

Fecha de recepción: 09 de junio de 2025, fecha de publicación en línea: octubre de 2025.

Diseño, implementación y evaluación de un prototipo Cansat para monitoreo atmosférico

M. Rojas-Zempoalteca¹, B. Barbosa Muñoz¹, R. Ramírez Amador^{1*}, E. Acoltzi Bautista¹, H.P. Martínez Hernández¹.

¹ Tecnológico Nacional de México – Instituto Tecnológico de Apizaco. San Andrés Ahuashuatepec, Municipio de Tzompantepec, Tlaxcala, C.P. 90491, México.

Autor de correspondencia: * Raquel Ramírez Amador (correo electrónico: raquel.ra@apizaco.tecnm.mx).

Abstract- This article presents the design, implementation, and evaluation of a prototype CanSat satellite the size of a can, developed by students at the Apizaco Institute of Technology for use in remote sensing and analysis of certain atmospheric variables. The design was carried out in accordance with the restrictions imposed by the CanSat canned satellite competition, which is part of the UNAM's University Space Program (PEU), whose objective is to motivate higher education students to develop skills in space science and technology. In this challenge, the students incorporated all the main subsystems found in a satellite, such as the power stage, electronic components, sensors, mechanical structure, mechanisms, and the telemetry system, within the volume of a can. Once each subsystem was working, the entire prototype was assembled, and then tests were carried out on the complete satellite at a height of approximately 50 meters, where it was possible to verify from a ground station that the satellite was sending the data it was measuring during its ascent and descent.

Keywords: CanSat, miniature satellite, simulate space mission, engineering.

I. INTRODUCCIÓN

En este trabajo se presenta el diseño y construcción de un satélite enlatado CanSat (CanSat por su denominación coloquial en inglés), el cual fue elaborado por un grupo de alumnos del Instituto Tecnológico de Apizaco, con la finalidad de incentivar las vocaciones científicas de los alumnos en la educación aeroespacial, ya que es un desafío para las recientes generaciones, en especial para los estudiantes del área de ingeniería. Aquí, los estudiantes tienen la oportunidad de crear, implementar y lanzar su propio satélite a pequeña escala, adentrándose en un aprendizaje práctico que abarca desde los fundamentos de las matemáticas, física y la ingeniería, hasta habilidades clave como el trabajo en equipo y la resolución de problemas [1-2].

El prototipo constituye un sistema experimental y funcional, diseñado específicamente para ejecutar tareas relacionadas con vuelos suborbitales atmosféricos de baja altitud [3-4]. Su construcción requiere la integración de elementos estructurales, mecánicos, electrónicos y de software. Estas particularidades lo convierten en una plataforma eficiente y de bajo costo, ideal tanto para realizar múltiples actividades

como para fomentar el desarrollo de competencias técnicas en ingeniería bajo un enfoque STEM [5]. En este contexto, el sector aeroespacial se presenta como uno de los principales beneficiarios de esta metodología, gracias a su carácter interdisciplinario, su accesibilidad económica y la posibilidad de adaptar la complejidad de los proyectos [6-7].

El diseño se realizó siguiendo las restricciones impuestas por el concurso de satélites enlatados CanSat, que pertenece al programa Espacial Universitario (PEU) de la UNAM, cuyo objetivo es motivar a estudiantes de nivel superior habilidades de ciencia y tecnología espacial [8].

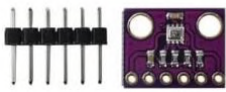
El prototipo de CanSat fue fabricado y probado con éxito por los alumnos, resultando muy motivador para cada uno de ellos y su vez dejó grandes conocimientos en diversas áreas.

II. DESARROLLO EXPERIMENTAL

En esta sección se describen los materiales que se emplearon para la construcción del satélite que permite el monitoreo de variables atmosféricas como presión, temperatura, humedad,

entre otras. La tabla 1 muestra los componentes básicos para la construcción del satélite CanSat.

Tabla 1. Materiales empleados en la construcción del CanSat.

Módulo de Presión atmosférica	
Diseño de la Lata en 3D	
WI-FI	
Sensor DHT11	
Batería alcalina de 9V Volteck y conector	
Cable USB Tipo C	
Esp32-cam Cámara Digital Wifi Compacta + Antena +base	

A. SELECCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE LOS MATERIALES

1. ESP32-CAM (cámara digital WiFi compacta + antena + base): Elegido por integrar en un solo módulo la capacidad de captura de imágenes y transmisión inalámbrica, reduciendo espacio, peso y costos de integración.
2. Módulo de Presión Atmosférica Módulo: seleccionado por su precisión en presión y altitud, bajo consumo y tamaño reducido, lo que asegura datos confiables en condiciones de vuelo suborbital.
3. Sensor DHT11: aunque limitado en exactitud, se justifica por su bajo costo y fácil implementación, suficiente para fines educativos y experimentales.
4. Batería alcalina de 9V Volteck + conector de batería: empleados por su disponibilidad y voltaje estable. El conector garantiza un ensamble rápido y seguro, reduciendo riesgos de fallas eléctricas durante las pruebas.

5. WiFi móvil: necesario para enlazar el módulo con la red y asegurar la transmisión de datos en tiempo real hacia la plataforma de monitoreo.
6. Carcasa 3D: diseñada con dimensiones estándar de una lata, ofrece resistencia estructural y facilidad de personalización a bajo costo.
7. Bisagra metálica: incorporada para permitir apertura y mantenimiento del sistema sin comprometer la rigidez estructural del prototipo
8. Huevo (tripulante): incluido como carga de prueba, simula la protección de una carga útil frágil, permitiendo evaluar la resistencia estructural y la efectividad del diseño ante impactos.

B. PRUEBAS DE LOS COMPONENTE ELECTRÓNICOS

Las pruebas de funcionamiento de los sensores y control de las variables a medir se realizaron con base en los siguientes pasos.

B.1 Preparación del entorno

- Se instaló el soporte para ESP32 en Arduino IDE
- Se realizó la descarga del código y las librerías necesarias desde Arduino IDE en: Ejemplos > ESP32 > Camera > CameraWebServer.
- Se configuraron los parámetros de la red Wi-Fi con el código

B.2 Carga y ejecución del programa

- La carga del código se realizó con IO0 conectado a GND; al concluir, IO0 se desconectó y el módulo se reinició.
- Se utilizó el Monitor Serie para conocer la dirección IP y acceder al módulo desde un navegador.
- Se realizaron las pruebas con la cámara para transmitir video en tiempo real, como se muestra en la Fig. 1.

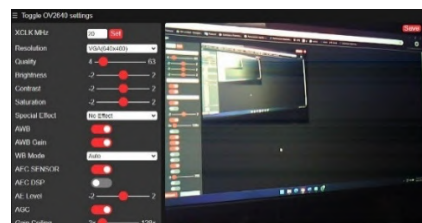


Fig. 1. Transmisión de video en tiempo real con ESP32-CAM

B.3 Realización del diseño

- Definición del modelo base: Se inició el diseño en SolidWorks considerando las dimensiones estándar de una lata de refresco, con un diámetro

aproximado de 66 mm y una altura de 122 mm, ver Fig. 2.



Fig. 2. Diseño en SolidWorks del modelo base (Lata)

- Se creó un cilindro base para representar la forma externa de la lata, asegurando la proporción correcta entre diámetro y altura, ver Fig. 3.

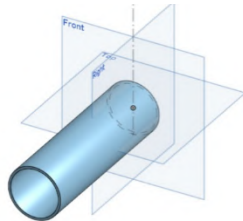


Fig. 3. Diseño en SolidWorks del cilindro base

- Se diseñaron espacios internos para la ESP32-CAM y sus accesorios, considerando soportes para la fijación de los módulos y canales para el paso de cables, asegurando un ajuste seguro y funcional.
- Se implementaron restricciones geométricas y parámetros dimensionales, garantizando que todas las piezas mantuvieran proporciones precisas y que el ensamblaje final fuera coherente con las dimensiones externas de la lata.
- Se añadieron elementos complementarios como una bisagra para mayor seguridad y un orificio para la antena. El resultado final se muestra en la Fig. 4.

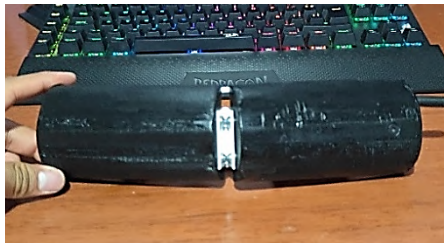


Fig. 4. Carcasa con bisagra

B.4 Ensamble

- La batería y la ESP32 fueron instaladas en una de las mitades de la lata, asegurando una fijación adecuada.
- Los sensores fueron conectados en sus lugares asignados y los cables se organizaron para

mantener un diseño limpio, tal y como se muestra en la Fig. 5.



Fig. 5. Interior del satélite

- Se verificó que la otra mitad de la lata contara con el espacio adecuado para alojar una representación de tripulante (huevo) que no interfiere con los componentes electrónicos, ver Fig. 6. Posteriormente, se colocó al tripulante en una misión real, asegurando que quedara correctamente fijado debido a su fragilidad, lo que permite evaluar la resistencia del satélite. Finalmente, se cerró la lata, quedando el sistema completamente sellado, como se observa en la Fig. 7.



Fig. 6. Interior del satélite, el tripulante se ubica en el centro de la carcasa izquierda

- Se procedió a unir las mitades de la lata, destacándose en la Fig. 8 la cámara instalada en un costado de la carcasa.



Fig. 7. Carcasa cerrada

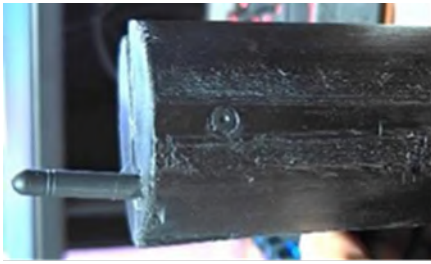


Fig.8 Ubicación de la cámara sobre la carcasa

III. RESULTADOS

Las pruebas del satélite se realizaron de acuerdo con las siguientes etapas.

- Verificar que todos los datos de entrada sean correctos y completos.
- Asegurar que los sensores y dispositivos de recolección de datos estén funcionando correctamente.
- Probar la batería seleccionada para confirmar su nivel de carga y estabilidad durante el funcionamiento, evitando fallas de alimentación en el lanzamiento.
- Usar una página de Matlab con librerías exclusivas en Arduino, thingspeak, la cual tiene una librería especializada en recibir datos directamente de la placa ESP 32, ya con eso la cámara se optó por un programa sencillo que ya viene integrado en la ID de Arduino
- Realizar varias pruebas para garantizar que los datos sean consistentes y confiables antes del lanzamiento, ver Fig.9.



Fig.9 Representación de los datos: temperatura, presión, humedad y altitud en Matlab

A. MONITOREO Y REGISTRO DE PARÁMETROS METEOROLÓGICOS

El código que se implementa para monitorear parámetros ambientales mediante sensores y enviar los datos a la plataforma ThingSpeak para su análisis y visualización. A continuación, se explica brevemente algunas partes fundamentales de este:

A.1 Librerías y Configuración Inicial

Librerías: Se incluyen librerías para comunicación I2C (Wire), SPI (SPI), y el manejo de sensores:

- Adafruit_BMP280: Para medir presión atmosférica y altitud.
- DHT: Para medir temperatura y humedad.
- ThingSpeak: Para enviar datos a la plataforma IoT.
- WiFi: Para conectarse a una red WiFi.

A.2 Función setup

- Configura la comunicación serial a 115200 baudios para depuración.
- Establece conexión WiFi. Si falla, se intenta nuevamente hasta conectarse.
- Inicializa la conexión con ThingSpeak.
- Configura e inicializa los sensores:
- BMP280: Verifica si el sensor está conectado correctamente. Si falla, el programa se detiene.
- DHT11: Prepara el sensor para lectura.

A.3 Función loop

- Lectura del DHT11: Obtiene la temperatura y la humedad. Los datos se imprimen en el monitor serial y se envían a los campos 1 y 2 de ThingSpeak.
- Lectura del BMP280: Obtiene presión atmosférica y altitud aproximada. Los datos se imprimen en el monitor serial y se envían a los campos 3 y 4 de ThingSpeak.

A.4 Propósito

- Este programa combinó los sensores para monitorear el medio ambiente (temperatura, humedad, presión y altitud) y transmitió los datos a ThingSpeak mediante una conexión WiFi. Es ideal para aplicaciones IoT.

B. ASCENSO Y DESCENSO DEL SATÉLITE

Para realizar las pruebas del satélite, se realizó la integración del diseño con el contenedor, como se presenta en la Fig. 6, donde se observa la lata con el módulo interno colocado y el tripulante como carga útil, siempre recordando la fragilidad del mismo. A su vez, para garantizar la estabilidad de los componentes y evitar desplazamientos o daños durante el proceso, la lata fue sellada adecuadamente, tal como se muestra en la Fig. 7 y Fig. 10.



Figura 10. Satélite completamente cerrado y sellado

Enseguida, sujetamos la lata al dron de forma segura, asegurándonos de que quedara bien fijada para la demostración, como se muestra en la Fig.11. Para ello se utilizó un sistema sencillo compuesto por un lazo y un gancho, lo que permitió mantener la lata estable durante el ascenso.



Fig.11 Satélite sujeta al dron.

Al momento de la liberación, el dron realizó un ligero movimiento de sacudida controlada que provocó que el lazo se soltara del gancho, permitiendo la caída del satélite de manera intencional y controlada. El dron elevó la lata hasta aproximadamente 56 metros, con un monitoreo constante del ascenso, como se observa en la Fig. 12.



Fig.12 Ascenso constante del satélite anclado al dron

Enseguida, se hizo el monitoreo de los datos del sistema durante el ascenso, confirmando que operara correctamente

(Fig. 13 a Fig. 16) y se verificaron los datos obtenidos cuando la lata se mantuvo estática a 56 metros de altura.

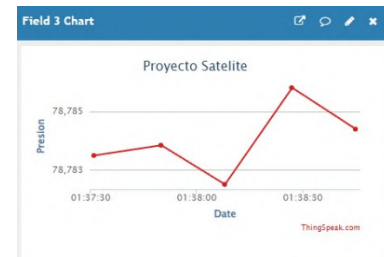


Fig.13 Gráfica de la presión.

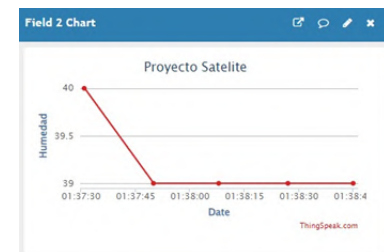


Fig.14 Gráfica de la humedad

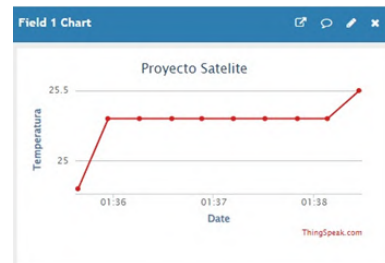


Fig.15 Gráfica de la temperatura

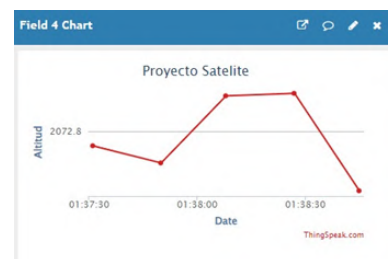


Fig.16 Gráfica de la altitud

A continuación, se realiza la liberación del satélite por medio de caída libre de la lata, sin paracaídas (Fig. 17), para evaluar la resistencia de los elementos internos y del huevo como simulación del tripulante.

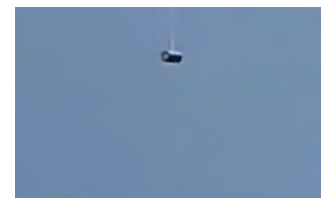


Fig.17. Caída libre del satélite.

Así mismo, se monitoreó el comportamiento de los componentes internos y del huevo durante la prueba, registrando los datos relativos al impacto y a la estabilidad del montaje y se realizó una inspección visual de la lata después del impacto, con el fin de evaluar los daños provocados por la caída.



Fig.18 componentes después de la caída

Se evaluó la integridad de la bisagra, revisando su desprendimiento, la apertura parcial o total de la lata y la presencia de fracturas en los laterales. Los daños más relevantes se registraron en la Fig. 18 y Fig. 19.



Fig.19 Evaluación de los Daños Post-Impacto de la Lata.

IV. CONCLUSIÓN

En el trabajo presentado se pudo constatar que el satélite cumplió con los objetivos propuestos, ya que este fue de un tamaño compacto, la integración eficiente de sistemas de energía, sensores y comunicaciones en espacios reducidos. La cual se mantuvo durante el ascenso y descenso del CanSat. Así mismo, los experimentos realizados fueron los óptimos para obtener los resultados deseados, desde el monitoreo de las variables ambientales hasta la incursión materiales para resistir impactos, el CanSat logró recopilar datos valiosos en tiempo real.

La precisión en la transmisión de datos se logró de manera satisfactoria, ya que no se perdió la señal en ningún momento, ya que se logró una fiabilidad en la comunicación entre el CanSat y la estación terrestre, incluso en condiciones adversas. Este avance refleja el éxito de los sistemas de transmisión implementados, que han optimizado el flujo continuo y seguro de información crítica.

En cuanto al análisis de datos, los resultados obtenidos permitieron observar las variaciones atmosféricas esta información no solo valida la eficacia de los sistemas actuales, sino que también sienta las bases para una nueva generación de satélites más sofisticados.

El prototipo de CanSat fue fabricado y probado con éxito por estudiantes del Instituto Tecnológico de Apizaco, resultando muy motivador para cada uno de ellos, lo que ha resultado crucial para impulsar el desarrollo y la planificación de futuras misiones aeroespaciales, ya que fue posible fomentar el desarrollo de competencias técnicas en ingeniería bajo un enfoque STEM El CanSat y acrecentar los conocimientos en estas áreas.

REFERENCIAS

- [1] Design and development of a CanSat for air pollution monitoring," Measurement, vol. [Volumen], 2025.
- [2] J. J. M. González, S. A. Z. Gil, S. L. Serna, N. B. Isaza, D. A. G. Jaramillo, y J. M. Z. Vélez, "Construcción de prototipo de CANSAT para toma de imágenes aéreas para detección de zonas de vegetación en agricultura de precisión," Ciencia y Poder Aéreo, vol. 16, no. 2, pp. 11–28, 2021.
- [3] D. Iglesias y J. Ruiz, "The CanSat Compendium: A Review of Scientific CanSats," Machines, vol. 11, no. 7, p. 675, 2023. [En línea]. Disponible en:
- [4] K. Dokic, "Microcontrollers on the edge – Is ESP32 with camera ready for machine learning?," Lecture Notes in Computer Science, vol. 12119, pp. 213–220, 2020.
- [5] E. Baran Jovanovic, S. E. D. E. F. Canbazoglu Bilici, C. Mesutoğlu, y C. Ocak, "The impact of an out-of-school STEM education program on students' attitudes toward STEM and STEM careers," School Science and Mathematics Journal for All Science and Mathematics Teachers, vol. 119, no. 4, 2019.
- [6] T. Islam, A. Noureen, M. R. Mughal y M. A. Nadeem, "Design and development of a weather monitoring satellite, CanSat," en Proc. 15th Int. Conf. Emerging Trends in Eng. & Tech., 2019.
- [7] Botero, A. Y., Rodríguez, J. S., Serna, J. G., Gómez, A., & García, M. J. (2017). Design, construction and testing of a data transmission system for a mid-power rocket model. IEEE Aerospace Conference Proceedings.
- [8] <https://peu.unam.mx/>
- [9] European Space Agency (ESA). The CanSat Book 2023–2024. <https://cansat.esa.int/wp-content/uploads/2023/09/the-CanSat-Book-23-24.pdf>
- [10] Adafruit Industries, "DHT Sensor Library for Arduino," GitHub Repository. [En línea]. Disponible: <https://github.com/adafruit/DHT-sensor-library>

- [11] Adafruit Industries, "Adafruit BMP280 Library," GitHub Repository. [En línea]. Disponible: https://github.com/adafruit/Adafruit_BMP280_Library
- [12] MathWorks, ThingSpeak Documentation, MathWorks IoT Platform. [En línea]. Disponible: <https://thingspeak.com/docs>
- [13] Arduino, "WiFi Library for Arduino," Arduino Official Documentation. [En línea]. Disponible: <https://www.arduino.cc/en/Reference/WiFi>
- [14] DFRobot. ESP32-CAM Development Board. https://media.digikey.com/pdf/Data%20Sheets/DFRobot%20PDFs/DFR0602_Web.pdf
- [15] Aosong Electronics. DHT11 Humidity & Temperature Sensor. <https://www.mouser.com/datasheet/2/758/DHT11-Technical-Data-Sheet-Translated-Version-1143054.pdf>
- [16] J. D. Jensen, CanSat NeXT: A Modular CanSat Platform, 2023. <https://jensd.dk/doc/cansat/cansatdk/CanSatNeXT.pdf>
- [17] Adafruit Industries, DHT11, DHT22 and AM2302 Sensors, Adafruit Industries, 2023. <https://cdn-learn.adafruit.com/downloads/pdf/dht.pdf>

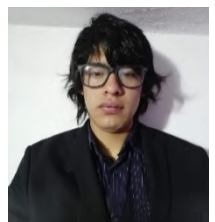


MARISOL ROJAS ZEMPOALTECA obtuvo el título de Técnico en Mecatrónica con cédula profesional en el plantel CECyTE 02 en 2020. Ese mismo año ingresó a la carrera de Ingeniería Mecatrónica en el Instituto Tecnológico de Apizaco, de la cual es recién egresada. En 2022 participó como staff en el primer evento de robótica del Instituto, colaborando en la organización y el desarrollo.

Realizó su residencia profesional en Saint-

Gobain durante el periodo enero-junio de 2025.

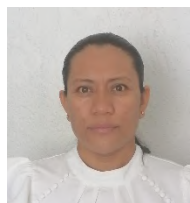
Demuestra interés en explorar distintas áreas de la ingeniería y en adquirir conocimientos sobre nuevos equipos y tecnologías.



BENJAMIN BARBOSA MUÑOZ recibió el título de Técnico en Mecatrónica por el CECyTE 02, Tlaxcala, en 2020, y actualmente cursa la licenciatura en Ingeniería en Mecatrónica en el Instituto Tecnológico de Apizaco, al que ingresó en 2020.

Desde 2020 ha desarrollado proyectos de electrónica, control y mantenimiento industrial, destacando en el diseño de sistemas de seguridad electrónicos con keypad y pantallas LCD, así como en el control de velocidad de motores de corriente directa de alta potencia. Actualmente realiza su residencia profesional en la empresa PLAMI, S.A. de C.V., donde trabaja en la actualización de los drives Polyspede OC2-500M.

Sus intereses de ingeniería incluyen la integración de sistemas mecatrónicos en procesos industriales, control de motores de corriente directa, aplicaciones de impresión 3D y mantenimiento predictivo y preventivo.



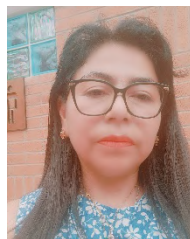
RAQUEL RAMÍREZ AMADOR recibió el título de licenciado en Electrónica por la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Maestría en Ciencias de la Electrónica por el INAOE y el Doctorado en Dispositivos Semiconductores por la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Desde el año 2009 se ha desempeñado como docente a nivel medio superior y superior en diversas instituciones educativas. Actualmente, participa como docente en el Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, del Instituto Tecnológico de Apizaco/ Tecnológico Nacional de México, así como en la Maestría en Mecatrónica y el Doctorado en Ciencias de la Ingeniería. Sus intereses radican automatización y control, síntesis y caracterización de materiales semiconductores y de película delgada, micro y nanoelectrónica, desarrollo de dispositivos semiconductores y diseño de circuitos integrados. Ha incursionado en la publicación de artículos científicos, tecnológicos y de pedagogía.



ENRIQUE ACOLZI BAUTISTA recibió el título Ingeniero en Electromecánica por el Instituto Tecnológico de Apizaco, la Maestría en la enseñanza de matemáticas por la Universidad Autónoma de Tlaxcala. Ha sido profesor a nivel superior. Ha desempeñado diversos cargos en el Instituto Tecnológico de Apizaco como jefe de departamento de Metal

Mecánica, en Departamento de Desarrollo Académico, entre otros. Actualmente es subdirector Académico del Instituto Tecnológico de Apizaco. Ha incursionado en la publicación de artículos científicos, tecnológicos y de pedagogía.



HAYDEE PATRICIA MARTÍNEZ HERNÁNDEZ recibió el título de Ingeniera Industrial en Electrónica por el Instituto Tecnológico de Puebla en 1996, la Maestría en Ingeniería Mecánica por el Instituto Tecnológico de Apizaco en el año 2000, y el Doctorado en Dispositivos Semiconductores por la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla en 2019.

Desde 1996 me desempeño como docente en el Instituto Tecnológico de Apizaco. Del año 2020 al

2023 estuve a cargo de la Coordinación del Doctorado en Ciencias de la Ingeniería de esta misma institución, y de 2023 a 2024 ocupé el cargo de Jefa del Departamento de Gestión Tecnológica y Vinculación. Actualmente, continúo como profesora del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, participando también en la Maestría en Mecatrónica y en el Doctorado en Ciencias de la Ingeniería. Mi área de especialidad se centra en el control con microcontroladores, así como en el diseño, fabricación y caracterización de dispositivos semiconductores. Además, he colaborado con investigadores de la BUAP, el INAOE, CIDESI, entre otras, así como en proyectos orientados a la caracterización de materiales fotovoltaicos, fotoluminiscentes y electroluminiscentes.