava Amezcua, R. (2017, febrero 15). *Historia de la industria aeroespacial en México y su vínculo con la aeronáutica*. Ciencia UANL. <https://cienciauanl.uanl.mx/?p=6263> Ciencia UANL

CanSat. Mancilla Cerezo, J., Sombrerero Espinoza, J., Báez Landa, M., & Serrano Centeno, M. (2018). Creando futuros líderes de la industria aeroespacial mexicana: Construyendo pico-satélites educativos CanSat. *Revista Electrónica ANFEI Digital*, 4(8), 1–10. <https://anfei.mx/revista/index.php/revista/article/view/435>

Killkana Técnica (con DOI) Pauta Ayabaca, L., & Moscoso Bernal, S. (2017). Verificación y validación de software. *Revista Killkana Técnica*, 1(3), 25–32. https://doi.org/10.26871/killkana_tecnica.v1i3.112

Motivación (evitar duplicado). Castillo Escobedo, M. T. de J., Cerino Córdova, F. J., & García León, A. M. (2023). Impacto de la motivación en el aprendizaje de ciencias de la ingeniería. *Revista Electrónica ANFEI Digital*, (15). <https://anfei.mx/revista/index.php/revista/article/view/926>

Contemporáneos (con DOI). Martínez de la Paz, M. Á. (2021). Los proyectos integradores en la práctica docente colegiada de los catedráticos de las escuelas preparatorias de Iguala, Guerrero, de acuerdo con el modelo educativo de la Universidad Autónoma de Guerrero (UAGro). *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 8 (Edición especial). <https://doi.org/10.46377/dilemas.v8i.2749>