



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN**  
**FACULTAD POLITÉCNICA**  
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN

**Anexo I**  
**Plantilla de Presentación de Propuestas**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN**  
**Facultad Politécnica**

**CONVOCATORIA PARA PRESENTACIÓN DE**  
**PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN**  
**2025**

**FORMULARIO DE PRESENTACIÓN**

**PERFIL DEL PROYECTO**

**1. Título del Proyecto. Investigador/a Principal y Coinvestigadores**

Diseño e Ingeniería de un Sistema de Alimentación Presurizado y Criogénico para un Motor Cohete Bipropelente de Etanol–LOX, Aplicable a un Vehículo de Lanzamiento Orbital de Clase Ligera.

PhD. Adolfo Javier Jara Céspedes, investigador principal. Est. Univ. Marcos Gonzalez, investigador principiante. Est. Univ. Enzo Agüero, investigador principiante.

**2. Resumen del proyecto**

Este proyecto se enfoca en el diseño e ingeniería de un sistema de alimentación presurizado y criogénico destinado a un motor cohete bipropelente que utiliza etanol como combustible y oxígeno líquido (LOX) como oxidante. Esta iniciativa constituye un paso fundamental para el desarrollo de vehículos de lanzamiento orbital de clase ligera, proporcionando una solución tecnológica viable y adaptable que permita la validación rigurosa de sistemas propulsivos en entornos controlados y a escala reducida. El sistema propuesto integra componentes clave que garantizan la correcta gestión y entrega de los propelentes bajo condiciones de presión y temperatura extremas, asegurando así la eficiencia operativa del motor durante las distintas fases de su funcionamiento.



El desarrollo incluye la construcción de un prototipo funcional, concebido como plataforma experimental para la demostración y validación de tecnologías emergentes aplicables a la propulsión espacial. A través de este modelo a escala, se podrán realizar ensayos estructurados que evalúen con precisión el comportamiento térmico, dinámico y de control del sistema de alimentación, permitiendo identificar áreas críticas de mejora y optimización. Al operar bajo condiciones realistas, aunque contenidas, el prototipo facilitará el análisis detallado del rendimiento del motor, la eficiencia de la entrega de los propelentes y la respuesta del sistema a diversas configuraciones de presión y caudal.

Además, el proyecto contempla la incorporación de innovaciones en materiales, procesos de manufactura avanzada y sistemas inteligentes de monitoreo y control, lo que contribuirá al desarrollo iterativo de soluciones más seguras, robustas y escalables. Esta estrategia busca reducir los riesgos técnicos asociados a la transición de tecnologías desde el laboratorio hasta su implementación en sistemas de vuelo reales, al mismo tiempo que promueve un enfoque sistemático de mejora continua.

Se espera que los resultados obtenidos a partir de este prototipo generen un impacto significativo en el ámbito de la ingeniería aeroespacial, sirviendo como catalizador para el desarrollo de nuevos sistemas de propulsión orbital y como puente entre la investigación académica y las aplicaciones prácticas en el sector espacial. Asimismo, al demostrar la viabilidad del sistema en condiciones experimentales controladas, el proyecto podrá abrir oportunidades estratégicas de colaboración científica, financiamiento y transferencia tecnológica orientadas al desarrollo soberano de capacidades espaciales.

**Palabras clave:** motor cohete, sistema de alimentación, LOX, validación tecnológica, innovación, prototipo.

### 3. Equipo de investigadores

| Nombre                      | Formación / grado académico                 | Sede/Grupo de Investigación/Carrera | Función y actividad en el proyecto |
|-----------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| Adolfo Javier Jara Céspedes | Doctor en Ingeniería de Sistemas Espaciales | GITE - FPUNA                        | Investigador Principal             |



|                                    |                     |                                              |                              |
|------------------------------------|---------------------|----------------------------------------------|------------------------------|
| Marcos Antonio<br>Gonzalez Alarcon | Estudiante de grado | Carrera de Ingeniería<br>Aeronautica - FPUNA | Investigador<br>principiante |
| Enzo Nahuel<br>Agüero Meza         | Estudiante de grado | Carrera de Ingeniería<br>Aeronautica - FPUNA | Investigador<br>principiante |

#### 4. Área y especialidad de la propuesta

Basadas en el manual de Frascati. Indicar la contribución/alineación con la Política en Ciencias y Tecnología del CONACYT; el Plan de Desarrollo, PND 2030; el Plan Estratégico Institucional de la Facultad Politécnica y los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Área de la Ciencia: **Ingeniería y Tecnología**, aplicada a la clasificación de Exploración y Explotación del Espacio. Este proyecto de Investigación y Desarrollo está orientado a la generación de nuevos conocimientos de alto valor científico y a la aplicación de soluciones científicas y tecnológicas a los principales problemas y desafíos sociales del país. Además, abarca la investigación civil en el terreno de la tecnología espacial.

El proyecto alienta la colaboración con otros grupos de investigación de la Universidad Nacional de Asunción en la elaboración de iniciativas de gran importancia para los centros de investigación involucrados. Esto promueve la formación de investigadores y la incorporación de los hallazgos, los recursos de materiales y equipos en los diferentes laboratorios, así como en el contenido académico impartido en los programas de formación. Además, se orienta a la producción científica mediante la presentación en talleres, congresos y la publicación en revistas de gran impacto.

El área del proyecto se basa en una combinación interdisciplinaria de diversas ramas de la ingeniería, incluyendo la ingeniería aeroespacial, la ingeniería de materiales, la ingeniería química, la ingeniería mecánica y la ingeniería electrónica. Este enfoque multidisciplinario busca llevar a cabo demostraciones prácticas de tecnologías previamente teóricas, integrando el desarrollo sostenible y la innovación como pilares fundamentales. El propósito es traducir conceptos avanzados en aplicaciones reales que puedan ser evaluadas rigurosamente, no solo para validar su funcionamiento, sino también para identificar oportunidades de mejora. Esta integración de disciplinas permite un abordaje más completo de los desafíos, asegurando un desarrollo tecnológico robusto, eficiente y responsable con el entorno.

#### 5. Objetivos del proyecto



CAMPUS DE LA UNA  
SAN LORENZO-PARAGUAY

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN**  
**FACULTAD POLITÉCNICA**  
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN

### **Objetivo General**

- Diseñar e implementar un sistema de alimentación presurizado y criogénico para un motor cohete bipropelente de etanol–LOX, orientado a su aplicación en un vehículo de lanzamiento orbital de clase ligera.

### **Objetivos Específicos**

- Diseñar los subsistemas de almacenamiento, presurización, transporte y entrega de propelentes, asegurando compatibilidad con etanol y oxígeno líquido (LOX).
- Desarrollar un modelo funcional a escalable del sistema de alimentación que permita su integración con un motor cohete bipropelente.
- Validar experimentalmente el rendimiento, la seguridad y la eficiencia del sistema en condiciones controladas que simulen un entorno de operación real.
- Analizar el comportamiento térmico, estructural y fluido-dinámico del sistema con el fin de identificar oportunidades de mejora y escalabilidad hacia aplicaciones en lanzadores orbitales livianos.

## **6. Resultados esperados y los medios para verificarlos**

**Objetivo Específico 1: Diseñar los subsistemas de almacenamiento, presurización, transporte y entrega de propelentes, asegurando compatibilidad con etanol y oxígeno líquido (LOX).**

### **Resultados esperados:**

- 1.1. Diseño conceptual y detallado de los subsistemas de almacenamiento, presurización, transporte y entrega.
- 1.2. Selección adecuada de materiales y componentes compatibles con el manejo de etanol y LOX.
- 1.3. Modelos CAD y diagramas de flujo del sistema completo de alimentación.
- 1.4. Documento técnico con criterios de diseño, cálculos termodinámicos, presiones operativas y parámetros de seguridad.
- 1.5. Evaluación preliminar del diseño mediante simulaciones estructurales y térmicas.

### **Medios para verificarlos:**

- 1.1. Informe técnico con planos detallados y descripciones funcionales de cada subsistema.



CAMPUS DE LA UNA  
SAN LORENZO-PARAGUAY

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN**  
**FACULTAD POLITÉCNICA**  
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN

- 1.2. Fichas técnicas de los materiales y componentes seleccionados, con evidencia de compatibilidad química y térmica con LOX y etanol.
- 1.3. Resultados de simulaciones por software (ej. ANSYS, SolidWorks Flow Simulation) que validen el comportamiento del sistema en condiciones operativas.
- 1.4. Revisión y validación del diseño por parte del equipo investigador.
- 1.5. Checklists de requisitos de diseño cumplidos conforme a estándares aeroespaciales aplicables.

**Objetivo Específico 2: Desarrollar un modelo funcional a escalable del sistema de alimentación que permita su integración con un motor cohete bipropelente**

**Resultados esperados:**

- 2.1. Modelo físico a escala funcional del sistema de alimentación presurizado y criogénico.
- 2.2. Documentación técnica del ensamblaje, operación y parámetros de funcionamiento del modelo.
- 2.3. Validación de la compatibilidad del modelo con las entradas y requerimientos del motor bipropelente.
- 2.4. Evaluación experimental del desempeño del modelo en condiciones controladas (pruebas de flujo, presurización, y estabilidad térmica).
- 2.5. Diseño modular que permita futuras ampliaciones o adaptaciones al sistema a escala real.

**Medios para verificarlos:**

- 2.1. Evidencia fotográfica y videográfica del modelo físico en funcionamiento.
- 2.2. Reporte técnico detallado que describa el proceso de construcción, los materiales utilizados y las configuraciones operativas.
- 2.3. Pruebas de integración con un banco de pruebas o maqueta de motor cohete bipropelente.
- 2.4. Resultados medidos de presión, caudal y temperatura durante pruebas de operación.
- 2.5. Aprobación del modelo funcional por parte de asesores del proyecto y expertos en propulsión.

**Objetivo Específico 3: Validar experimentalmente el rendimiento, la seguridad y la eficiencia del sistema en condiciones controladas que simulen un entorno de operación real.**

**Resultados Esperados:**

- 3.1. El sistema de alimentación opera de manera estable bajo condiciones controladas representativas del entorno real.
- 3.2. Se identifican y mitigan posibles riesgos de operación relacionados con la presión, temperatura y materiales criogénicos.
- 3.3. Se verifica que el sistema cumple con los criterios de eficiencia definidos (presión de entrega, consumo de gas presurizante, pérdidas térmicas mínimas).

**Medios para verificarlos:**

- 3.1. Reportes de pruebas de banco que documenten presión, caudal, temperatura y estabilidad durante la operación.
- 3.2. Análisis de seguridad y evaluación de fallos (FMEA, HAZOP) realizados sobre el sistema.
- 3.3. Gráficos y métricas comparativas que evidencien el cumplimiento de los niveles de eficiencia esperados.
- 3.4. Revisión y aprobación de resultados por parte del equipo técnico y asesores del proyecto.

**Objetivo Específico 4: Analizar el comportamiento térmico, estructural y fluido-dinámico del sistema con el fin de identificar oportunidades de mejora y escalabilidad hacia aplicaciones en lanzadores orbitales livianos.**

**Resultados Esperados:**

- 4.1. Modelos numéricos y simulaciones que describen el comportamiento térmico, estructural y fluido-dinámico del sistema en operación.
- 4.2. Identificación de cuellos de botella, pérdidas térmicas críticas y posibles puntos de fallo estructural.
- 4.3. Propuestas de mejora para escalar el diseño a un sistema funcional en lanzadores orbitales ligeros.

**Medios para verificarlos:**

- 4.1. Informes de simulaciones realizadas con herramientas como ANSYS, CFD o herramientas de análisis estructural.
- 4.2. Comparaciones entre resultados simulados y resultados experimentales.
- 4.3. Documento técnico con recomendaciones de rediseño o adaptación para futuras versiones del sistema.
- 4.4. Validación técnica por parte de expertos externos o revisores del proyecto.

## **7. Antecedentes y Justificación**

En los últimos años, el desarrollo de vehículos de lanzamiento experimentales ha cobrado gran relevancia como motor de innovación tecnológica y formación especializada en el sector aeroespacial. Este proyecto se alinea con dicha tendencia, destacándose por su enfoque disruptivo y su potencial para fortalecer las capacidades nacionales en áreas clave como la propulsión,



CAMPUS DE LA UNA  
SAN LORENZO-PARAGUAY

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN**  
**FACULTAD POLITÉCNICA**  
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN

aerodinámica y sistemas integrados. Su impacto ha sido reconocido en eventos internacionales, como el congreso CONACES 2023 (Agencia Espacial Mexicana), donde se presentaron sus objetivos, avances y el uso de tecnologías sostenibles, junto con metodologías de diseño iterativo y pruebas experimentales.

1. **M. A. Gonzalez et al. (2023)** – Presentan el diseño de un motor cohete líquido presurizado de 20 kN que utiliza etanol y oxígeno líquido, destinado a lanzadores de CubeSats en Paraguay. El estudio emplea simulaciones CFD y métodos numéricos para validar el diseño, destacando su potencial como base para el desarrollo local de tecnología aeroespacial, destacando el uso de herramientas modernas de simulación como clave para la optimización y validación de este tipo de motores.
2. **Ringas (2021)** en su tesis de maestría, describe el diseño de un banco de ensayos para motores LOX/etanol de 1 kN, con un sistema de presurización por nitrógeno y control remoto, permitiendo variaciones de mezcla O/F de hasta 4.0.
3. **Delpy et al. (2017)**, en el marco del proyecto PERSEUS (CNES), documentan el desarrollo del motor MLE5K (~5 kN), con cámara de combustión ablativa y eficiencia de combustión cercana al 95% a 20 bar.
4. **Collard (2022)** – Tesis de máster (KTH, Suecia): optimización del encendido de un motor LOX/etanol (proyecto MINERVA de PERSEUS). Desarrolla modelos numéricos (Excel, AMESim) para predecir presiones en tanques y aperturas de válvulas durante la secuencia de ignición, validándolos con campañas de prueba para lograr un encendido seguro y eficiente
5. **Haberl et al. (2024)**, detallan el desarrollo de un motor reutilizable de ~3.5 kN, refrigerado regenerativamente y fabricado en Inconel 718 por impresión 3D. Sus pruebas demostraron un rendimiento nominal a 25 bar y una eficiencia de combustión superior al 95%, integrándose en el cohete sonda Nixus EX-4 y resaltando el valor educativo de la cohetaría universitaria.

Este conjunto de antecedentes respalda y justifica sólidamente el enfoque del presente proyecto.



CAMPUS DE LA UNA  
SAN LORENZO-PARAGUAY

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN**  
**FACULTAD POLITÉCNICA**  
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN

## **Justificación**

El proyecto ha demostrado su capacidad para impulsar la innovación y el desarrollo sostenible en el ámbito aeroespacial, posicionando a Paraguay como un referente emergente en la región. Su reconocimiento internacional, valida la solidez de sus resultados y fomenta la colaboración global. La implementación de tecnologías innovadoras ha mejorado la fiabilidad, eficiencia e integración modular del prototipo, facilitando su ensamblaje y adaptabilidad para futuras aplicaciones científicas y comerciales. Este avance fortalece la capacidad del país para emprender misiones más complejas, abriendo nuevas oportunidades tecnológicas y comerciales. La investigación está respaldada por un estado del arte actualizado y riguroso, alineado con las tendencias globales y sustentado en bibliografía relevante, lo que garantiza la solidez metodológica del proyecto. En conjunto, esta iniciativa representa un hito para el desarrollo tecnológico nacional y su proyección internacional en el sector aeroespacial.

## **8. Materiales y Metodos**

### **Materiales**

Para la construcción del prototipo del motor escalado, se utilizarán materiales de alta calidad y tecnologías avanzadas que aseguren tanto la integridad estructural como el rendimiento óptimo del motor. A continuación, se presenta una descripción de los materiales y sistemas a utilizar:

- **Acero Inoxidable:** Se utilizarán tubos de acero inoxidable para la construcción de componentes críticos del motor, incluyendo el sistema de combustión. Este material es elegido por su resistencia a altas temperaturas y su durabilidad.





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN**  
**FACULTAD POLITÉCNICA**  
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN

CAMPUS DE LA UNA  
SAN LORENZO-PARAGUAY

- **Sensores de Presión:** Se integrarán sensores de presión para monitorear y controlar las condiciones dentro del motor durante las pruebas. Estos sensores son cruciales para asegurar que el motor opere dentro de los parámetros de seguridad establecidos.
- **Sondas de Temperatura:** Las sondas de temperatura serán utilizadas para medir las temperaturas en diversas partes del motor, proporcionando datos esenciales para evaluar el rendimiento térmico y realizar ajustes necesarios.
- **Banca de Prueba:** Se utilizará una banca de prueba ya existente para realizar las pruebas experimentales del motor. Esta banca está equipada con los instrumentos necesarios para medir y registrar los datos de rendimiento del motor.

## Métodos

El proyecto se divide en varias etapas metodológicas, cada una con objetivos y procedimientos específicos para asegurar la calidad y funcionalidad del prototipo del motor escalado.

### I. Diseño y Simulaciones

- **Diseño CAD:** Se utilizarán herramientas de diseño asistido por computadora (CAD) para crear modelos detallados del motor. Este proceso permitirá visualizar y ajustar el diseño antes de proceder a la construcción física.
- **Simulaciones:** Se realizarán simulaciones utilizando software especializado para prever el comportamiento del motor bajo diversas condiciones operativas. Estas simulaciones ayudarán a identificar posibles problemas y optimizar el diseño.

### II. Construcción Física

- **Torneado y Fresado:** Se emplearán técnicas de torneado y fresado para fabricar componentes precisos del motor. Estas técnicas permiten la producción de piezas con tolerancias exactas, cruciales para el ensamblaje del motor.
- **Impresión 3D:** Se utilizará la impresión 3D para crear prototipos de ciertas partes del motor. Esta tecnología permite una rápida iteración en el diseño y pruebas de ajuste antes de la fabricación final.

### III. Implementación y Pruebas Experimentales

- **Montaje del Prototipo:** Una vez fabricadas todas las piezas, se procederá al ensamblaje del prototipo del motor. Durante esta etapa, se integrarán los sensores de presión y sondas de temperatura en posiciones estratégicas.
- **Pruebas de Encendido:** Se realizarán pruebas de encendido con todos los sistemas acoplados para verificar que el motor opere dentro de los parámetros de seguridad. Las condiciones meteorológicas ideales y permisos para pruebas serán considerados para llevar a cabo estas pruebas.
- **Pruebas de Rendimiento:** El motor será sometido a pruebas de máxima potencia, evaluando su comportamiento a diferentes niveles de flujo másico. Los datos recolectados durante estas pruebas serán analizados para realizar ajustes y optimizaciones.

### IV. Documentación y Publicación

- **Documentación Detallada:** Se generarán informes técnicos detallados que describan cada fase del proyecto, desde el diseño hasta las pruebas finales. Estos informes incluirán diagramas, datos experimentales y análisis de resultados.



- **Publicación de Resultados:** Los hallazgos y avances del proyecto serán publicados en congresos y revistas científicas. La primera presentación se realizará en un congreso en Salta, Argentina, donde se compartirán los resultados con la comunidad internacional.

## 9. Relevancia de la propuesta

Esta propuesta representa un avance significativo en el conocimiento y desarrollo en el área de ingeniería de motores cohetes. Al enfocarse en la validación de nuevas tecnologías en un entorno controlado y escalado, el proyecto facilita la transferencia de estas innovaciones a aplicaciones prácticas. La creación y evaluación de un prototipo funcional permitirá identificar y abordar desafíos técnicos antes de la implementación a gran escala, asegurando que las tecnologías desarrolladas sean robustas y fiables.

El diseño y construcción del prototipo del motor cohete escalado, combinado con la implementación de metodologías avanzadas como CAD, simulaciones, y técnicas de fabricación precisas, proporcionará una plataforma integral para probar y perfeccionar tecnologías emergentes. Este enfoque metodológico permitirá no solo optimizar el rendimiento del motor, sino también establecer nuevos estándares en la ingeniería de motores cohetes, contribuyendo al avance del conocimiento en este campo.

La relevancia de este proyecto se extiende más allá de la validación tecnológica. Al proporcionar un entorno escalado para pruebas, se facilita una comprensión más profunda de los sistemas y componentes del motor, permitiendo ajustes y mejoras iterativas. Esto no solo optimiza el diseño y la funcionalidad del motor, sino que también crea una base sólida para futuras investigaciones y desarrollos en ingeniería aeroespacial.

El impacto de esta iniciativa se alinea con los objetivos de políticas científicas y tecnológicas a nivel nacional e internacional. Al promover la innovación y el desarrollo sostenible, el proyecto contribuye a la competitividad tecnológica de Paraguay en el ámbito aeroespacial. La colaboración con instituciones académicas y centros de investigación.

Además, el proyecto impulsa la formación de nuevos investigadores, asegurando la transferencia de conocimientos y habilidades a las futuras generaciones. Este aspecto educativo es crucial para la sostenibilidad y el crecimiento continuo del conocimiento en el campo aeroespacial, creando una base sólida de expertos que puedan liderar futuras innovaciones y desarrollos.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN**  
**FACULTAD POLITÉCNICA**  
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN

CAMPUS DE LA UNA  
SAN LORENZO-PARAGUAY

Finalmente, al contribuir al avance de la ingeniería de motores cohetes, esta propuesta posiciona a Paraguay como un actor destacado en la comunidad internacional de investigación aeroespacial. El desarrollo y validación de nuevas tecnologías no solo mejorarán la capacidad tecnológica del país, sino que también abrirán nuevas oportunidades para aplicaciones comerciales y científicas en el espacio. Este proyecto tiene el potencial de transformar la manera en que Paraguay participa en la exploración y utilización del espacio, promoviendo un futuro más innovador y tecnológicamente avanzado.

### 10. Plan del trabajo

Tiempo de duración en meses: 4

Inicio del proyecto: Julio

Finalización del proyecto: Noviembre

| Resultado esperado                         | Actividades principales                        | Indicadores de éxito                                  | Medios de Verificación             | Supuestos/ imponderables                                    | Tiempo de ejecución (semana N°) |
|--------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| 1. Prototipo funcional.                    | Diseño, construcción                           | Prototipo completado.                                 | Informes y documentación.          | Disponibilidad de materiales.                               | Semana 1-6                      |
| 2. Control de calidad y seguridad exitoso. | Verificación de características del prototipo. | Sistemas individuales completados con éxito.          | Informes, documentación y pruebas. | Disponibilidad de materiales y disponibilidad de ensayos.   | Semana 5-9                      |
| 3. Encendido exitoso.                      | Prueba con todos los sistemas acoplados.       | Funcionamiento dentro de los parámetros de seguridad. | Informes y pruebas.                | Condiciones meteorológicas ideales y permisos para pruebas. | Semana 10-13                    |



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN**  
**FACULTAD POLITÉCNICA**  
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN

CAMPUS DE LA UNA  
SAN LORENZO-PARAGUAY

|                              |                                                                     |                                                      |                                                 |                                                             |              |
|------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|--------------|
| 4. Prueba de características | Prueba del sistema a máxima potencia y relevamiento de datos final. | Buen comportamiento a máximo flujo masico de diseño. | Pruebas, informes, videos y datos recolectados. | Condiciones meteorológicas ideales y permisos para pruebas. | Semana 12-14 |
|------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|--------------|

### 11. Presupuesto

|   | Descripción del bien o servicio  | Especificaciones básicas  | Actividad                  | Subtotal Guaraníes |
|---|----------------------------------|---------------------------|----------------------------|--------------------|
| 1 | Materiales de construcción       | Acero, Aluminio, Otros    | Construcción del prototipo | 2.000.000          |
| 2 | Mecanizado                       | Torneado, Fresado, Otros. | Construcción del prototipo | 3.000.000          |
| 3 | Software de simulación           | Licencias de uso          | Diseño y simulaciones      | 1.680.000          |
| 5 | Equipos de medición              | Sensores, Data loggers    | Pruebas y validación       | 3.000.000          |
| 6 | Equipos de Protección Individual | Costos de Insumos         | Seguridad Presonal         | 320.000            |
|   | <b>Total</b>                     |                           |                            | 10.000.000         |

### 12. Estrategia de comunicación

Los resultados de investigación serán publicados en revistas científicas indexadas y/o presentadas en eventos académicos o científicos nacionales o internacionales.

- Jornadas de Jóvenes Investigadores
- Congresos Nacionales e Internacionales arbitrados por pares
- Publicación en revistas técnicas de innovación y desarrollo

### **13. Referencias bibliográficas**

Céspedes, A. J. J., Bautista, I. Z. C., Maeda, G., Kim, S., Masui, H., Yamauchi, T., & Cho, M. (2021). An Overview of the BIRDS-4 Satellite Project and the First Satellite of Paraguay.

Tumenjargal, T., Kim, S., Masui, H., & Cho, M. (2019). CubeSat bus interface with complex programmable logic device. *Acta astronautica*, 160, 331-342.

Maskey, A., Lepcha, P., Shrestha, H. R., Chamika, W. D., Malmadayalage, T. L. D., Kishimoto, M., ... & Cho, M. (2022). One Year On-Orbit Results of Improved Bus, LoRa Demonstration and Novel Backplane Mission of a 1U CubeSat Constellation. *Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences*, 65(5), 213-220.

Sejera, M., Yamauchi, T., Orger, N. C., Otani, Y., & Cho, M. (2022). Scalable and configurable electrical interface board for bus system development of different CubeSat platforms. *Applied Sciences*, 12(18), 8964.

Tumenjargal, T., Kim, S., Masui, H., & Cho, M. (2019). Programmable CubeSat Interface Board to Reduce Costs and Delivery Time.

Faure, P., Guerrero, G., Diamantopoulos, S., & Pignatelli, D. (2021). Cal Poly CubeSat Kit-A Technical Introduction to Mk I.

Sejera, M. P. (2022). Reconfigurable Interface Board Between CubeSat Platform and Payload.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN**  
**FACULTAD POLITÉCNICA**  
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN

CAMPUS DE LA UNA  
SAN LORENZO-PARAGUAY

Horch, C., Schimmerohn, M., & Schäfer, F. (2017). Integrating a large nanosatellite from CubeSat components—Challenges and solutions. In Proc. 68th International Astronautical Congress (IAC), Adelaide, Australia.

Snyder, N. B. (2020). Design, Validation, and Verification of the Cal Poly Educational CubeSat Kit Structure (Doctoral dissertation, California Polytechnic State University).