

Desarrollo de un kit de CubeSat educativo con acoplamiento modular orientado a la enseñanza de ciencia espacial en instituciones educativas de enseñanza básica secundaria y media vocacional.

Sofía Orozco Pastrán

Camilo Andrés Pineda Rugeles

David Camilo Vega Mariño

Universidad EAN

Facultad de Ingeniería

Proyecto de grado

2025

Tabla de Contenido

Tabla de Contenido	2
Lista de tablas	8
Lista de Figuras.....	8
Resumen Ejecutivo	9
Introducción	10
Objetivos.....	11
Objetivo General	11
Objetivos Específicos.....	11
Descripción del Problema.....	11
Justificación	12
Análisis de Requerimientos	14
Requerimientos técnicos.....	14
Requerimientos de diseño.....	14
Requerimientos de operación	15
Requerimientos legales y reglamentarios	15
Requerimientos de calidad.....	15
Requerimientos de sostenibilidad.....	15

Marco de Referencia.....	15
Satélites, nanosatélites y estándar CubeSat.....	15
Subsistemas de un CubeSat.....	17
Estructura.....	17
Sistema de Energía (EPS).....	18
Computadora de abordo (OBC).....	18
Comunicaciones (COMMS).....	19
Carga útil (Payload).....	20
Electrónica modular y sistemas embebidos (ESP32, sensores, buses de comunicación)	21
Iniciativas educativas en América Latina.....	22
Estado del arte en Colombia.....	23
Tecnologías de comunicación para aplicaciones educativas (LoRa, telemetría básica)	24
Desarrollo internacional de kits educativos CubeSat.....	25
Definición de kit educativo tecnológico.....	26
Concepto de modularidad y bajo costo en dispositivos educativos	26
Técnicas de enseñanza aplicables en educación científica.....	27
Aprendizaje basado en proyectos (ABP).....	27
Aprendizaje experimental.....	28

Aprendizaje colaborativo.....	28
Educación STEM y STEAM en ciencias espaciales.....	29
Estrategias de enseñanza de mecatrónica y aeroespacial en educación básica y media	30
Normativa internacional sobre nanosatélites (estándar CubeSat, ITU, UNOOSA).....	32
Normativa colombiana en ciencia y tecnología (MinCiencias, Ministerio TIC, normas educativas).....	33
Seguridad eléctrica y electrónica en entornos educativos (normas técnicas para PCB, baterías, comunicaciones)	33
Sostenibilidad en proyectos tecnológicos educativos (bajo costo, accesibilidad, uso seguro de baterías y materiales reciclables)	34
Análisis de Restricciones	35
Restricciones Técnicas:	35
Restricciones Económicas.....	36
Restricciones Ambientales	36
Restricciones de materiales	37
Restricciones Legales y Normativas	37
Restricciones de tiempo	37
Análisis de alternativas	38
Ventajas:	38

Desventajas:.....	38
Conclusión:.....	39
Alternativa B: Implementación de una rueda de reacción	39
Descripción.....	39
Ventajas:	39
Desventajas:.....	40
Conclusión:.....	40
Alternativa C: Estructura – Modelo tradición vs Impresión 3D	40
Descripción:.....	41
Ventajas:	41
Desventajas:.....	41
Conclusión:.....	41
Alternativa D: Sistema de Control - Arduino UNO vs ESP32	41
Descripción:.....	41
Ventajas:	42
Desventajas:.....	42
Conclusión:.....	42
Alternativa E: Recepción de telemetría - Software existente (ThingSpeak, Blynk, etc.) vs desarrollo de software propio	42

Descripción:.....	43
Ventajas:	43
Desventajas:.....	43
Conclusión:	43
Diseño Metodológico.....	45
Resultados del desarrollo de la propuesta.....	47
Fases del desarrollo de solución.....	50
Fase de integración electrónica y programación.....	50
Fase de diseño y fabricación de la PCB modular.....	52
Fase de diseño estructural 3D.....	54
Fase de desarrollo material pedagógico	56
Validación educativa.....	57
Resultados desde el desarrollo de ingeniería.....	59
Discusión de resultados.....	60
Correspondencia con los objetivos del proyecto.....	60
Aportes pedagógicos	60
Desempeño técnico del prototipo.....	61
Limitaciones y oportunidades de mejora futura	61
Análisis de costos.....	62

Costos Directos	62
Costos Indirectos	64
Costos fijos	65
Análisis de Viabilidad Financiera	65
Análisis de Sostenibilidad.....	67
Riesgos y Sostenibilidad Social	69
Conclusiones.....	70
Bibliografía	72
Anexo.....	76
Manual de ensamblaje:.....	77
Guía estudiantil:	77

Lista de tablas

Tabla 1 <i>Clasificación de satélites pequeños acorde a su peso</i>	16
Tabla 2 <i>Comparación de alternativas para el diseño del kit educativo</i>	44
Tabla 3 <i>TAM, SAM, SOM</i>	62
Tabla 4 <i>Tabla costos directos</i>	63
Tabla 5 <i>Tabla de costos indirectos</i>	64
Tabla 6 <i>Tabla de métricas del simulador financiero</i>	66
Tabla 7 <i>Tabla de análisis de sostenibilidad</i>	67
Tabla 8 <i>Tabla de riesgos y sostenibilidad social</i>	69

Lista de Figuras

Figura 1 <i>CubeSat armado</i>	48
Figura 2 <i>Manual de ensamblaje</i>	49
Figura 3 <i>Guía estudiantil</i>	49
Figura 4 <i>Transmisión de datos a ThingSpeak</i>	51
Figura 5 <i>Código integrado del ESP32</i>	51
Figura 6 <i>Transmisión de video</i>	52
Figura 7 <i>Diseño de la PCB desarrollada en EasyEDA</i>	53
Figura 8 <i>Enrutamiento de la PCB en Fusion360</i>	53
Figura 9 <i>Acabado final PCB modular parte trasera</i>	54
Figura 10 <i>Modelo 3D de la estructura del CubeSat</i>	55
Figura 11 <i>Sistema de energía (EPS)</i>	55

Figura 12 <i>Evidencias de la validación académica</i>	58
Figura 13 <i>Evidencia de validación con estudiantes</i>	59
Figura 14 <i>Simulador financiero</i>	66

Resumen Ejecutivo

Este proyecto tiene como propósito el diseño y fabricación de un kit educativo para jóvenes y adolescentes entre 13 y 17 años, acompañándolos en la construcción de un CubeSat, un nanosatélite utilizado en la investigación espacial y en iniciativas académicas. El fin de este trabajo se enfoca en inspirar interés y fomentar el pensamiento científico a través de actividades prácticas, creativas y multifacéticas de STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas).

Con materiales instructivos y un enfoque de aprendizaje basado en proyectos, este kit permitirá a los usuarios entender, ensamblar y maniobrar un prototipo funcional. Los introducirá a conceptos desde programación básica hasta ingeniería espacial y conexiones satelitales. Se estima que el producto final sirva como herramienta versátil para los salones de clase, exposiciones de ciencia, y programas extracurriculares.

Este recurso didáctico implementa electrónica, programación y diseño de una manera asequible para los jóvenes sin experiencia previa, y procura dar a conocer de una manera práctica a los estudiantes la posibilidad de formar parte del mundo de la ciencia, la investigación y la exploración espacial, incentivando su motivación por aprender y formar parte de estas áreas con gran impacto a nivel personal y social.

Introducción

La educación constituye uno de los pilares más importantes para el desarrollo de una sociedad y crecimiento tanto económico como social de un estado. La cobertura, calidad, inclusión y enfoque de este sector influye fundamentalmente en las oportunidades de progreso y las condiciones socioeconómicas de una población.

En este contexto, a inicios del siglo XXI se consolidó una forma de enseñanza alternativa o adicional, la formación STEM. Este tipo de educación tiene un enfoque multilateral en el que se emplean de forma conjunta estas disciplinas antes aplicadas de forma separada. Esto se logra con la inclusión de proyectos de ingeniería y tecnología aplicados a la solución de problemas reales.

De esta forma se impulsó un aprendizaje basado en la solución de problemas y la innovación, incluyendo el desarrollo de habilidades tanto manuales como lógicas. Esto con el propósito de preparar a los estudiantes desde temprana edad a desafíos en una sociedad marcada por la aceleración tecnológica y el surgir constante de nuevos mercados.

Los Cubesat, pequeños satélites estándar de 10x10x10 fueron diseñados con el objetivo de proponer una alternativa de desarrollo de forma más económica y práctica, además de que se creó con un fuerte componente o pilar educativo gracias a su accesibilidad y diseño amigable.

Teniendo esto en cuenta, la industria espacial se ha convertido en un escenario fundamental para materializar los principios de la educación STEM. El desarrollo de satélites CubeSat ha permitido a instituciones académicas y países emergentes participar en proyectos de investigación espacial a bajo costo, generando innovación y fomentando el talento local. Así, la

exploración espacial deja de ser un ámbito exclusivo de potencias internacionales y se transforma en una oportunidad para la formación, la cooperación y el desarrollo sostenible de las naciones.

Objetivos

Objetivo General

Diseñar un kit educativo de tipo CubeSat con un acoplamiento modular por medio de regletas de pines, orientado a la difusión de ciencia espacial en instituciones educativas de enseñanza básica secundaria y media vocacional, para el aprendizaje de los estudiantes acerca de procesos de ensamblaje, operación y los subsistemas satelitales lo que será evaluado por medio de actividades prácticas e interactivas.

Objetivos Específicos

- Elaborar un prototipo de kit de CubeSat educativo con un microcontrolador ESP32 y diferentes módulos de sensores y actuadores que emulen el funcionamiento de un satélite real.
- Diseñar material didáctico incluyendo un manual de ensamblaje y una lista de experimentos para explicar y facilitar la comprensión de los diferentes subsistemas que integran a un satélite.
- Evaluar la facilidad de uso del kit en al menos una sesión grupal con estudiantes, aplicando un cuestionario antes y después de realizada la actividad.

Descripción del Problema

Hoy la enseñanza de ciencias y tecnología en muchos colegios sigue dándose principalmente de forma teórica: los estudiantes aprenden conceptos, pero rara vez los aplican en proyectos que reflejen problemas reales. Esto reduce la motivación, interés y limita la adquisición de competencias prácticas como lo son la programación, electrónica, diseño de sistemas, estas necesarias para la investigación y el mercado laboral. Aunque hay recursos STEM (robótica, microcontroladores, laboratorios), existe una brecha entre esos ejercicios y la investigación aplicada de mayor impacto, como la tecnología espacial.

A nivel internacional, los CubeSats han demostrado ser un puente efectivo entre aula e investigación: colegios y universidades han desarrollado nanosatélites y existen kits educativos que permiten simular subsistemas satelitales. En Colombia, sin embargo, la experiencia es incierta: hay proyectos universitarios aislados y actividades de divulgación, además de CubeSat ya lanzados, pero faltan soluciones educativas escalables, accesibles y diseñadas para contexto escolar que permitan replicar proyectos satelitales sin depender de laboratorios especializados.

Los CubeSats reales implican costos, soporte técnico o mantenimiento y conocimientos especializados; los kits comerciales suelen ser caros o no estar adaptados al currículo local; y la formación docente en temas espaciales es limitada debido a la falta de industria. Todo ello reproduce desigualdades entre instituciones con y sin acceso a infraestructuras y alianzas, impidiendo que la educación de todos los niveles aproveche el potencial formativo de la industria espacial.

Justificación

La creación de este sistema y su implementación son una contribución importante a la educación y la pedagogía, así como a la tecnología y las ciencias sociales. Este plan implica actividades prácticas en múltiples materias, fomentando paradigmas de aprendizaje constructivo que derivan de EBP, que es el aprendizaje basado en proyectos. BPL permite a los jóvenes alcanzar competencias en ciencia y tecnología al tiempo que mejora sus habilidades de resolución de problemas, trabajo en equipo y aplicación práctica de la teoría. La visión es transformadora ya que proporciona a los aprendices un camino para nutrir su curiosidad y pasión por la ciencia, la tecnología y la exploración espacial de una manera alentadora y motivadora.” Los miembros que construyen el kit y participan en su programación de diseño desarrollan habilidades fundamentales en electrónica, programación de computadoras y diseño de sistemas, que son fundamentales para apreciar la tecnología que nos rodea y establecer una correlación íntima con la innovación. Los participantes aprenden técnicas sustantivas y, en paralelo, desarrollan habilidades de lógica y resolución de problemas, creatividad y curiosidad autodirigida para investigar más allá de los límites del conocimiento adquirido.

Para los colegios favorece la modernización de la estrategia didáctica con el uso de herramientas que potencian la transversalidad y cumplen con los requerimientos de la enseñanza actual. Esto facilita que las organizaciones se planten como entornos que incentivan la innovación y preparan a los alumnos para encarar los retos tecnológicos presentes y venideros.

Desde una perspectiva social, proyectos así ayudan a formar una cultura científica que promueve la inclusión tecnológica y la formación de ciudadanos más críticos, creativos y proactivos,

capaces de dar soluciones a problemas tanto locales como globales mediante el uso del conocimiento y la tecnología. Al impulsar este tipo de planes, se fortalece la base para una sociedad más innovadora y lista para afrontar los desafíos del siglo XXI.

Por último, en cuanto a los fundadores y desarrolladores del kit, este plan significa una oportunidad de inmenso valor. Permite el uso de conocimientos adquiridos en diferentes campos, el avance de las habilidades técnicas de programación, electrónica, diseño, gestión de proyectos, así como el fortalecimiento de las habilidades blandas de comunicación, liderazgo y trabajo en equipo. Además, proporciona la oportunidad de crear y dar forma a una herramienta de aprendizaje que no solo tiene un valor transformador a nivel académico, sino que también los posiciona como operadores clave en el cambio educativo y tecnológico.

Análisis de Requerimientos

Requerimientos técnicos

- Sensores confiables y accesibles.
- Fuente de energía y uso eficiente de la misma.
- Construcción modular del kit.
- Conectividad y procesamiento óptimo.

Requerimientos de diseño

- Cumplir con el estándar CubeSat.
- Estructura compacta y modular.
- Interfaz amigable con el usuario.

Requerimientos de operación

- Manual claro para ensamblaje y uso.

Requerimientos legales y reglamentarios

- Normas de seguridad eléctrica.
- Licencias o Software de Código Abierto.

Requerimientos de calidad

- Estructura durable.
- Validación pedagógica.
- Verificación de los sensores.

Requerimientos de sostenibilidad

- Manejo apropiado de los residuos.
- Estructura en material reciclado.
- Eficiencia energética.

Marco de Referencia**Satélites, nanosatélites y estándar CubeSat**

De acuerdo con National Aeronautics and Space Administration (NASA,2023), un satélite es un cuerpo que órbita alrededor de otro cuerpo en el espacio. Dentro de los satélites existen dos tipos de categorías, los naturales como la Tierra y la Luna, y los artificiales que son

diseñados por los humanos, ejemplos de estos últimos son el telescopio James Webb y la Estación Espacial Internacional (ISS).

Por otro lado, los satélites también pueden ser clasificados de acuerdo con su peso, para este proyecto debido a su enfoque se contemplarán únicamente los satélites pequeños. Esta clasificación se encuentra en la Tabla 1.

Tabla 1
Clasificación de satélites pequeños acorde a su peso

Clasificación	Peso
Mini satélites	100 – 180 kilogramos
Microsatélites	10 – 100 kilogramos
Nanosatélites	1 – 10 kilogramos
Pico satélites	0.01 – 1 kilogramos
Femtosatélites	0.001 – 0.01 kilogramos

Nota. Elaboración propia con base en información de la NASA (2024).

Los CubeSats de acuerdo con European Space Agency (ESA, 2023), se definen como satélites en miniatura construidos comúnmente con una unidad cubica simple de 10 cm x 10 cm x 10 cm. El número de unidades depende de la misión, pero se define que suelen ser entre 2 y 16 situando su peso entre 2 a 32 kilogramos por lo que una unidad normalmente pesa poco más de un kilogramo. Esto les otorga un menor peso y costo en comparación con los satélites tradicionales.

El origen de los CubeSats se remonta a 1999 donde California Polytechnic State University at San Luis Obispo (Cal Poly) y Stanford University lo desarrollaron para proveer de una plataforma para la educación y la exploración espacial. Con el tiempo se transformó en su

propia industria con el gobierno y la academia colaborando para incrementar sus capacidades (NASA, 2024).

Subsistemas de un CubeSat

La arquitectura de un CubeSat incluye los subsistemas de estructura, térmico, determinación y control de actitud (ADCS), comunicaciones, sistema de energía, computadora abordo y carga útil, sin embargo, el proyecto no involucrara ni el subsistema térmico ni el ADCS con el fin de simplificar el prototipo.

Estructura

La estructura de un CubeSat es el armazón base, se diseña siguiendo el estándar CubeSat, para así asegurarse de compatibilidad con los sistemas de lanzamiento y despliegue. es principalmente fabricado en aluminio de grado aeroespacial (6061 o 7075) (*Cubesat Handbook*, 2021).

Aparte de proveer soporte estructural a todos los subsistemas (EPS, OBC, COMMS, ADCS y payload), ofrece funciones fundamentales de protección frente a vibraciones, choques durante el lanzamiento, variaciones térmicas y estabilidad modular (Agrawal & Platzer, 2018).

Otro aspecto importante es que la estructura incluye los rieles normalizados (Rails) que permiten la inserción del CubeSat en los dispensadores tipo *Poly-Picosatellite Orbital Deployer* (P-POD) u otros mecanismos equivalentes. Esto asegura la correcta liberación del satélite en órbita y evita interferencias durante el despliegue (*Next Generation CubeSats and SmallSats*, 2023).

Por último, el diseño de la estructura debe contemplar un balance entre robustez y eficiencia en el uso del espacio interno. (Agrawal & Platzer, 2018). Por ello, se suelen emplear configuraciones modulares que facilitan el ensamblaje y el acceso a los subsistemas, al tiempo que permiten cumplir con los requisitos de masa y volumen establecidos por el estándar.

Sistema de Energía (EPS)

El electric power system (EPS) es importante para todos los satélites ya que administra la energía que se le dará a cada uno de los subsistemas, esto lo hace mientras se encuentra en órbita lo que agrega una mayor responsabilidad ya que no siempre se tendrá disponible la luz solar para alimentar las baterías del satélite, en Cappelletti et al (2021, p. 230) se describen sus funciones como generar, almacenar, regular y distribuir el poder eléctrico al satélite y el resto de los subsistemas.

Para lograr su fin el subsistema EPS se encuentra conformado por paneles solares y baterías recargables que proveen de la energía eléctrica a los circuitos, también se incluyen dispositivos de regulación eléctrica para prevenir que fluctuaciones eléctricas afecten a la carga útil o deterioren las baterías (Medina Sánchez et al., 2023).

Computadora de abordo (OBC)

El sistema OBC (On-Board Computer) es el sistema central del CubeSat, encargado de gestionar y coordinar las operaciones de todos los subsistemas. Su función principal es ejecutar el software de vuelo, procesar comandos y datos, y asegurar la correcta interacción entre los

diferentes módulos del satélite, incluyendo la carga útil (payload), el sistema de energía (EPS), las comunicaciones (COMMS) y el sistema de determinación y control de actitud (ADCS). También, el OBC supervisa la gestión de la energía, controla los mecanismos de despliegue, maneja la comunicación con la estación base y ejecuta procedimientos de detección y recuperación ante fallos (FDIR). El OBC es esencial para el funcionamiento autónomo y eficiente del CubeSat durante cualquier misión.

Para garantizar un funcionamiento óptimo, el OBC debe cumplir con ciertos requisitos técnicos. Debe contar con un procesador capaz de manejar las tareas más exigentes del software de vuelo, como algoritmos de control y procesamiento de datos en tiempo real. Es esencial que el OBC disponga de un sistema operativo en tiempo real (RTOS) para la ejecución eficiente de tareas concurrentes y la gestión de eventos en tiempo real. Entre otras especificaciones de almacenamiento para telemetría. Necesita puertos y buses suficientes para interactuar con todos los subsistemas. Por último, debe permitir la comunicación y actualización de software durante vuelo en la misión, esto, para corregir errores o adaptar la operación a nuevas condiciones.

Comunicaciones (COMMS)

El subsistema de comunicaciones (COMMS), Se encarga de conectar el CubeSat y la estación a tierra, permitiendo la transmisión de telemetría, instrucciones y datos específicos de misión (Volakis, 2019). El subsistema COMMS se compone principalmente de un transceptor (transmisor-receptor) de radiofrecuencia (RF), antenas y dispositivos de despliegue de antenas. El transceptor opera en bandas de frecuencia específicas asignadas a satélites pequeños (Volakis,

2019), dependiendo de los requerimientos y objetivos de la misión. En misiones educativas y de investigación suele utilizarse VHF/UHF por su bajo costo y facilidad de implementación, mientras que en misiones con mayor demanda se opta por bandas superiores como S o X (*Cubesat Handbook*, 2021).

El diseño del COMMS debe garantizar una comunicación confiable, considerando limitaciones propias de los CubeSats como el reducido espacio para antenas y la baja potencia disponible. Por ello, se implementan técnicas de modulación y codificación que optimizan la relación señal-ruido y reducen la probabilidad de pérdida de información. Asimismo, el sistema debe soportar tanto la telemetría en tiempo real como la descarga de datos almacenados en memoria (Agrawal & Platzer, 2018).

Carga útil (Payload)

La carga útil es el porqué de la misión así que para hablar acerca de ella es necesario describir porqué son importantes las misiones satelitales, de acuerdo con Yamazaki (2022), una misión satelital puede buscar la observación de la tierra de manera periódica, comunicación con estaciones terrestres o la realización de mediciones del ambiente espacial como el campo magnético o la radiación. En este sentido, la carga útil será cualquier medio por el cual podamos realizar alguna de estas actividades una vez en el espacio.

En Colombia, para un ejemplo más cercano, de acuerdo con la Fuerza Aeroespacial Colombiana (FAC, s.f.), el FacSat-2, su segundo satélite tiene dos elementos que constituyen esta carga útil, el primero es un electroóptico de la marca Simera MultiScape, el segundo, es un

espectrómetro Argus 2000, ambos dispositivos tienen como tarea la observación la tierra y especialmente el territorio colombiano, el primero sirve para observación mientras que el segundo permite realizar mediciones de metano y dióxido de carbono.

Electrónica modular y sistemas embebidos (ESP32, sensores, buses de comunicación)

La electrónica modular y los sistemas embebidos son la base de la operación y el control en plataformas satelitales como los CubeSats (*Next Generation CubeSats and SmallSats*, 2023). Se trata de arquitecturas que permiten integrar distintos dispositivos y subsistemas en un diseño compacto, eficiente y escalable, capaces de ejecutar funciones críticas en tiempo real bajo restricciones de energía, espacio y fiabilidad (Guo et al., 2025).

El **ESP32**, como microcontrolador de altas prestaciones, constituye un ejemplo de sistema embebido ampliamente adoptado en aplicaciones de adquisición y procesamiento de datos. Este dispositivo integra doble núcleo de procesamiento, periféricos analógicos y digitales, interfaces de comunicación (UART, I²C, SPI, CAN, entre otras) y una arquitectura optimizada para bajo consumo energético, características que lo hacen apto para tareas de control, monitoreo y gestión de sensores dentro de un satélite.

Los **sensores** representan la principal fuente de información del sistema. Pueden incluir magnetómetros, acelerómetros, giróscopos, sensores de temperatura, presión, radiación o receptores GNSS, dependiendo de los objetivos de la misión. Estos permiten tanto el monitoreo de variables internas del satélite como la obtención de datos relacionados con el entorno espacial

o la carga útil, aportando insumos fundamentales para la navegación, el control de actitud y la validación de condiciones de operación.

La comunicación entre el ESP32, los sensores y otros módulos se establece mediante **buses de comunicación estándar** como **I²C, SPI y UART**, los cuales ofrecen robustez, eficiencia y compatibilidad para la transferencia de datos en sistemas distribuidos. Esta arquitectura modular favorece la redundancia, facilita el reemplazo de componentes y permite ampliar las capacidades del satélite sin necesidad de rediseñar por completo la plataforma electrónica.

Iniciativas educativas en América Latina

En Latinoamérica existen proyectos que han sido apoyados por otros países o entidades, por ejemplo, la competencia de KiboCube, que de acuerdo con United Nations Office for Outer Space Affairs (UNOOSA, s.f.), es una colaboración con Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) que otorga la oportunidad de desarrollar un CubeSat y desplegarlo desde el módulo japonés de la ISS "Kibo" promoviendo la sostenibilidad de futuras actividades espaciales.

En el año 2017 la Universidad del Valle en Guatemala ganó la convocatoria, lo que les permitió desplegar un satélite en el 2020, la misión se llamó Quetzal-1 (Ayerdi & Zea, 2020).

Durante la octava edición de KiboCube Colombia participó en colaboración con la FAC y algunas universidades de Colombia (Buitrago-Leiva et al., 2024).

México también ha tenido notables proyectos, entre estos esta AzTechSat-1, una misión lanzada en el 2019 de un CubeSat desarrollado por estudiantes de la Universidad Popular

Autónoma del Estado de Puebla, que tuvo como misión verificar conexiones entre satélites para posibles aplicaciones tanto en el espacio como en la Tierra (Martínez, 2020).

Estado del arte en Colombia

En Colombia existen avances técnicos y misionales que demuestran capacidad nacional en pequeños satélites, pero la adopción de kits educativos CubeSat a escala escolar aún está en fases iniciales. Proyectos estatales y de defensa como la línea FACSAT han puesto en marcha desarrollos de nanosatélites con objetivos de observación territorial (diseño y validación de FACSAT-2), lo que evidencia experiencia técnica y recursos humanos que pueden articularse con iniciativas educativas (Rincón-Urbina et al., 2023).

Paralelamente, trabajos académicos y tesis en varias universidades han documentado prototipos y propuestas de plataformas CubeSat para investigación y enseñanza, pero estos esfuerzos suelen concentrarse en programas de pregrado/posgrado y no en soluciones empaquetadas para secundaria o media técnica. En consecuencia, aunque Colombia dispone de una base técnica (misiones FACSAT, grupos universitarios), hay un vacío operacional: faltan kits modulares, documentación didáctica en castellano y programas piloto escalables que permitan a colegios —especialmente públicos— replicar experiencias satelitales sin depender de laboratorios universitarios o apoyos externos (Rincón-Urbina et al., 2023; análisis de iniciativas académicas 2019–2024).

Este estado del arte indica dos realidades simultáneas: por un lado, capacidad tecnológica relevante que puede sostener programas educativos especializados; por otro, ausencia de

productos educativos estandarizados y asequibles que traduzcan esa capacidad a la escuela. Esa brecha —capacidad técnica concentrada vs. falta de herramientas pedagógicas replicables— es la principal oportunidad que justifica el desarrollo de un kit CubeSat orientado a la enseñanza media y vocacional en Colombia (Rincón-Urbina et al., 2023; revisiones y actas regionales, 2019–2024).

Tecnologías de comunicación para aplicaciones educativas (LoRa, telemetría básica)

La aplicación de tecnologías de comunicación se ha convertido en una gran oportunidad para iniciativas educativas relacionadas con la exploración espacial, investigaciones científicas y el desarrollo de IoT (El internet de las cosas). Por esto se establece como pilar en la implementación de tecnologías de comunicación cuando se busca un bajo costo, un bajo consumo energético y a la vez una óptima transmisión de datos de manera confiable y precisa. Entre estas, se encuentra LoRa (Long Range), que se ha posicionado como una de las más relevantes debido a su capacidad de cubrir rangos de distancia considerables con un consumo reducido de energía, empleando bandas de frecuencia libre de licencia. Por esto se define como una opción accesible y moldeable a entornos educativos.

La comunicación por radio de larga distancia es elegida cuando se trata de implementaciones IoT, ya que reduce la complejidad de las redes inalámbricas de múltiples saltos. Su utilidad se ha catalogado como una de las más eficientes, y recientes investigaciones han profundizado en el diseño de un sistema que combina LoRa con IEEE 802.15.4 DSME, una tecnología que gestiona cómo los dispositivos comparten el canal de comunicación sin

interferirse, ofreciendo la ventaja de permitir una conectividad fluida de persona a persona, encontrando un enfoque poderoso que protagoniza la interconexión LoRa (Álamos et al., 2022).

Desarrollo internacional de kits educativos CubeSat

En la última década los CubeSats dejaron de ser únicamente vehículos de investigación para convertirse en plataformas didácticas reproducibles: universidades, laboratorios y grupos estudiantiles han documentado cómo proyectos basados en nanosatélites permiten enseñar desde sistemas embebidos hasta integración de subsistemas y validación funcional (Kanavouras, 2022). La literatura técnica reciente muestra además dos tendencias claras: por un lado, el uso de diseños modulares y componentes comerciales (COTS) para reducir costos y tiempos de desarrollo; por otro, la aparición de paquetes educativos y bancadas de prueba que replican los subsistemas principales (energía, C&DH, comunicaciones) en un formato manejable para cursos y talleres (Kanavouras, 2022; trabajos de la comunidad SmallSat, 2022–2024).

Estas iniciativas van acompañadas de metodologías pedagógicas específicas: guías de verificación en banco, emuladores de enlace, y protocolos de pruebas funcionales que permiten validar bloques antes de integrar el sistema completo, todo orientado a facilitar el aprendizaje práctico sin requerir infraestructura de lanzamiento desde el inicio (Kanavouras, 2022; estudios de la comunidad educativa CubeSat, 2023–2024). Además, competencias y programas de soporte (retos académicos, convocatorias y plataformas de despliegue tipo KiboCUBE) han impulsado el desarrollo de prototipos en regiones emergentes, mostrando que la estandarización y la documentación abierta son clave para reproducir estas experiencias en distintos contextos (documentación de KiboCUBE y reportes de proyectos regionales, 2019–2023).

En suma, el desarrollo internacional de kits educativos CubeSat combina evidencia técnica (modelos de bus, procedimientos de prueba), oferta comercial y educativa (kits modulares y bancadas) y estructuras pedagógicas (ABP/PBL y retos), lo que constituye un marco de referencia maduro para diseñar un kit replicable y asequible orientado a secundaria y media vocacional (Kanavouras, 2022; informes y actas de SmallSat 2022–2024).

Definición de kit educativo tecnológico

Un kit, de acuerdo con la Real Academia Española (RAE, s.f.), es un "Conjunto de productos y utensilios suficientes para conseguir un determinado fin, que se comercializan como una unidad", educativo de acuerdo con la misma fuente, se refiere a algo "Que educa o sirve para educar". Tecnológico, por otro lado, es "De la tecnología o relativo a ella" (WordReference, s.f.). En consecuencia, un kit educativo tecnológico se puede entender como un conjunto de elementos tecnológicos cuyo propósito es educar y se comercializa como una unidad.

Concepto de modularidad y bajo costo en dispositivos educativos

La modularidad en dispositivos académicos se concibe como la capacidad que tienen las herramientas que se estructuran en componentes independientes, desarmables, fáciles de integrar y reutilizar. Esta configuración permite que los estudiantes interactúen con sistemas complejos a través de módulos simples. La modularidad simplifica la diversidad académica, ya que los diferentes componentes pueden adaptarse con facilidad a diferentes prácticas y aumentar progresivamente su dificultad, fomentando así un aprendizaje progresivo y autosuficiente.

Estas tecnologías tienen un precio asequible, por lo que se pueden usar en diversos entornos educativos. El uso de recursos accesibles y comerciales no solo abarata los costos de producción, sino que también fomenta la adopción y expansión de estas tecnologías en las aulas y laboratorios de instituciones con presupuestos variados.

Los beneficios de estos kits educativos están subrayados en recientes investigaciones: su diseño, que prioriza la facilidad de ensamblaje, la reducción de errores en la manipulación y su versatilidad en diferentes contextos académicos, entre otros aspectos, han mostrado ser ideales para estimular el aprendizaje en campos STEM (Laura & Guerrero, 2023). Estos descubrimientos resaltan que la modularidad y el costo bajo no son solamente elementos de diseño, sino fundamentos que benefician a la calidad y a la inclusión en la educación tecnológica.

Técnicas de enseñanza aplicables en educación científica

Aprendizaje basado en proyectos (ABP)

El Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) se describe como un método activo que permite la participación del alumno en el proceso de enseñanza y aprendizaje, al incluirlo directamente en la solución de problemas y en el establecimiento de decisiones vinculadas a los contenidos académicos (Recalde Drouet et al., 2024). El ABP fomenta la autonomía, el análisis crítico y la organización de su propio proceso de aprendizaje, lo que contrasta con la educación tradicional, donde el alumno asume un rol pasivo como receptor de información.

Esta metodología impulsa la socialización y el trabajo en equipo, puesto que incentiva la interacción entre profesores y estudiantes, e incluso ocasionalmente involucra a expertos

externos. Además, fomenta a los estudiantes a emprender la búsqueda en sus intereses, formularse preguntas importantes para su autoconocimiento y la organización de procesos de manera autodidacta, a la vez que fortalece sus habilidades creativas y la resolución de problemas.

En resumen, el ABP convierte el aula en un entorno colaborativo y dinámico, en el que el estudiante es el actor principal de su proceso de educación, lo que robustece tanto sus habilidades sociales y emocionales como su desarrollo académico.

Aprendizaje experimental

El aprendizaje experiencial, de acuerdo con (Jeremías & Pawelek, s.f.) es un proceso en el que se reflexiona y se entiende una experiencia. El ciclo de Kolb mencionado en este mismo artículo explica que el aprendizaje experiencial sigue el siguiente proceso:

1. Tenemos una experiencia.
2. Reflexionamos acerca de la experiencia.
3. Por medio de la reflexión concluimos.
4. Probamos en la práctica lo que se haya concluido.

Aprendizaje colaborativo

El aprendizaje colaborativo se entiende como una metodología en la que grupos de estudiantes trabajan de forma coordinada para alcanzar objetivos comunes, compartiendo responsabilidades y construyendo conocimiento de manera social; este enfoque favorece el desarrollo de habilidades interpersonales (comunicación, negociación, liderazgo) y mejora la

retención y comprensión de contenidos complejos (Castañeda Fuentes, 2024). (Citas: Castañeda Fuentes, 2024; Barrera Arcaya, 2022).

En proyectos de carácter interdisciplinar —como el diseño e integración de un CubeSat— el aprendizaje colaborativo permite dividir la tarea en subsistemas (energía, electrónica, comunicaciones, software, pruebas) y luego integrar pruebas funcionales conjuntas, lo que facilita el aprendizaje por especialización y la visión sistémica (Luque-Vega et al., 2019; Barrera Arcaya, 2022). Además, la evidencia reciente en entornos educativos de América Latina muestra que combinar ABP (Aprendizaje Basado en Proyectos) con dinámicas colaborativas incrementa la motivación y el pensamiento crítico de los estudiantes, beneficios que son especialmente relevantes en actividades tecnológicas complejas (Barrera Arcaya, 2022; Castañeda Fuentes, 2024).

Por último, la implementación práctica del aprendizaje colaborativo en un laboratorio o con kits modulares suele requerir roles explícitos, rúbricas de evaluación por pares y actividades de integración (deliverables técnicos comunes) para garantizar que el aprendizaje individual y colectivo quede evidenciado y evaluable (Castañeda Fuentes, 2024).

Educación STEM y STEAM en ciencias espaciales

Los enfoques STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) y STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics) representan modelos educativos orientados al desarrollo de competencias técnicas, científicas y creativas a través de la integración de distintas disciplinas. Su objetivo principal es que el aprendizaje no se limite a la

teoría, sino que se fundamente en la resolución de problemas reales, el diseño de proyectos y la aplicación de conocimientos en contextos prácticos.

En el campo de las **ciencias espaciales**, la adopción de STEM y STEAM ha cobrado relevancia mundial al facilitar la participación de estudiantes y profesionales en proyectos relacionados con satélites, misiones espaciales, cohería y exploración planetaria. Instituciones educativas, agencias espaciales y empresas privadas han impulsado el uso de plataformas como los CubeSats, kits de cohetes y laboratorios virtuales para que los estudiantes puedan aproximarse a los retos de la industria espacial desde etapas tempranas.

La incorporación del arte en el modelo STEAM agrega un componente esencial de creatividad y diseño, que no solo enriquece la experiencia educativa, sino que también fomenta soluciones innovadoras en problemas complejos del sector aeroespacial. Ejemplos de ello incluyen la creación de sistemas de visualización de datos más intuitivos, el diseño estético y funcional de satélites y el desarrollo de proyectos que conectan la ciencia con la comunicación y la divulgación.

De esta manera, los modelos STEM y STEAM se consolidan como marcos metodológicos que no solo fortalecen las competencias técnicas en áreas como la electrónica, la programación o la ingeniería aeroespacial, sino que también impulsan el pensamiento crítico, la creatividad y la capacidad de trabajo colaborativo, factores esenciales para enfrentar los retos presentes y futuros del sector espacial.

Estrategias de enseñanza de mecatrónica y aeroespacial en educación básica y media

La enseñanza de mecatrónica y tópicos aeroespaciales en niveles básicos y medios debe apoyarse en metodologías activas que reduzcan abstracción y aumenten la experimentación: el uso de proyectos modulares, laboratorios virtuales y prácticas de banco con componentes comerciales (COTS) facilita el aprendizaje de conceptos de control, sensorización y sistemas embebidos (Luque-Vega et al., 2019).

Estrategias concretas recomendadas incluyen: (1) Aprendizaje basado en proyectos (ABP) donde equipos implementan módulos específicos (por ejemplo: subsistema de potencia, módulo de sensórica, enlace de datos) y luego integran; (2) scaffolded labs (actividades con andamiaje) que progresan de ejercicios guiados a tareas abiertas; (3) uso de plataformas modulares y simuladores que permitan validar algoritmos de control antes de la prueba física; y (4) evaluación por competencias y productos (entregables técnicos, demostraciones y documentación), lo que favorece la trazabilidad del aprendizaje técnico. Estas estrategias están respaldadas por trabajos sobre metodologías activas y mecatrónica educativa publicados desde 2019 en adelante (Luque-Vega et al., 2019; artículos y repositorios de mecatrónica educativa 2020–2023).

Para la enseñanza aeroespacial en secundaria, se recomienda, además: integrar nociones básicas de órbita y comunicaciones con actividades prácticas de menor escala (p. ej. estaciones de telemetría con enlaces VHF/UHF o ejercicios de posicionamiento GNSS), y articular contenidos con proyectos locales (observación de la Tierra, sensores ambientales) que conecten con problemáticas reales del territorio (Luque-Vega et al., 2019; trabajos de enseñanza aplicada 2021–2023).

Normativa internacional sobre nanosatélites (estándar CubeSat, ITU, UNOOSA)

El desarrollo de nanosatélites debe considerar marcos normativos internacionales que afectan dimensión, despliegue y uso del espectro. El **estándar CubeSat** (dimensiones modulares en unidades de 10×10×10 cm y reglas de interfaz para dispensadores) es la referencia técnica que asegura compatibilidad con sistemas de despliegue y ha sido adoptado como práctica común en proyectos educativos y universitarios (documentación técnica y actas de SmallSat/ingeniería, 2019–2023).

En materia de comunicaciones, la **Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU)** regula la asignación y coordinación del espectro radioeléctrico; las decisiones de la WRC-19 y las guías posteriores actualizan procedimientos para notificación y coordinación de enlaces satelitales, un aspecto crucial para cualquier CubeSat que vaya a transmitir datos desde el espacio (ITU, WRC-19). Finalmente, programas de fomento y despliegue como **KiboCUBE (UNOOSA–JAXA)** han mostrado cómo los marcos internacionales también habilitan oportunidades educativas y de capacidad nacional al ofrecer vías de despliegue y acompañamiento técnico para entidades de países en desarrollo (UNOOSA, KiboCUBE materials and rounds 2019–2024).

En síntesis, cualquier kit educativo orientado a la operación real (o como plataforma de aprendizaje que simule operación real) debe incluir —además de su documentación técnica— pautas sobre cumplimiento normativo básico: registro/identificación de información de objeto lanzado, consideraciones de asignación de frecuencia (coordinar con autoridades nacionales y/o

ITU) y buenas prácticas para evitar interferencias y contribuir a la sostenibilidad del entorno orbital (WRC-19; KiboCUBE programme docs).

Normativa colombiana en ciencia y tecnología (MinCiencias, Ministerio TIC, normas educativas)

En cuanto a las leyes relacionadas con la tecnología y la ciencia de acuerdo con el artículo 22 de la Ley 115 de 1994 señala: "El desarrollo de las capacidades para el razonamiento lógico, mediante el dominio de los sistemas numéricos, geométricos, métricos, lógicos, analíticos, de conjuntos de operaciones y relaciones, así como para su utilización en la interpretación y solución de los problemas de la ciencia, de la tecnología y los de la vida cotidiana", en este sentido un kit educativo encaja perfectamente al incentivar procesos lógicos y analíticos en los estudiantes. Asimismo, la ley también estipula: "El avance en el conocimiento científico de los fenómenos físicos, químicos y biológicos, mediante la comprensión de las leyes, el planteamiento de problemas y la observación experimental".

Los proyectos educativos como un kit ayudan a cumplir con el objetivo establecido en el artículo 6 de la Ley 30 de 1992 que establece: "Trabajar por la creación, el desarrollo y la transmisión del conocimiento en todas sus formas y expresiones y, promover su utilización en todos los campos para solucionar las necesidades del país".

Seguridad eléctrica y electrónica en entornos educativos (normas técnicas para PCB, baterías, comunicaciones)

Es fundamental la seguridad eléctrica y electrónica en los entornos educativos para garantizar la integridad de maestros y alumnos cuando interactúan con equipos y dispositivos eléctricos. El riesgo de accidentes aumenta considerablemente si los materiales se utilizan incorrectamente, los protocolos de seguridad no están claros o las medidas no se mantienen adecuadamente. Esto incluye cortocircuitos, descargas eléctricas y daños irreparables. El Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) se convierte, en este entorno, en una regulación fundamental en naciones como Ecuador y Colombia, pues define los estándares mínimos para el diseño, la instalación y el mantenimiento de sistemas eléctricos en construcciones educativas (Taguada et al., 2025).

Este reglamento establece normas en relación a la calidad de los materiales, la adecuada puesta a tierra, la protección frente al cortocircuito y las sobrecargas, la señalización de riesgos y el empleo de métodos de mantenimiento preventivo, garantizando así un ambiente seguro para el aprendizaje (República de Colombia, n.d.). Es particularmente importante seguir estos estándares cuando se trabaja con sistemas de comunicación, placas PCB y baterías, ya que evita incidentes y promueve la creación de una cultura de seguridad en la comunidad educativa en su conjunto.

Sostenibilidad en proyectos tecnológicos educativos (bajo costo, accesibilidad, uso seguro de baterías y materiales reciclables)

La sostenibilidad de un kit educativo debe abordarse en tres frentes: *económico*, *operativo/seguro* y *ambiental*. En el plano económico, el uso de componentes comerciales de bajo costo (COTS) y diseños abiertos —por ejemplo, paneles solares y módulos de electrónica documentados en repositorios abiertos— ha demostrado reducir el coste y facilitar la

escalabilidad de prototipos satelitales y kits educativos (propuestas open-source de paneles y subsistemas, 2024).

En cuanto a la seguridad operativa, el manejo de baterías recargables (especialmente ion-litio) exige circuitos de protección, guías claras de almacenamiento/carga y procedimientos de uso escolar; la literatura técnica reciente enfatiza la necesidad de incorporar protección contra sobre corriente, monitorización de temperatura y protocolos de inspección periódica para minimizar riesgos en entornos educativos (estudios de seguridad y degradación de baterías, 2023–2024).

Finalmente, en el aspecto ambiental, diseñar kits modulares que permitan la **reparación y reutilización** de módulos reduce residuos electrónicos; además, priorizar materiales reciclables y documentar rutas de disposición segura para componentes (baterías, PCBs) es coherente con prácticas de economía circular y con la responsabilidad institucional de colegios e instituciones (trabajos y guías sobre diseño sustentable y reutilización de módulos, 2023–2024). Implementar estas medidas no solo protege a los usuarios y reduce costes de reemplazo, sino que también incorpora un aprendizaje explícito en sostenibilidad para los estudiantes.

Análisis de Restricciones

Restricciones Técnicas:

- El microcontrolador ESP32 debe ser capaz de soportar la cantidad de sensores y/o actuadores que se utilizaran, esto en velocidad de procesamiento, cantidad de pines disponibles y limitaciones de memoria.

- Algunos sensores podrían no estar disponibles en Colombia por lo que se podría necesitar buscar alternativas.
- El kit debe cumplir con el estándar CubeSat, es decir, sus dimensiones máximas deben ser las de un cubo de 10 cm en caso de ser una CubeSat de una unidad y estar dividido en los diferentes subsistemas.
- La carga debería soportar aproximadamente una hora para permitir a los estudiantes entretenerse con el funcionamiento del kit luego de armado.
- El kit debe tener una complejidad baja para permitir a los más jóvenes su utilización sin frustrarse, pero al mismo tiempo representar un reto para fomentar las habilidades de pensamiento.

Restricciones Económicas

- El proyecto debe tener un bajo costo para poder ser adquirido por instituciones educativas tanto públicas como privadas.
- El proyecto no puede superar el presupuesto de sus creadores estimado entre \$300.000 y \$600.000
- La elección de materiales debe proporcionar un balance entre calidad, accesibilidad y asequibilidad.

Restricciones Ambientales

- Se debe priorizar utilizar materiales sostenibles en las partes en las que sea posible como la estructura y evitar el desperdicio y contaminación de los materiales contaminantes como las PCB y los componentes electrónicos.

- Las baterías recargables seleccionadas deben satisfacer las normas de seguridad y tener una vida útil prolongada, mitigando el reemplazo constante y la generación de residuos.

Restricciones de materiales

- Los materiales deben ser resistentes y protegerse teniendo en cuenta que serán utilizados en colegios por jóvenes entre 13 y 17 años.
- Los conectores deben ser seguros, con polaridad establecida para evitar errores de conexión.

Restricciones Legales y Normativas

- El kit debe garantizar que no se tenga riesgo de cortocircuito o accidentes para los estudiantes.
- Se debe respetar la propiedad intelectual de kits y satélites existentes.
- Se deben proporcionar protocolos de seguridad eléctrica que eliminen el riesgo de quemaduras o cortes para los estudiantes.
- Se deben incluir las correspondientes advertencias y el manual de seguridad.

Restricciones de tiempo

- El kit deberá crearse en un plazo de dos meses para permitir las primeras pruebas con estudiantes.
- Dentro del cronograma se deberán contemplar las fases de diseño, fabricación, pruebas, documentación y evaluación de los resultados.

Análisis de alternativas

Durante la fase de diseño del kit educativo se tuvieron en cuenta diferentes alternativas técnicas con el propósito de establecer aquella configuración que generara un balance entre funcionalidad, costo, sostenibilidad y aplicabilidad. A través de este análisis comparativo se seleccionaron los componentes y protocolos que mejor garantizaban la viabilidad del prototipo dentro de las restricciones técnicas y económicas establecidas previamente.

Alternativa A: Sistema de alimentación con paneles solares o baterías recargables

Descripción:

Se determinó la incorporación de una batería recargable de ion-litio frente al uso de un panel solar de tamaño pequeño como fuente de alimentación para el Cubesat.

Ventajas:

- Las baterías recargables proporcionan autonomía, menor peso y la posibilidad de recargar numerosas veces.
- La aplicación de paneles solares brinda la oportunidad de que los estudiantes se introduzcan en el aprendizaje de las energías renovables y fortalece el pilar de sostenibilidad del proyecto.

Desventajas:

- El uso único del panel solar hace dependiente al sistema de la radiación solar disponible, aumenta el costo y la complejidad del dispositivo.

- Sin la protección adecuada, existe el riesgo de sobrecalentamiento o cortocircuito, por esto necesitan un cuidado especial.

Conclusión:

Se selecciona la batería recargable como la fuente principal de alimentación del sistema, planteando la posible implementación de paneles solares en futuras versiones.

Alternativa B: Implementación de una rueda de reacción

Descripción

Se evaluó la incorporación de una rueda de reacción para explicar el subsistema de ADCS, permitiendo de manera sencilla rotar el satélite, además de la implementación de un magnetómetro que permitiera girarlo a una orientación determinada. Influyendo positivamente en la experimentación de los estudiantes al permitirles diversos experimentos.

Ventajas:

- Aprendizaje práctico sobre el subsistema de ADCS ya que permite enseñar de forma física, didáctica y visual la rotación de como conservación del momento angular sin necesidad de propulsores.
- Simulación de comandos a distancia, permitiendo enviar ordenes desde el computador para girar a una posición específica.

- Permite la simulación del despliegue momento en el cual la satélite gira veloz y erráticamente, en esta fase el sistema ADCS debe encargarse de corregirlo.
- Incluyendo paneles solares y sensores de luz permite ubicar los paneles para que reciban de forma directa la luz del sol.

Desventajas:

- La implementación de una rueda de reacción afectaría de manera negativa costos dada la inclusión de un sensor adicional (magnetómetro) y las pruebas de diseño para los materiales y tamaños de la rueda.
- La carga de trabajo se ve incrementada ya que su incorporación requiere de calibración e integración adecuada de los sensores con la rueda.
- El uso de un motor aumenta el consumo energético lo que afecta directamente a la duración de las baterías obligando a implementar adicionales para conservar una autonomía elevada.
- La inclusión de la rueda elevaría el peso que se desea mantener bajo para evitar riesgos de golpes en los niños y adolescentes o caídas accidentales.

Conclusión:

Se decide no incluir la rueda de reacción para este prototipo dada la fecha límite de fabricación y desarrollo, esto buscando una mayor calidad y menor costo para este producto mínimo viable.

Alternativa C: Estructura – Modelo tradición vs Impresión 3D

Descripción:

Se consideraron diferentes materiales y métodos para la fabricación de la carcasa y la estructura del kit, considerando variables como la resistencia, la sostenibilidad y el costo.

Ventajas:

- La impresión 3D con PLA reciclable favorece a factores económicos, es personalizable, es rápida y sostenible.
- El modelo más convencional de plástico o aluminio proporciona alta durabilidad y un acabado más profesional.

Desventajas:

- La impresión 3D tiene menor resistencia mecánica tanto a impactos como a calor, lo que puede acortar su periodo útil.
- El modelo de aluminio o plástico convencional requiere una mayor inversión económica y necesidad de procesos industriales para su maleabilidad.

Conclusión:

Finalmente, se decide adoptar la impresión 3D con PLA reciclable por su bajo costo, sostenibilidad y practicidad a la hora de replicarlo en entornos educativos.

Alternativa D: Sistema de Control - Arduino UNO vs ESP32***Descripción:***

Se analizaron dos diferentes microcontroladores: Por un lado, el Arduino UNO, ampliamente utilizado en ambientes académicos, y por otro lado el ESP32, un microcomputador con mayor capacidad y conectividad inalámbrica integrada.

Ventajas:

- El Arduino UNO garantiza un costo reducido, una fácil programación y una amplia comunidad de soporte.
- El microcomputador ESP32 tiene una mayor capacidad de procesamiento, conectividad a Bluetooth y Wi-Fi y un bajo consumo energético.

Desventajas:

- El microcontrolador Arduino UNO no posee conectividad inalámbrica propia y tiene limitaciones de memoria.
- El ESP32 exige una configuración inicial más avanzada y un manejo ligeramente más técnico.

Conclusión:

Se opta por el microcomputador ESP32, al ofrecer mejores recursos, mayor escalabilidad y compatibilidad con los objetivos de enseñanza en la comunicación satelital.

Alternativa E: Recepción de telemetría - Software existente (ThingSpeak, Blynk, etc.) vs desarrollo de software propio

Descripción:

Se evaluaron dos caminos para la visualización de los datos recopilados, en primer lugar, se contempló apoyarse en plataformas IoT ya existentes, como ThingSpeak o Blynk, que permiten la gestión de datos recibidos desde los sensores conectados mediante internet. La segunda alternativa plantea el desarrollo de un software propio, pensado para suplir específicamente los requerimientos académicos y técnicos del dispositivo.

Ventajas:

- El software existente permite el acceso inmediato a una plataforma funcional, posee un entorno amigable con fácil acceso que certifica una rápida implementación.
- El software propio asegura una personalización total, tanto del entorno gráfico, como de las diferentes funcionalidades.

Desventajas:

- El software existente puede contener limitaciones en la personalización de la interfaz, dependencia de permisos y políticas externas de almacenamiento de datos.
- El software propio conlleva tiempo adicional de desarrollo, programación y pruebas, así como supervisión y mantenimiento.

Conclusión:

Se opta por el diseño de un software propio, gracias a su capacidad de adaptación, recursividad y personalización. Esta alternativa no solo asegura una experiencia de aprendizaje interactiva única, además favorece la autonomía tecnológica del equipo, y da paso a posibles futuras versiones.

Tabla 2

Comparación de alternativas para el diseño del kit educativo

Alternativa	Funcionalidad	Costo	Sostenibilidad	Facilidad de Aplicación
Batería Recargable (EPS)	Alta	Bajo	Media	Alta
Panel solar (EPS)	Media	Alto	Media	Media
Rueda de reacción (ADCS)	Muy alta	Alto	Media	Baja
Kit sin rueda de reacción (ADCS)	Media	Bajo	Alta	Alta
Impresión 3D con PLA reciclable (Estructura)	Alta	Bajo	Alta	Alta
Plástico o Aluminio (Estructura)	Muy alta	Alto	Media	Media
Arduino UNO (OBC)	Media	Bajo	Alta	Alta
ESP32 (OBC)	Alta	Medio	Alta	Alta

Software existente (Recepción de datos)	Media	Bajo	Alta	Alta
Software Propio (Recepción de datos)	Alta	Bajo	Alta	Media

Nota. Elaboración propia.

Diseño Metodológico

Durante el desarrollo del kit educativo tipo CubeSat aparecieron distintas fuentes de incertidumbre, relacionadas principalmente con la disponibilidad de materiales, la complejidad técnica del diseño y la adaptación de tecnologías que cambian constantemente. Una de las más relevantes tiene que ver con la adquisición de componentes electrónicos, especialmente los vinculados con la comunicación y el manejo de la energía. Como el objetivo es que el prototipo sea accesible y replicable en ambientes educativos, se buscó que los módulos usados fueran comunes en el mercado nacional y no dependieran de distribuidores especializados o importaciones difíciles de conseguir.

el haber escogido a la ESP32 como microcontrolador principal también representa un punto importante dentro de esas decisiones. A pesar de que exige una configuración más avanzada que placas como el Arduino UNO, su uso permite integrar funciones de comunicación por Wi-Fi o LoRa, acercando a los estudiantes a conceptos reales de transmisión de datos

satelitales. Este cambio mejora la calidad del aprendizaje y al mismo tiempo plantea el reto de enseñar programación y manejo de redes de forma más práctica.

El tipo de solución adoptada promueve un enfoque más participativo en la enseñanza. No se busca solo armar el CubeSat, sino comprender el funcionamiento de cada módulo y de un satélite general, cómo se comunican entre sí y de qué forma se gestiona la energía. Esto implica contar con personas que tengan conocimientos básicos en electrónica, programación y modelado 3D, además de recursos como impresoras 3D, sensores, baterías y herramientas de medición. Se mantuvo, sin embargo, la idea de trabajar con materiales sostenibles —como el PLA— y piezas reutilizables, para mantener el proyecto alineado con los objetivos de educación sostenible y responsable con el entorno.

Otro punto clave fue la administración energética. Se decidió usar baterías de ion-litio recargables como fuente principal, en lugar de paneles solares. Esta elección facilita las pruebas en espacios cerrados, reduce la complejidad del sistema y evita problemas como el sobrecalentamiento o los fallos por mala orientación. Además, permite que los estudiantes primero entiendan los conceptos básicos de alimentación y almacenamiento de energía antes de dar el paso a fuentes renovables en futuras versiones.

Finalmente, el diseño modular del CubeSat ofrece una ventaja importante: permite agregar o cambiar sensores sin necesidad de rehacer todo el sistema. Esto no solo reduce la dificultad técnica, sino que también abre la puerta a colaboraciones entre distintas instituciones educativas. En general, la solución logra equilibrar la parte técnica con la pedagógica,

garantizando que el kit pueda implementarse y escalarse de manera sencilla, económica y formativa en el contexto colombiano.

Resultados del desarrollo de la propuesta

Como resultado del proceso de diseño y aplicación, se desarrolló un kit educativo modular que constaba de un prototipo de Cubesat 1U (10 x 10 x 10 cm), que está orientado a estudiantes de educación básica y media. Este sistema integra un grupo de sensores ambientales, un microcontrolador ESP32, un sistema de recepción y transmisión de datos, una estructura física impresa en 3D y guías didácticas que representarían apoyo para docentes y estudiantes.

El prototipo se diseñó para que cumpliera el papel de una herramienta capaz de permitir a los estudiantes armar, observar y comprender el funcionamiento de un “satélite” en una escala educativa. Para esto se trabajó con los siguientes principales componentes:

- Microcontrolador: ESP32 como la unidad central de procesamiento y comunicación.
- Sensores:
 - DHT22 (temperatura y humedad).
 - MQ135 (calidad del aire).
 - BMP280 (presión atmosférica).
 - GY-87 (acelerómetro y giroscopio).
 - Módulo GPS.
 - ESP32-CAM para transmisión de video.

- Alimentación: banco de cuatro baterías de litio de 3,7V conectadas en paralelo, acopladas mediante cinta de níquel, y un módulo elevador de voltaje (booster) a 5 V.
- Electrónica para integración: dos PCB con regletas modulares para conexión de los subsistemas.
- Estructura: Carcasa tipo CubeSat hecha en impresión 3D, clasificada en secciones internas para alojar baterías, placas y cableado.
- Software de visualización: se implementa un envío de datos mediante Wifi hacia la plataforma ThingSpeak para su monitoreo en tiempo real.
- Material pedagógico: Una guía teórica introductoria a satélites y conceptos necesarios para una comprensión más general, y otra guía práctica con el paso a paso para el correcto armado y prueba del prototipo.

Figura 1
CubeSat armado

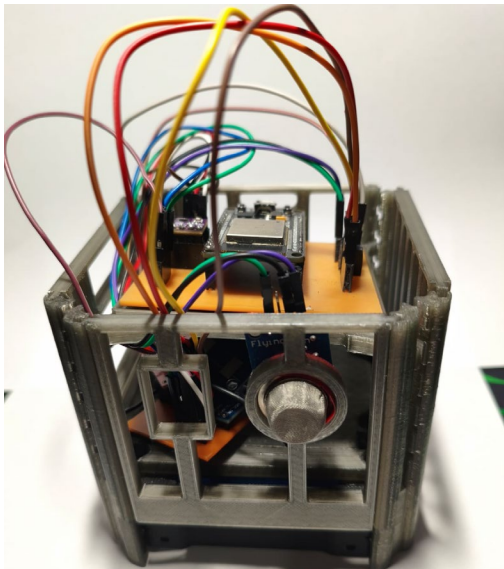


Figura 2
Manual de ensamble

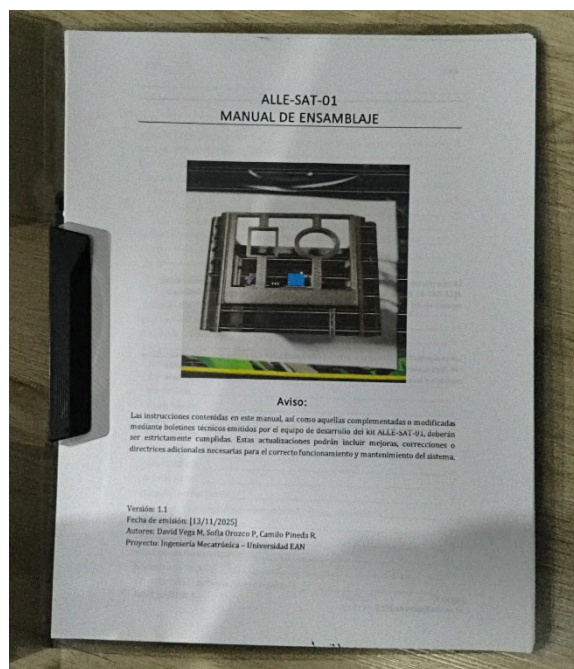
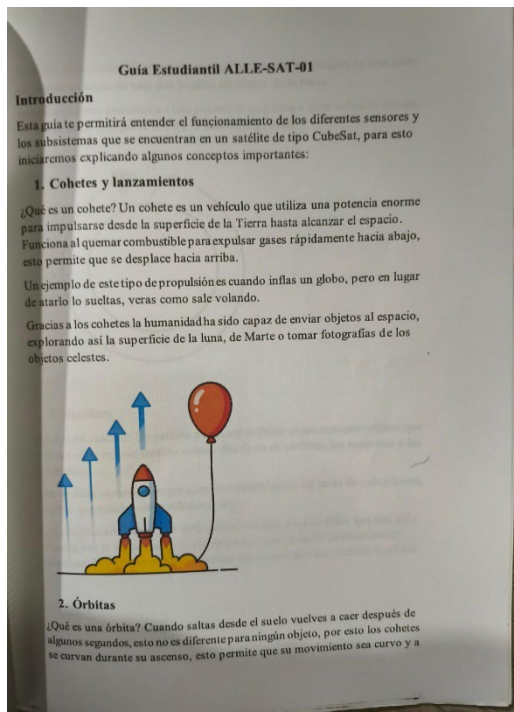


Figura 3
Guía estudiantil



Fases del desarrollo de solución

El desarrollo de la propuesta fue planteado en varias fases, desde los primeros diseños y bocetos hasta la validación del prototipo en una institución educativa.

Fase de integración electrónica y programación

Como primera etapa, se seleccionaron y configuraron respectivamente los diferentes sensores que conformaban el kit. Cada uno de los módulos se testeó de manera individual con la ESP32 verificando su correcta lectura de las variables físicas, la frecuencia de muestreo adecuada, la estabilidad de comunicación entre el ESP32 y cada módulo.

Una vez fueron validados de forma independiente, se integraron en un código unificado, en el que el microcontrolador inicializaba los sensores, adquiría las mediciones en los intervalos

definidos, hacía las conversiones de unidades de ser necesario, y enviaba los resultados a ThingSpeak vía WiFi. La cámara transmitía video en una dirección IP generada respecto al punto de conexión WiFi al cual se configurará.

Figura 4
Transmisión de datos a ThingSpeak

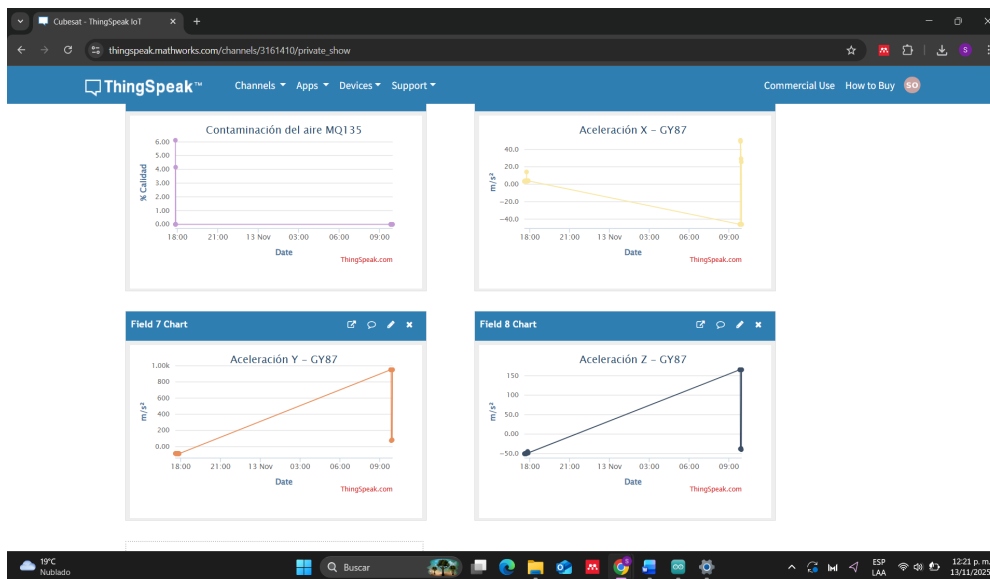


Figura 5
Código integrado del ESP32

```

Codigointegrado | Arduino IDE 2.3.6
File Edit Sketch Tools Help
DOIT ESP32 DEVKIT V1
Codigointegrado.ino
184     baseline = baseline * (1.0 - ALPHA_DOWN) + adc * ALPHA_DOWN; // baja rápido
185   }
186 }
187
188 // "sucio" de referencia: arranca relativo al baseline y crece con picos
189 if (sucio_ref < 0) sucio_ref = baseline + MQ_MIN_SEPARACION;
190 if (adc > sucio_ref) sucio_ref = (int)(sucio_ref * 0.8 + adc * 0.2); // sube con picos
191 // evita que sucio_ref quede demasiado cerca del baseline
192 if (sucio_ref < baseline + MQ_MIN_SEPARACION) sucio_ref = baseline + MQ_MIN_SEPARACION;
193
194 // Porcentaje 0-100 entre baseline y sucio_ref
195 float pct = 100.0f * (float)(adc - baseline) / (float)(sucio_ref - baseline);
196 if (pct < 0) pct = 0; if (pct > 100) pct = 100;
197
198 // Impresión
199 Serial.print("MQ135 -> ADC: "); Serial.print(adc);
200 Serial.print(" | Voltaje: "); Serial.print(volt, 3); Serial.print(" V");
201 Serial.print(" | Base: "); Serial.print(baseline);
202 Serial.print(" | SucioRef: "); Serial.print(sucio_ref);
203 Serial.print(" | Calidad: "); Serial.print(pct, 1); Serial.println(" %");
204 ThingSpeak.setField(5, pct);
205
206 if (pct < 25) Serial.println("Aire muy limpio");
207 else if (pct < 50) Serial.println("Aire aceptable");

```

Figura 6
Transmisión de video



Fase de diseño y fabricación de la PCB modular

En busca de reducir el exceso de cableado y su mala organización, además de compactar y hacer modular el kit, se diseñó una placa de circuito impreso (PCB) en el software EasyEDA. El diseño consistió en la distribución lógica de los pines de la ESP32, las rutas indicadas para la alimentación y los diferentes módulos, y la adición de conectores tipo regletas para cada sensor, permitiendo un ensamble modular. Finalmente, se decidió separar en dos placas los diferentes módulos, en la PCB 1 se encontraría el módulo IMU GY-98, puesto que este necesitaba ir directamente en la placa y no a través de jumpers, ya que requería de mayor estabilidad al

generar los datos el acelerómetro. En la segunda PCB se encontrarían los sensores restantes y el microcontrolador.

Tras el diseño se generaron los respectivos archivos Gerber, se migró a Fusion360 para marcar los caminos establecidos y configurar las distintas herramientas que se utilizarían, en la CNC, y se imprimió la PCB y se procedió a la soldadura de las regletas. Así fue como se obtuvo un módulo compacto, modular y ordenado, resistente al uso de recurrentes ensamblados.

Figura 7

Diseño de la PCB desarrollada en EasyEDA

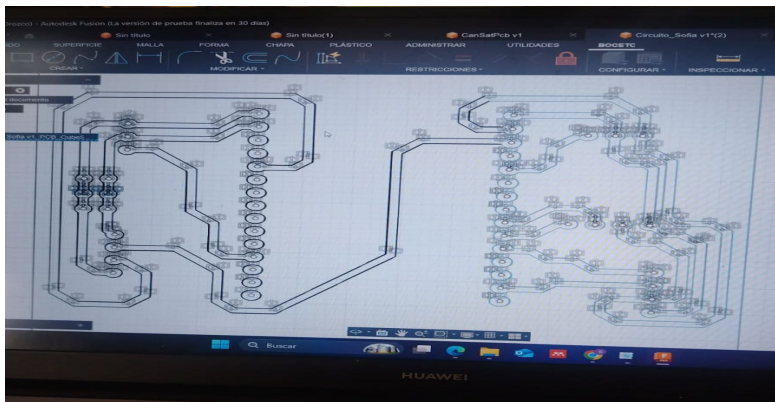


Figura 8

Enrutamiento de la PCB en Fusion360

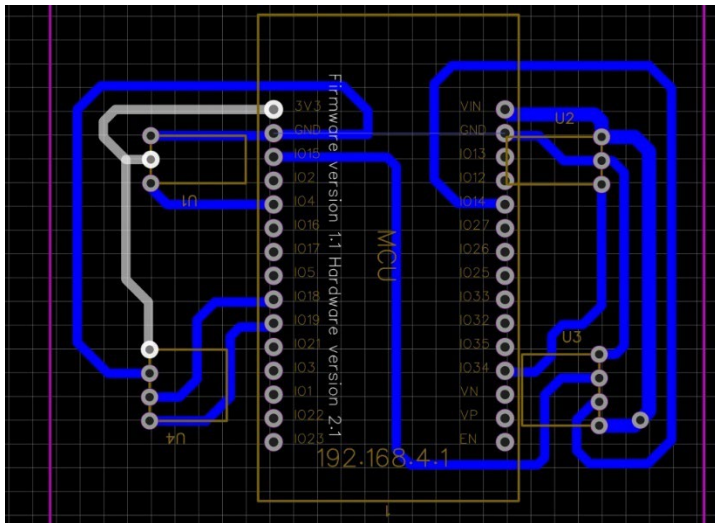
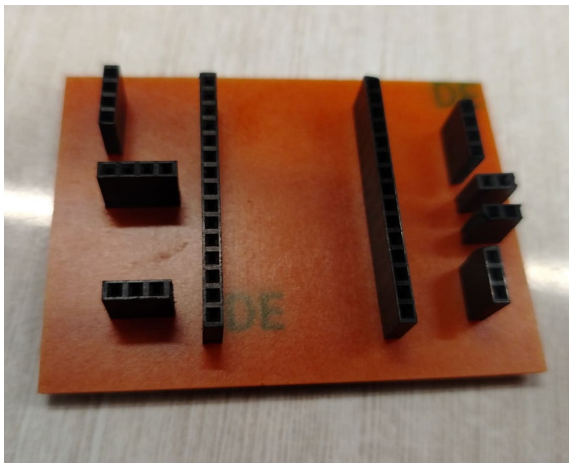


Figura 9
Acabado final PCB modular parte trasera



Fase de diseño estructural 3D

Para el diseño estructural del CubeSat ya habiendo decidido su forma modular decidimos diseñar las piezas de forma que fuera intuitivo el lugar al que pertenecía y con que piezas

encajaría, además diseñamos cada pieza con el objetivo de ser reemplazable y en caso de pérdida no provocar mayor problema a la estructura, para esto hicimos uso de la herramienta de SolidWorks y revisando referencias diseñamos un modelo claro, intuitivo pero con la complejidad junto al resto de sistemas como para que sea un reto didáctico para los jóvenes.

Figura 10

Modelo 3D de la estructura del CubeSat

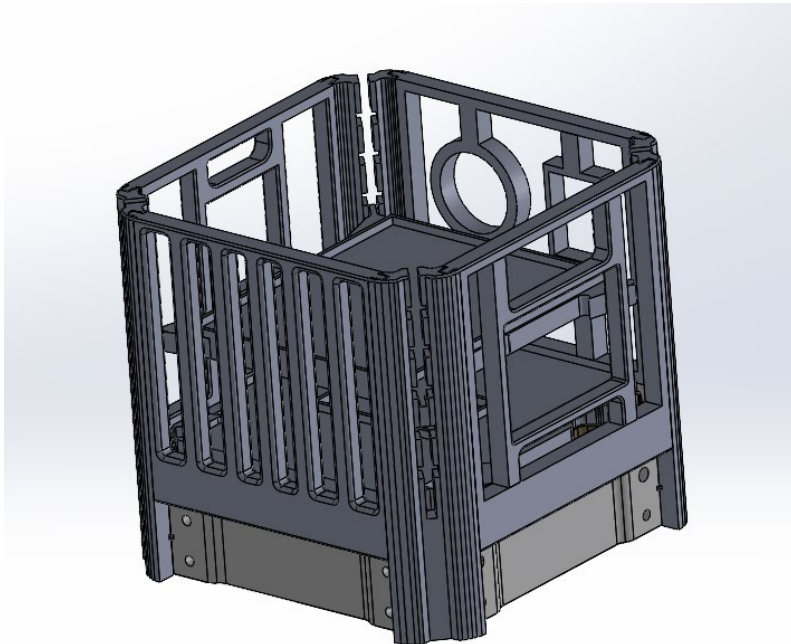
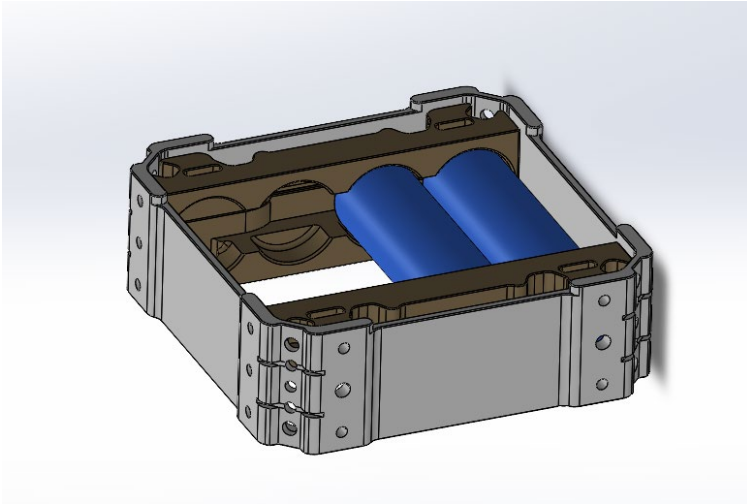


Figura 11

Sistema de energía (EPS)



También estructuralmente decidimos para la validación mantener sellado el sistema de energía o EPS, esto con el objetivo de prevenir accidentes en el aula relacionados con la corriente que manejan las baterías y posibles cortos que podría haber ocurrido, de todas formas, el sistema como se ve en la imagen también es completamente modular y es fácilmente ensamblado.

Fase de desarrollo material pedagógico

Un kit educativo no se encuentra completo sin los respectivos manuales y guías que permitan la utilización de este, en este caso, se realizaron dos documentos. El primer documento es el manual de ensamblaje, explica el correcto armado del CubeSat y contiene las advertencias y consideraciones necesarias a la hora de ensamblarlo, su realización buscaba ser el punto medio entre un manual profesional y un documento liviano sin conceptos complicados para los jóvenes. El segundo documento es la guía estudiantil, esta permitía entender los conceptos relacionados iniciando desde los cohetes hasta explicar cada uno de los subsistemas.

Estos documentos son los enseñados en la figura 2 y la figura 3 respectivamente, también pueden ser consultados en el anexo.

Validación educativa

Dando cumplimiento al tercer objetivo, se validó la pertinencia del proyecto con un grupo de cinco estudiantes de grado decimo con edades entre 15 y 16 años, es decir, el grupo objetivo del proyecto.

Durante el transcurso de la sesión se les permitió ensamblar el kit haciendo uso del manual de ensamblaje y guía estudiantil que se encuentran anexos a este documento. La sesión tuvo una duración de aproximadamente 1 hora 10 minutos, en ella también se exploraron y explicaron los conceptos relacionados a el funcionamiento de los cohetes, las orbitas, los satélites y por ultimo los CubeSat con sus subsistemas.

Los estudiantes fueron encuestados verbalmente al inicio de la sesión de lo que se obtuvieron las siguientes respuestas:

- Los estudiantes entienden el funcionamiento de un cohete en un nivel básico.
- Comprenden la diferencia entre satélites naturales y satélites artificiales.
- Para la mayoría de ellos el termino CubeSat era desconocido.
- Desconocían la participación de Colombia en la industria espacial.

Una vez finalizada la sesión se realizó una encuesta a cada uno de los estudiantes presentes, de la encuesta se pudo concluir que:

- Los estudiantes consideraron la actividad interesante, divertida y una manera de fomentar el trabajo en equipo.
- Consideran que este tipo de proyectos pueden incentivar a los jóvenes a estudiar áreas relacionadas con la ingeniería y/o el espacio.
- La mayoría está interesada en participar en más actividades como talleres o proyectos relacionados con el espacio y la robótica.
- Consideran que se puede mejorar el material en el que el kit está diseñado.
- Comprenden de mejor manera el funcionamiento de un satélite.

Figura 12

Evidencias de la validación académica



Figura 13

Evidencia de validación con estudiantes



Nota. Las imágenes se han tomado de espalda y no permiten la identificación de los menores, conforme a la ley 1581 de 2012 y los lineamientos de protección de datos personales en Colombia.

Resultados desde el desarrollo de ingeniería

Desde el punto de vista ingenieril, los principales resultados obtenidos fueron la integración funcional de diferentes sensores en un sistema embebido con una latente lectura, y una recepción y transmisión exitosas. Asimismo, la reducción de complejidad en el tema del cableado gracias a la PCB modular.

Por otro lado, la implementación de un sistema de energía autónomo, capaz de alimentar el prototipo durante un periodo de tiempo prudente para la sesión de clase, sin exponer a los jóvenes a la manipulación directa.

El diseño estructural coherente y fiel a un Cubesat real, que da una idea cercana a lo que es realmente un nanosatélite y a su vez permite el uso didáctico y repetitivo. Y la comunión de

todos los subsistemas y pasos se encuentran finalmente contenidos en el material de apoyo pedagógico estructurado, que permite comulgar el ensamble y la experimentación.

Discusión de resultados

Correspondencia con los objetivos del proyecto

El objetivo general que se planteó al inicio de la documentación fue diseñar un kit educativo basado en un CubeSat que fuese capaz de acercar a los estudiantes a la ciencia, a la tecnología y al ámbito espacial mediante experiencias más tangibles y dinámicas.

Los resultados obtenidos demuestran que el prototipo logra integrar satisfactoriamente sensores reales, telemetría y una estructura cercana a la de un satélite, pudiendo reproducir de una manera simplificada un dispositivo originalmente espacial. La modularidad del kit facilita el armado, siendo coherente con el ABP, y la visualización en ThingSpeak vincula la experiencia con conceptos de IoT y comunicaciones. Por ello, en conjunto, se puede afirmar que la solución cumple exitosamente con los objetivos planteados.

Aportes pedagógicos

Durante la prueba con el colegio se pudieron evidenciar altos niveles de motivación y disposición al trabajar con un dispositivo no solamente nuevo para los estudiantes, sino que además sin mayores limitaciones en su uso y su interacción con él. Con apoyo de la guía, los estudiantes lograron identificar los sensores, conectarlos correctamente a las regletas y relacionar su funcionamiento dentro del sistema.

Ver en la pantalla cómo iban variando los datos de los distintos módulos logró fortalecer la relación entre la teoría y la realidad, solidificando el conocimiento y aprendizaje. Tanto de forma cuantitativa (en las encuestas) como cualitativamente, se pudo comprobar que el kit facilitaba la comprensión de los conceptos básicos y despertó el interés por temas científicos y espaciales en los estudiantes.

Desempeño técnico del prototipo

En términos técnicos, se puede decir que el sistema mostró un desempeño considerablemente estable: el ESP32 gestionó de manera efectiva la conexión, recepción y transmisión de datos de los diferentes sensores efectivamente, no se presentaron fallos críticos en la PCB durante las sesiones y el banco de baterías mostró la autonomía prevista.

No obstante, se identificaron oportunidades de mejora, como reforzar la protección mecánica y eléctrica en el módulo de baterías. Además, añadir indicadores de estado adicionales a los que algunos de los sensores ya poseen también se considera una buena alternativa para versiones futuras.

Limitaciones y oportunidades de mejora futura

El proyecto cuenta con algunas limitaciones, como pueden considerarse la dependencia con ThingSpeak y la conectividad a Wifi, la necesidad de que el sistema de energía sea ensamblado por personal técnico y el hecho de contar, hasta el momento, con un único piloto de prueba en la institución educativa.

Dichas restricciones establecen líneas de apertura claras al trabajo futuro: la posibilidad de desarrollar una plataforma de obtención y transmisión de datos propia o local, la exploración de nuevas versiones del kit con subsistemas de energías mejor encapsulados y los respectivos ajustes que material de apoyo va a requerir, respondiendo a las nuevas aplicaciones en el kit en diferentes colegios y grupos estudiantiles.

Análisis de costos

El análisis de costos nos permite visualizar los costos a gran escala y la viabilidad financiera del modelo de negocio. Por ello es una herramienta fundamental a la hora de establecer una estrategia para maximizar el impacto en los estudiantes entre 14 y 17 años.

En primer lugar, es importante establecer el TAM, SAM, SOM para darnos una idea aproximada del mercado y de nuestras capacidades para atender a la demanda.

Tabla 3
TAM, SAM, SOM

Métrica	Valor	Descripción	Fuente
TAM	14.500	Instituciones con básica secundaria y media vocacional.	(Peña Barrera, 2025)
SAM	749	Sedes de establecimientos educativos oficiales en Bogotá D.C.	(Secretaría de Educación del Distrito [SED], 2023)
SOM	23	~3% de sedes en Bogotá D.C.	

Nota. Elaboración propia a partir de datos de Peña Barrera y SED.

Costos Directos

Tabla 4
Tabla costos directos

Componente	Costo Unidad	Cantidad	Total
Filamento Ecológico (180GR)	\$12,792.97	1	\$12,792.97
Baquelita virgen 10x10cm	\$8,300.00	1	\$8,300.00
Cinta de Níquel	\$146.00	2	\$292.00
Jumpers macho-hembra 40u	\$1,992.94	1	\$1,992.94
Baterías 18650	\$4,807.00	4	\$19,228.00
Sensor BMP280	\$3,507.67	1	\$3,507.67
Sensor MQ-135	\$12,968.62	1	\$12,968.62
Sensor GY-87	\$15,433.15	1	\$15,433.15
Sensor DHT-22	\$5,546.60	1	\$5,546.60
Modulo TP4056	\$1,072.86	1	\$1,072.86
1 par guantes antiestática	\$3,765.99	5	\$18,829.95
20cm cable	\$449.82	1	\$449.82
Regleta 40 pines	\$1,095.40	3	\$3,286.20
OTROS			
1H mano de obra	\$14,986.42	1	\$14,986.42
Electricidad			\$3,011.71

Nota. Elaboración propia a partir de precios de Alibaba, Aliexpress, Mercado libre y Amazon.

Los costos directos colocados en la Tabla 4 son obtenidos al buscar precios al por mayor en las plataformas de Alibaba, Aliexpress, Mercado libre y Amazon, la suma de estos da el total de \$121,699.91.

Costos Indirectos

Tabla 5

Tabla de costos indirectos

Otros insumos	Costo	Cantidad	Total
Cautín 48W Trupper	\$108,300.00	1	\$108,300.00
Puntas cautín	\$38,990.00	1	\$38,990.00
Esponja limpiadora cautín	\$29,000.00	1	\$29,000.00
Tercera mano 6 brazos	\$191,913.00	1	\$191,913.00
Impresora 3D	\$2,135,094.00	1	\$2,135,094.00
Maquina CNC	\$628,626.00	1	\$628,626.00
Tapete silicona	\$86,731.00	1	\$86,731.00
Kit Pinzas Antiestática	\$49,900.00	1	\$49,900.00
Licencia Solidworks perpetua	\$15,677,907.00	1	\$15,677,907.00
Licencia anual Fusión 360	\$2,034,210.00	1	\$2,034,210.00
Dominio.com.co	\$70,807.00	1	\$70,807.00

Nota. Elaboración propia a partir de información de Amazon, Mercado Libre, Solidworks y Autodesk.

Los costos indirectos fueron obtenidos a partir de búsquedas en Amazon, Mercado Libre, Solidworks y Autodesk, la suma total de los costos equivale a \$21,051,478.00 este valor es

separado en planta cuyo valor total es de \$3,268,554.00 y los intangibles correspondiendo al valor de \$17,782,924.00

Costos fijos

Para establecer los costos fijos y ahorrar dinero en los primeros años de funcionamiento el cobro de los servicios públicos, internet se da por los recursos familiares de los fundadores. Sin embargo, se incluyó el costo aproximado del alquiler de una bodega por \$400,000 para almacenar los materiales. Por otro lado, de acuerdo con Enlace Operativo (2025) el salario mínimo de un trabajador incluyendo auxilio de transporte, aportes a seguridad social, parafiscales y prestaciones sociales tiene un valor de \$2,397,828, lo que representa por los tres fundadores un gasto en nómina de \$86,321,808.

Análisis de Viabilidad Financiera

El análisis de viabilidad financiera se realiza haciendo uso del simulador financiero, este archivo de Excel permite simular los próximos 5 años del negocio al establecer el valor de venta del producto, el costo de producirlo, la inflación, impuestos, porcentaje de crecimiento en ventas por año, entre otras.

En primer lugar, el precio de venta del kit ha sido estipulado en \$259,900, esto al analizar a la competencia, en Amazon es posible encontrar kits STEM que emplean e incluyen Arduino por valores entre \$200,000 y \$300.000, este kit resulta innovador en cuanto a la temática ya que kits de CubeSat profesionales pueden costar hasta 1500 USD, pero el precio asequible le permite entrar en el mercado de los kits para estudiantes de secundaria.

Nota. Elaboración propia.

Análisis de Sostenibilidad

Así como sabemos qué con un proyecto social y educativo puede aportar desarrollo a varios focos en la sociedad a priori de Colombia, también es importante reconocer que toda solución trae consigo un impacto asociado al medio ambiente, riesgos económicos y riesgos sociales, lo cual pondría en peligro la sostenibilidad de este.

La fabricación y distribución del CubeSat conlleva impactos relacionados tanto directos como indirectos, véase la tabla 7.

Tabla 7
Tabla de análisis de sostenibilidad

Actividad / Proceso	Aspecto Ambiental	Impacto Potencial
Impresión 3D en PLA reciclable	Consumo eléctrico y generación de residuos plásticos	Aumento demanda energética, residuos no compostables
Soldadura de componentes	Uso de estaño y vapores	Riesgo respiratorio, contaminación por metales pesados
Uso de baterías 18650	Riesgo de derrame, desgaste	Contaminación del suelo/agua, residuos peligrosos
Elaboración de PCB	Residuos electrónicos (e-waste)	Bioacumulación de metales, contaminación del agua
Programación y pruebas	Consumo de energía eléctrica	Contribución indirecta a huella de carbono
Empaque y envío	Uso de cartón/plástico	Incremento de residuos sólidos
Disposición final	Desecho de módulos electrónicos	Contaminación por escombros electrónicos

Nota. Elaboración propia

Existe un impacto relacionado con la manipulación de plásticos (PLA), con la distribución y transporte del producto y con el consumo energético, aunque según , el 66% de la energía generada en Colombia es hidráulica y puede ser considerada una producción renovable, según la matriz energética Colombiana esta debe considerarse como un aporte indirecto al CO₂, sin embargo el impacto más significativo del kit se relaciona con la gestión de residuos electrónicos, especialmente PCB, sensores, conectores y baterías 18650. Estos materiales, si no se disponen adecuadamente, pueden generar efectos tóxicos y bioacumulativos.

Ahora, teniendo en cuenta el impacto real que tendrá el fabricar estos CubeSat, hemos creado un plan de mitigación ambiental, esto incluyendo desde los procesos de diseño y fabricación hasta la disposición final.

- Diseño y Fabricación:

Uso de PLA reciclado para reducir impacto por producción de plásticos.

Parámetros de impresión con bajo desperdicio, recolección de soportes y recortes para reciclaje en otras impresiones.

Diseño modular que facilita la reducción en tamaño de pcb por modulo según la función deseada además de facilidad de desmontar, reemplazar y actualizar el CubeSat sin necesidad de descartar el kit completo, integración de electrónica eficiente y más larga vida útil para reducción de residuos.

- Operación y uso educativo:

Capacitación básica en manejo de los residuos presentes en el kit.

Protocolos de seguridad para soldadura y baterías que aseguran que no existan riesgos con la carga y descarga del kit pero que sea posible su realimentación para reducir el residuo de baterías.

- Disposición Final:

La idea es que los componentes deteriorados sean llevados de vuelta al origen para poder hallar un nuevo uso a los mismos y de esta forma empezar un ciclo de nueva vida o de reaprovechamiento.

Riesgos y Sostenibilidad Social

Así como el proyecto busca expandir capacidades educativas mediante la exploración tecnológica, también reconoce que su impacto social depende de que los beneficios no se concentren en unos pocos, sino que se distribuyan de forma equitativa entre estudiantes, docentes e instituciones. Por ello, se identifican los principales riesgos sociales asociados al uso del CubeSat y se plantean estrategias que garantizan la sostenibilidad del proyecto en el tiempo.

Tabla 8

Tabla de riesgos y sostenibilidad social

Categoría de Riesgo	Descripción del Riesgo	Acciones de Sostenibilidad Social
Acceso desigual a la tecnología	Instituciones rurales o con bajos recursos pueden tener dificultades para implementar o aprovechar el kit.	- Material pedagógico universal, utilizable sin internet. - Actividades simplificadas para laboratorios mínimos. - Modelos de préstamo o rotación del kit entre instituciones.
Falta de capacitación docente	Los docentes pueden no tener la preparación técnica para emplear el CubeSat adecuadamente.	- Capacitaciones básicas en electrónica y programación. - Manuales y guías de autoaprendizaje. - Acompañamiento remoto durante la implementación.

Riesgos de seguridad para estudiantes	Manipulación de baterías, soldadura o componentes puede generar accidentes menores.	- Protocolos de seguridad escolar. - Supervisión obligatoria en procesos críticos. - Guías de uso seguro adaptadas a cada nivel educativo.
Baja apropiación del conocimiento	El kit podría no representar un valor significativo para los estudiantes si no logran vincularlo con su contexto.	- Actividades basadas en problemas reales del territorio. - Mini proyectos experimentales y mediciones ambientales. - Integración del kit con ciencias, matemáticas y tecnología.
Desigualdad en la continuidad del proyecto	Algunas instituciones podrían no sostener el proyecto a largo plazo.	- Diseño modular que facilita reparaciones sin reemplazar el kit completo. - Estrategia de reposición económica de componentes. - Reacondicionamiento de kits para redistribución.
Concentración del conocimiento en pocos estudiantes	Uso limitado del kit en clubes o grupos pequeños, excluyendo a la comunidad educativa.	- Actividades pensadas para aulas completas. - Talleres para todos los grados.- Inclusión activa de niñas y grupos históricamente excluidos de STEM.

Nota. Elaboración propia.

Conclusiones

La implementación de un kit de CubeSat educativo en instituciones educativas es una opción viable, segura y efectiva para la enseñanza y fortalecimiento de competencias STEM en estudiantes de bachillerato en Colombia. Además, usar sensores como el MQ135, DHT22, BMP280 y otros, son una opción efectiva para la visualización de datos en tiempo real y en el área de ensamblado, ya que permiten observar el rápido cambio de las variables y facilitan la comprensión de conceptos complejos.

Aunque se decidió no incluir el subsistema térmico ni el ADCS con el fin de simplificar el prototipo y los conocimientos técnicos que se enseñaron a los estudiantes, no afecta en gran medida el propósito pedagógico al ser complementado con información en la guía educativa y el manual de ensamblaje que cubre definiciones sencillas de ambos subsistemas.

El uso de filamento ecológico de PLA resulto acertado como una forma de reducir o eliminar el impacto ambiental, aunque represento también una disminución en la sensación de calidad del producto, por lo tanto, se recomienda en futuros proyectos considerar distintos materiales que mantengan los beneficios ambientales sin comprometer la calidad. De la misma manera, el uso de jumpers, aunque útil para un kit educativo, también hace parecer al kit más desordenado y complejo de encajar dentro de la estructura.

Finalmente, la inclusión de regletas en la PCB es completamente acertada con el fin de ser educativo al permitir una conexión segura y el fácil reemplazo de módulos de sensores en caso de un malfuncionamiento sin comprometer la integridad del kit.

Bibliografía

Agrawal, B. N. ., & Platzer, M. F. . (2018). *Standard Handbook for Aerospace Engineers, Second Edition*. McGraw-Hill Education.

Álamos, J., Kietzmann, P., Schmidt, T. C., & Wählisch, M. (2022). DSME-LoRa: Seamless Long-range Communication between Arbitrary Nodes in the Constrained IoT. *ACM Transactions on Sensor Networks*, 18(4). <https://doi.org/10.1145/3552432>

Ayerdi, V., & Zea, L. (2020). *QUETZAL-1: The First Guatemalan Satellite KiboCUBE Programme 2nd Round Winner*.

https://www.unoosa.org/Documents/Pdf/Psa/Hsti/KiboCUBE/1_Guatemala_KiboCUBE_Webinar_for_WSW2020.Pdf.

Buitrago-Leiva, J. N., Mejía, J. J., Puerta-Ibarra, J. F., Acero-Niño, I. F., Guarnizo-Saavedra, A. F., Rodríguez-Ferreira, J., Rojas-Rodríguez, L., Hernández-Torres, F. L., Arango-Cotacio, C. E., Salazar-Morales, J. E., Herrera-Cruz, M. A., Linares-Vásquez, M., Jiménez-Vargas, J. F., Espíndola-Díaz, J. E., Montañez-Sogamoso, Ó. J., & Camps, A. (2024). Preliminary Design of Satellite Systems through the Integration of Model-Based System Engineering and Agile Methodologies: Application to the 3ColStar Mission. *Aerospace*, 11(9), 758.

<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/aerospace11090758>

Cappelletti, C., Battistini, S., & Malphrus, B. K. (2021). *Cubesat handbook : from mission design to operations*. Academic Press.

Congreso de la República de Colombia. (n.d.). *Ley 30 de 1992*.

<https://www.funcionpublica.gov.co/Eva/Gestornormativo/Norma.Php?I=253>.

Congreso de la República de Colombia. (1994). *Ley 115 de 1994*.

https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-85906_archivo_pdf.pdf.

Cubesat Handbook. (2021). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2018-0-02366-X>

Enlace Operativo. (2025). *¿Cuánto cuesta un empleado con salario mínimo en 2025 en*

Colombia? [https://enlace.com.co/blog/cuanto-cuesta-un-empleado-con-salario-](https://enlace.com.co/blog/cuanto-cuesta-un-empleado-con-salario-minimo-en-2025-en-colombia)

[Mínimo-En-2025-En-Colombia.](https://enlace.com.co/blog/cuanto-cuesta-un-empleado-con-salario-minimo-en-2025-en-colombia)

ESA. (2023, September 27). *CubeSats*.

https://www.esa.int/Enabling_Support/Preparing_for_the_Future/Discovery_and_Preparation/CubeSats.

FAC. (n.d.). *Facsat-2*. <https://poderespacial.fac.mil.co/facsat-2>.

Gómez, J. (n.d.). *El Aprendizaje Experiencial*.

https://www.ecominga.uqam.ca/PDF/BIBLIOGRAPHIE/GUIDE_LECTURE_5/1/3.Gomez_Pawelek.Pdf.

Guo, J., Hoogeboom, P., Dekker, P. L., Bouwmeester, J., Meoni, G., Nieto, J., Fayos, J., Bertels, E., & Pirat, C. (2025). AltiCube+: A low-cost long fixed-baseline radar altimeter solution based on cubesats on-orbit assembly. *Acta Astronautica*, 235, 584–595.

<https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2025.05.055>

Jeremías, A. :, & Pawelek, G. (n.d.). *I A A L L*.

Laura, P., & Guerrero, M. S. (2023). *PROYECTO FIN DE CARRERA Presentado a*

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES FACULTAD DE INGENIERÍA DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA Para obtener el título de: INGENIERA

ELECTRÓNICA MODULAR KIT TO SUPPORT STEM-BASED ELECTRONIC LEARNING.

- Martínez, Á. (2020). Primer nanosatélite mexicano Aztechsat-1 cumple con éxito misión en el espacio. *CE Noticias Financieras*.
- Medina Sánchez, I., Flores, A., & Lozano, E. E. (2023). Proposal of rectennas as an auxiliary device for the electrical power subsystem of a 1U CubeSat. *Journal of Physics. Conference Series*, 2475(1), 12006. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2475/1/012006>
- NASA. (2023, July 25). *What is a satellite?* <https://www.nasa.gov/general/what-is-a-satellite>.
- NASA. (2024, August 15). *What are SmallSats and CubeSats?* <https://www.nasa.gov/what-are-smallsats-and-cubesats>.
- Next Generation CubeSats and SmallSats*. (2023). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2020-0-00508-6>
- Peña Barrera, C. R. (2025). *Reporte 100 Mejores Colegios por Materias y Top Colombia 2025*. <https://www.srg.com.co/colegios/reportes-100-mejores-colegios-por-materias-2025/>.
- RAE. (n.d.). *kit*. <https://dle.rae.es/kit>.
- Recalde Drouet, E. M., Chicaiza Valle, V. L., Guanga Inca, U. R., Bravo López, Z. M., & Molina Herrera, S. M. (2024). Importancia del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) para el Aprendizaje Significativo. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(6), 7068–7081. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i6.9229
- República de Colombia. (n.d.). *MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS RETIE*.

Secretaría de Educación del Distrito (SED). (2023). *Informe Caracterización sector educativo*.

https://www.educacionbogota.edu.co/portal_institucional/sites/default/files/inline-files/2022/21%20Bolet%C3%ADn%20Caracterizaci%C3%B3n%20sector%20educativo%20Bogot%C3%A1%20D.C.%202023.pdf

Taguada, D., Quimiz, A., Pizaña, A., & Ortiz, K. (2025). Electrical safety in educational and work environments: a regional análisis. *SCT Proceedings in Interdisciplinary Insights and Innovations*, 3, 400. <https://doi.org/10.56294/piii2025400>

UNOOSA. (n.d.). *United Nations/Japan Cooperation Programme on CubeSat Deployment from the International Space Station (ISS) Japanese Experiment Module “KiboCUBE.”*

https://www.unoosa.org/Oosa/En/Ourwork/Access2space4all/KiboCUBE/KiboCUBE_Index.Html.

Volakis, J. Leonidas. (2019). *Antenna engineering handbook*. McGraw-Hill Education.

WordReference. (n.d.). *tecnológico*. <https://www.wordreference.com/definicion/Tecnológico>.


Yamazaki, M. (2022). *KiboCUBE Academy Introduction to CubeSat Payload System Lecture 18 Lecturer Introduction Systems engineering for small spacecraft development and utilization*.

https://www.unoosa.org/documents/pdf/psa/access2space4all/KiboCUBE/AcademySeason2/On-demand_Pre-recorded_Lectures/KiboCUBE_Academy_2022_OPL18.pdf

Ropero Santiago, S. A. (2024, 26 de diciembre). *Energía renovable en Colombia: resolver el trilema energético*. Planeación y Desarrollo, Edición No. 17. Departamento Nacional de

Planeación. <https://www.dnp.gov.co/publicaciones/Planeacion/Paginas/energia-renovable-en-colombia-resolver-el-trilema-energetico.aspx> DNP

Anexo

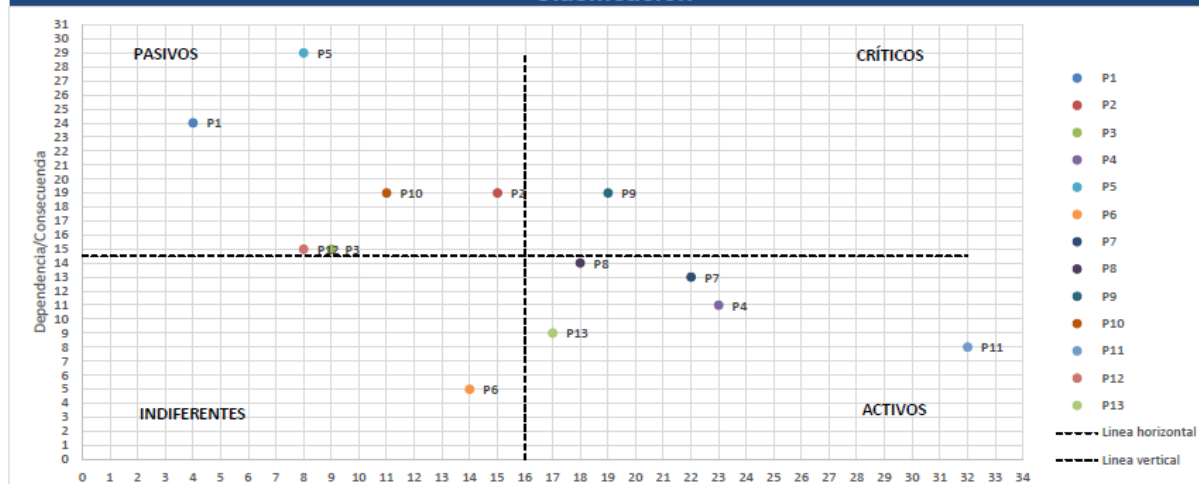
Plantilla Matriz de Vester Matrix Vester template	
--	---

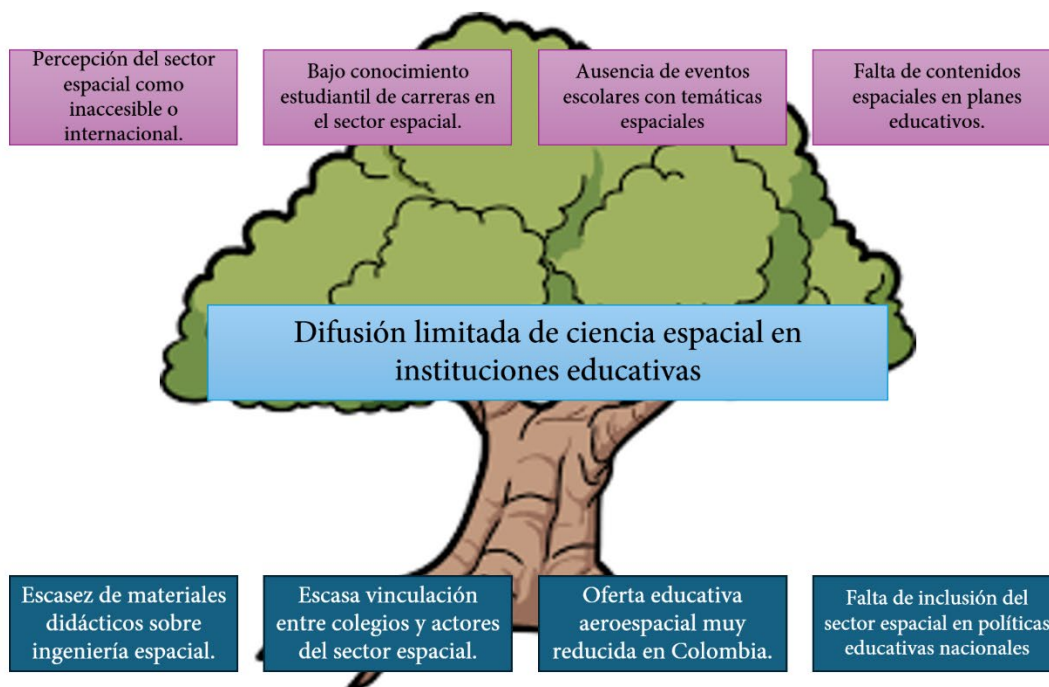
Situación problemática

En instituciones educativas colombianas, el sector espacial tiene poca presencia como campo laboral emergente.

Código	Variable	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	INFLUENCIA
P1	Bajo conocimiento estudiantil de carreras en el sector espacial.	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	1	0	4
P2	Falta de contenidos espaciales en planes educativos.	2	0	2	1	2	1	1	0	0	2	1	1	2	15
P3	Docentes no preparados para enseñar sobre espacio.	0	1	0	0	1	0	1	1	2	1	1	0	1	9
P4	Escasa vinculación entre colegios y actores del sector espacial.	3	3	1	0	3	1	2	2	2	2	2	1	1	23
P5	Percepción del sector espacial como inaccesible o internacional.	0	1	1	0	0	0	0	2	0	0	1	3	0	8
P6	Inexistencia de referentes colombianos visibles en el espacio.	1	1	0	1	3	0	1	1	2	1	2	1	0	14
P7	Oferta educativa aeroespacial muy reducida en Colombia.	3	3	3	1	3	2	0	2	1	2	0	1	1	22
P8	Baja inversión en proyectos escolares con enfoque espacial.	1	2	2	1	1	0	2	0	3	3	1	1	1	18
P9	Difusión pública limitada de ciencia espacial en escuelas.	3	2	1	2	3	0	1	2	0	2	0	2	1	19
P10	Ausencia de eventos escolares con temáticas espaciales	3	1	0	1	2	0	0	1	2	0	0	1	0	11
P11	Falta de inclusión del sector espacial en políticas educativas nacionales	3	3	3	3	3	1	2	3	3	3	0	3	2	32
P12	Orientaciones vocacionales no incluyen carreras espaciales.	2	0	0	0	3	0	0	0	2	1	0	0	0	8
P13	Escasez de materiales didácticos sobre ingeniería espacial.	3	2	2	1	3	0	2	0	2	2	0	0	0	17
DEPENDENCIA		24	19	15	11	29	5	13	14	19	19	8	15	9	116

Clasificación



**Manual de ensamblaje:**

<https://bit.ly/3XHrFsK>

Guía estudiantil:

<https://bit.ly/4obI03D>