

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN DATOS INFORMATIVOS

TIPO DE CONVOCATORIA

Proyecto Interno Proyecto Semilla Proyecto Junior Proyecto Multi e Interdisciplinario

Fecha de presentación: (24/08/2018)

Título del proyecto:

Evaluación experimental de sistemas de propulsión para aeronaves no tripuladas de ala fija empleadas en actividades de monitoreo ambiental y gestión de riesgos, implementando sistemas híbridos de propulsión distribuida (DP), control vectorial de empuje (TV) e ingestión de capa límite (BLI).

TIPOS DE INVESTIGACIÓN

Investigación básica

Investigación aplicada

DEPARTAMENTO(S) Y/O INSTITUTO:

1. Departamento de Ingeniería Mecánica.
2. Departamento de Electrónica y Control
3. Departamento de Materiales

LÍNEA(S) DE INVESTIGACIÓN:

1. Diseño y análisis de sistemas energéticos (Dpto. Ingeniería Mecánica)
2. Calidad y uso eficiente de la energía eléctrica (Dpto. Electrónica y control)
3. Instrumentación y metrología (Dpto. Electrónica y control)
4. Desarrollo, caracterización y procesamiento de materiales sólidos (Dpto. Materiales)

RESUMEN DE INFORMACIÓN DEL DIRECTOR Y CODIRECTOR

Director

Apellidos y nombres	No. de Cédula	HSS*	Departamento	Título de mayor nivel y mención.	No. ORCID
Cando Narvaez Edgar Hernan	1715981898	6	Ingeniería Mecánica	DOCTOR OF PHILOSOPHY IN ENGINEERING (PhD)	

Codirector

Apellidos y nombres	No. de Cédula	HSS*	Departamento	Título de mayor nivel y mención.	No. ORCID
Valencia Torres Esteban Alejandro	1716298276	3	Ingeniería Mecánica	DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD)	https://orcid.org/0000-0002-6496-9908



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL



RESUMEN DE INFORMACIÓN COLABORADORES

Colaborador(es)					
Apellidos y nombres	No. de Cédula	HSS*	Departamento	Título de mayor nivel y mención.	No. ORCID
Abad Torres Jackeline	0502951403	2	Departamento de Electrónica y Control	DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD)	https://orcid.org/0000-0003-1767-1938
Hidalgo Díaz Víctor Hugo	1715476758	1	Departamento de Ingeniería Mecánica	DOCTOR OF SCIENCE IN POWER ENGINEERING AND ENGINEERING THERMAL PHYSICS (D.Sc.)	https://orcid.org/0000-0003-4732-2421
Díaz Campoverde Carlos Wime	1712419439	2	Departamento de Materiales	M. Sc. Materiales, Diseño y Producción	

Estudiantes de Posgrado de Investigación					
Apellidos y nombres	No. de Cédula	HSS*	Programa de Posgrado	Título de mayor nivel y mención.	No. ORCID
Vera Hensiek Daniel	1709255846	20	Doctorado	Maestría	https://orcid.org/0000-0002-0645-9344

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Proyecto Interno Proyecto Semilla Proyecto Junior Proyecto Multi e Inter Disciplinario

Investigación Básica

Investigación Aplicada

DEPARTAMENTO(S) Y/O INSTITUTOS:

1. Departamento de Ingeniería Mecánica
2. Departamento de Electrónica y Control
3. Departamento de Materiales

LINEA(S) DE INVESTIGACIÓN:

1. Diseño y análisis de sistemas energéticos (Dpto. Ingeniería Mecánica)
2. Calidad y uso eficiente de la energía eléctrica (Dpto. Electrónica y control)
3. Instrumentación y metrología (Dpto. Electrónica y control)
4. Desarrollo, caracterización y procesamiento de materiales sólidos (Dpto. Materiales)

CAMPO DEL CONOCIMIENTO

Campo amplio	Campo detallado	Campo específico
Ingeniería, Industria y Construcción	Ingeniería y Profesiones Afines	- Tecnología de protección del medio ambiente - Motor de vehículos, embarcaciones y aeronaves

DISCIPLINA CIENTÍFICA

Ciencias Naturales y Exactas	
Ingeniería y Tecnologías	X
Ciencias Médicas	
Ciencias Agrícolas	
Ciencias Sociales	
Humanidades	

OBJETIVO SOCIOECONÓMICO

Exploración y explotación del medio terrestre	
Ambiente	
Exploración y explotación del espacio	
Transporte, telecomunicaciones y otras infraestructuras	
Energía	X
Producción y tecnología industrial	
Salud	
Agricultura	
Educación	
Cultura, ocio, religión y medios de comunicación	
Sistemas políticos y sociales, estructuras y procesos	
Defensa	



Avance general del conocimiento: I+D financiada con los Fondos Generales de Universidades (FGU)	
Avance general del conocimiento: I+D financiados con otras fuentes	

Alcance Territorial			
Institucional		Nacional	
Parroquial		Internacional	X
Cantonal		No definido	
Provincial			

1 Proyecto de Investigación
Título: Evaluación experimental de sistemas de propulsión para aeronaves no tripuladas (UAV) de ala fija empleadas en actividades de monitoreo ambiental y gestión de riesgos, implementando sistemas híbridos de propulsión distribuida (DP), control vectorial de empuje (TV) e ingestión de capa límite (BLI).
Resumen del proyecto <p>El uso de UAVs de ala fija se ha extendido a aplicaciones de monitoreo ambiental y gestión de riesgos debido a sus múltiples prestaciones como: bajo costo, alta autonomía, recopilación periódica de datos y acceso a áreas con alto riesgo. En base a un proyecto previo del GI-ATA (PIMI15-03), en el cual se desarrolló la modelación y simulación de sistemas de propulsión distribuida con BLI para UAVs, se encontró que las tecnologías anteriormente citadas introducen variables importantes para la mejora de su desempeño en tareas de monitoreo ambiental en las regiones altoandinas (6000 msnm). Sin embargo, la carencia de bancos de prueba para los modelos de la planta de energía restringen su comparación con información disponible en el dominio público, puesto que no se tiene acceso a todos los parámetros de desempeño, lo cual dificulta de sobremano el refinamiento y la mejora en la fidelidad de los modelos y simulaciones. En este contexto, la presente propuesta persigue el diseño e implementación de un banco de prueba que permita validar experimentalmente los modelos desarrollados para refinarlos, adaptarlos y optimizarlos, con el fin de permitir la modelación y generación de arquitecturas de propulsión distribuida híbridas con BLI y TV para monitoreo ambiental.</p>
Palabras clave : Bancos de prueba, Aeronaves no tripuladas, Propulsión distribuida, Ingestión de capa límite, Ciclo térmico híbrido, Empuje vectorial.



2 Objetivos, limitaciones, hipótesis y resultados esperados de esta propuesta de investigación

2.1 Objetivos

2.1.1 Objetivo General

- Evaluar experimentalmente diferentes configuraciones de sistemas de propulsión para UAVs de ala fija empleados en actividades de monitoreo ambiental y gestión de riesgos, mediante la implementación de sistemas híbridos de propulsión distribuida (DP), control vectorial de empuje (TV) e ingestión de capa límite (BLI).

2.1.2 Objetivos Específicos

- a. Diseñar e implementar un banco de pruebas para la evaluación experimental de sistemas híbridos de propulsión, integrando las tecnologías de DP, TV y BLI.
- b. Caracterizar mecánicamente propelas aplicadas a sistemas híbridos de propulsión distribuida.
- c. Determinar y analizar el desempeño energético, emisiones acústicas y de gases contaminantes de diferentes configuraciones de sistemas híbridos de propulsión integrando las tecnologías DP, TV y BLI.
- d. Validar y refinar los modelos numéricos y simulaciones computacionales desarrollados por el GI-ATA para la estimación de potencia, empuje y rendimiento de diversas arquitecturas de propulsión distribuida.
- e. Determinar las mejores configuraciones de sistemas de propulsión para UAVs tomando como figuras de mérito el desempeño energético, emisiones acústicas y de gases contaminantes.
- f. Divulgar los resultados obtenidos mediante conferencias y publicaciones de alto impacto.

2.2 Limitaciones

- a. Este proyecto se enfocará exclusivamente en la evaluación experimental del desempeño del sistema de propulsión-energía empleando el banco de pruebas a desarrollarse. El alcance del proyecto se limita a la evaluación de la eficiencia energética y emisiones contaminantes de los sistemas híbridos de propulsión distribuida para UAVs de ala fija. No se evaluarán otros sistemas que integran una aeronave no tripulada de ala fija como son: sistema de control, sistema estructural y desempeño aerodinámico. La evaluación de estos sistemas será parte de futuros proyectos externos y/o internos.
- b. En lo referente a la caracterización mecánica de propelas, se considerarán únicamente materiales compuestos.
- c. Este proyecto no evaluará la integración aerodinámica del sistema de propulsión con la aeronave, debido a que los costos para la construcción de un prototipo de UAV de ala fija sobrepasan el límite presupuestario establecido en esta convocatoria.
- d. Se estudiarán únicamente arquitecturas de sistemas híbridos de propulsión para uso en vehículos no tripulados de peso neto máximo de despegue (MTOW) entre 100 [kg] y 300 [kg].

2.3 Hipótesis

- a. Es posible la evaluación experimental de sistemas híbridos de propulsión y la obtención de datos experimentales para la validación y mejoramiento de modelos semiempíricos
- b. Existen beneficios basados en la evaluación experimental de las tecnologías de propulsión distribuida, ingestión de capa límite aplicadas a sistemas híbridos de propulsión.

2.3 Detalle de los resultados esperados

- a. Implementación de un banco de pruebas para estudio de diversas arquitecturas de sistemas híbridos de propulsión integrando las tecnologías de propulsión distribuida, ingestión de capa límite, y control vectorial de empuje.
- b. Caracterización mecánica y evaluación de materiales y procesos de fabricación de propelas aplicadas a sistemas híbridos de propulsión.



- c. Comparación del consumo de combustible y emisiones contaminantes de diferentes configuraciones de sistemas híbridos de propulsión integrando las tecnologías de DP, BLI y TV.
- d. Modelos numéricos y simulaciones computacionales de mayor fidelidad para la estimación de potencia, empuje y rendimiento de diversas arquitecturas de propulsión.
- e. Arquitecturas óptimas de sistemas híbridos de propulsión en términos de mejora en su desempeño energético y reducción de emisiones contaminantes.
- f. Publicaciones indexadas SCOPUS a nivel de conferencia y revistas, así como talleres de divulgación internos y externos.

3 Relevancia de la propuesta de investigación y su relación con la(s) líneas de investigación

Desde 2008, se ha realizado investigación en la Escuela Politécnica Nacional (EPN) sobre plataformas aéreas no tripuladas. Gracias a los resultados obtenidos en el área de la aeronáutica, la Comisión de Investigación y Extensión del Vicerrectorado de Investigación y Proyección Social (VIPS) conformó a finales del 2017, el grupo de investigación de Aeronáutica y Termo-fluidos Aplicada (ATA) como parte de la Facultad de Ingeniería Mecánica. Este grupo está coordinado por el Dr. Esteban Valencia y al momento se integra por 13 miembros, 7 de los cuales se desempeñan como profesores titulares en la EPN. El grupo de investigación tiene carácter multidisciplinario integrando a investigadores y docentes de los siguientes departamentos: materiales, electrónica, control, mecánica y diseño [1].

Esta propuesta es parte de un plan integrado por diversos programas y proyectos de investigación que lleva a cabo el grupo GI-ATA con un enfoque en el desarrollo de aeronaves no tripuladas de tipo ala fija y fuselaje integrado para diversas aplicaciones como son: monitoreo de volcanes, gestión de desastres, control de recursos hídricos, monitoreo de flora y fauna terrestres y marina, y agricultura de precisión. En la Figura 1 se presenta el plan de sostenibilidad que maneja el grupo GI-ATA para el desarrollo de proyectos de investigación y aplicación a futuras convocatorias nacionales e internacionales.

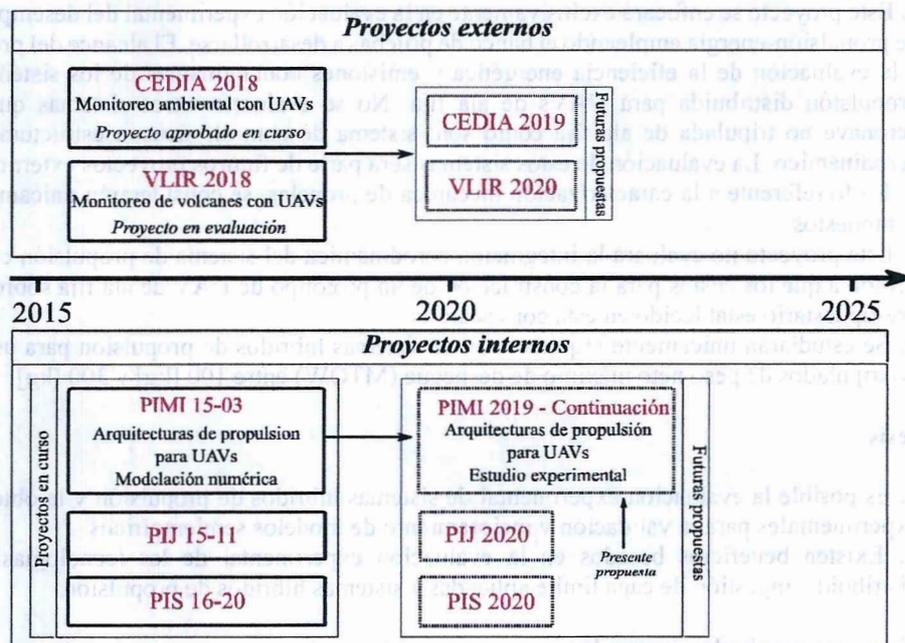


Figura 1. Plan de sostenibilidad para el programa de investigación

Como se observa en esta figura, el GI-ATA se encuentra desarrollando tres proyectos internos enfocados en diversas áreas del diseño de aeronaves no tripuladas como son aerodinámica, propulsión, estructuras, materiales y manufactura, control y comunicación. Adicionalmente, el GI-ATA ha presentado propuestas de investigación a organizaciones externas como son CEDIA (Ecuador), VLIR (Bélgica) y GCRF (Reino Unido) para el desarrollo de aeronaves no tripuladas para aplicaciones específicas de interés global como son



protección del medio ambiente, monitoreo de recursos hídricos y gestión de riesgos. Es importante destacar que la propuesta presentada a la Red CEDIA resultó ganadora y el proyecto se encuentra ya en su primera fase de ejecución.

En este contexto, la relevancia de esta propuesta de investigación radica en la evaluación experimental de las tecnologías de propulsión distribuida, ingestión de capa límite y control vectorial de empuje aplicadas a sistemas de híbridos de propulsión para aeronaves no tripuladas de tipo ala fija, lo cual permitirá validar y optimizar los modelos numéricos y simulaciones computacionales desarrollados en proyectos previos por el GI-ATA. Este proyecto se plantea como la continuación del proyecto PIMI 15-03 en el cual se evaluaron las tecnologías anteriormente mencionadas mediante modelos numéricos y simulaciones computacionales. Es importante destacar que el banco de pruebas, planteado en esta propuesta, podría ser el primero en el país para la evaluación de arquitecturas de sistemas híbridos de propulsión tanto para aeronaves no tripuladas e incluso para aeronaves tripuladas como las empleadas para actividades de monitoreo agrícola en el país. El alcance de este proyecto será tanto nacional como internacional. En el ámbito nacional, los resultados de este proyecto, en complemento con los resultados de otros proyectos que lleva a cabo el grupo de investigación GI-ATA, permitirán el desarrollo de aeronaves no tripuladas que brinden soporte y faciliten actividades como gestión de riesgos, monitoreo de zonas agrícolas, gestión de recursos naturales, inspección de instalaciones hidroeléctricas, etc. En el ámbito internacional, los resultados de este proyecto mediante su difusión a través de artículos científicos, presentados en conferencias o publicados en revistas especializadas, permitirán difundir el conocimiento generado y las experiencias obtenidas facilitando y promoviendo la investigación.

En esta propuesta, se ha planteado el diseño de un banco de pruebas para el estudio experimental de las tecnologías de BLI, DP, y TV aplicadas a sistemas híbridos de propulsión para UAVs, lo cual se desarrollará en una serie de etapas que permitan definir las especificaciones de los sistemas que integran el banco de pruebas para la generación, conversión y almacenamiento de energía de manera eficiente. Las actividades a desarrollarse para el diseño e implementación del banco de pruebas se relacionan con las líneas de investigación de: "Diseño y análisis de sistemas energéticos", "Instrumentación - metrología y Calidad y uso eficiente de la energía eléctrica" de los Dptos. de Ingeniería Mecánica y Electrónica y Control, respectivamente. La presente propuesta tiene gran sinergia con las líneas de investigación y departamentos anteriormente mencionados por las siguientes razones:

- Este proyecto analizará el sistema de propulsión desde el punto de vista energético tomando como figuras de mérito el consumo de combustible y las emisiones contaminantes generadas.
- Se estudiará un sistema de propulsión híbrido que integra un motor de combustión interna y un generador eléctrico, evaluando principalmente la eficiencia en los procesos de conversión, almacenamiento y uso de la energía eléctrica generada.
- Las tecnologías de BLI, DP y TV, que se estudiarán experimentalmente en conjunto con el sistema híbrido y diferentes arquitecturas de propulsión, son tecnologías que han sido evaluadas en proyectos previos (PIMI 15-03, PIJ 15-11) y se ha determinado que permiten reducir el consumo de combustible, incrementar la eficiencia propulsiva, reducir el peso neto de la aeronave; es decir se ha establecido que el uso de estas tecnologías brinda una mejora sustancial en el desempeño global de una aeronave no tripulada.
- El diseño e implementación del banco de pruebas requerirá la selección e instalación de instrumentos de medición y sistemas de adquisición de datos para llevar a cabo el estudio experimental que se plantea en este proyecto.

Por otra parte, esta propuesta también plantea la caracterización mecánica de propelas aplicadas a sistemas híbridos de propulsión para UAVs. Considerando que las propelas conjuntamente con el motor son los elementos más importantes del sistema de propulsión, se ha identificado la necesidad de evaluar este elemento desde el punto de vista energético tomando como figura de mérito la eficiencia propulsiva. Adicionalmente, se ha identificado también la necesidad de evaluar la propela desde el punto de vista de materiales y procesos de fabricación con la finalidad de determinar los materiales y procesos que permitan alcanzar el mejor desempeño energético de la propela y a la vez aseguren la resistencia mecánica de la misma, considerando el alto número de revoluciones y la alta potencia y empuje que esta debe generar al conectarse con el motor. De acuerdo a lo descrito anteriormente, la presente propuesta requiere también la participación del Dpto. de Materiales mediante su línea de investigación de "Desarrollo, caracterización, y procesamiento de materiales sólidos".



4 Impacto de la investigación

4.1 Impacto Social

El grupo ATA está enfocado en investigación relevante para el desarrollo del país, como es el caso de esta propuesta de investigación. Los resultados obtenidos permitirán la eventual tecnificación en los sistemas aéreos de monitoreo ambiental y prevención de riesgos. Como se conoce el Ecuador enfrenta dos amenazas constantes: los terremotos y los volcanes. La sierra ecuatoriana se la conoce como la “Avenida de los Volcanes”, los mismos que afectarían a gran parte de la población en el caso de erupción [3]. Un buen sistema de monitoreo y gestión de riesgo es esencial para generar confianza en la población y evitar la pérdida de vida en lo posible [4]. Igualmente, un medio ambiente saludable es el derecho de todos los ecuatorianos [2]. El banco de pruebas permitirá el desarrollo de sistemas de propulsión para UAVs que se requieren para monitoreo constante en las áreas más remotas de la geografía ecuatoriana en condiciones de vuelo extremas. Adicionalmente, un banco de pruebas con las características mencionadas aportará con un importante desarrollo e independencia tecnológica que nos permitirá realizar pruebas de acuerdo con las condiciones y necesidades reales del país. La industria aeroespacial ecuatoriana tendrá una herramienta adicional para solucionar problemas del país.

4.2 Impacto Económico

El enfoque principal de este proyecto del desarrollo de un banco de prueba para sistemas de propulsión-energía de UAVs generará herramientas únicas en el país, lo que sería un paso muy importante hacia una industria aeroespacial propia. Asimismo, este proyecto ayudará al fortalecimiento de la naciente industria aeroespacial en plataformas aéreas no tripuladas en el país y la región, el mismo que trae elementos de cambio en la matriz productiva impulsada por el gobierno Nacional como se ha demostrado en otros países como los Estados Unidos [5]. Los resultados obtenidos mediante este proyecto pueden ser fácilmente aplicados en UAVs enfocados hacia otras industrias en el país como es la agricultura, la seguridad, vigilancia, y transporte, para nombrar algunos. Estas áreas son estratégicas para el desarrollo del país identificadas como tal por la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT) y el Sistema Nacional de Información de Educación Superior del Ecuador (SNIESE) [6]. Igualmente, Adicionalmente, en el ámbito de monitoreo ambiental cabe mencionar los recursos hídricos, esenciales para la correcta operación de las hidroeléctricas que para el 2022 proveerán el 93% de la energía eléctrica al país según el Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos (MICSE) [7].

4.3 Impacto Político (máximo 250 palabras)

El trabajo logrado en este proyecto permitirá a los tomadores de decisiones incluir una herramienta tecnológica en sus planes para el bienestar del país. Los bancos de prueba fortalecerán a la naciente industria aeroespacial que se alinea estratégicamente con el cambio de la matriz productiva y busca encontrar soluciones reales para las necesidades del país. Por ejemplo, una necesidad fundamental del Ecuador es la gestión de riesgo, y según el “Plan Nacional de Respuesta ante Desastres”. Elaborado por la Secretaría de gestión de Riesgos, la prioridad 4 es: aumentar la preparación para casos de desastre a fin de dar una respuesta eficaz y “reconstruir mejor” en los ámbitos de la recuperación, la rehabilitación y la reconstrucción [8]. Esto se puede lograr con una flota de UAVs de ala fija con capacidad de carga para llevar insumos a áreas afectadas con propulsión de mayor autonomía de vuelo y control vectorial de empuje que permitirá el vuelo en zonas poco accesibles. Esta es una tarea complicada debido a las demandantes condiciones de vuelo del Ecuador causado por los andes y la gran extensión marítima. Consecuentemente, se debe desarrollar tecnología propia que considere estas condiciones, y para esto es necesario tener un banco de pruebas que nos permita evaluar las tecnologías que se desarrollen con este fin. Adicionalmente, existen otras entidades gubernamentales del país que se beneficiarán: protección ambiental, vigilancia de las fronteras, monitoreo de recursos naturales, en especial Galápagos y la EPN tomará pasos importantes en la línea de investigación aeronáutica.



4.4 Impacto Científico

Los sistemas híbridos de propulsión en conjunto con las tecnologías de BLI, DP y TV, han sido ampliamente evaluados para su aplicación en aeronaves de transporte [9]. Entidades como la NASA o BOEING (Compañía líder en el sector de la aviación) han investigado estas tecnologías y han determinado que su aplicación permite reducir el peso neto de la aeronave, reducir el consumo de combustible y mejorar la eficiencia propulsiva de los sistemas de propulsión [10]. Este proyecto plantea estudiar la aplicación de las tecnologías anteriormente mencionadas en aeronaves no tripuladas de tipo ala fija y fuselaje integrado para aplicaciones de monitoreo ambiental, gestión de riesgos, y agricultura de precisión. Mediante este proyecto, se podrá estudiar estas tecnologías, las cuales están siendo recientemente investigadas para su aplicación en UAVs. Por lo tanto el impacto científico de esta propuesta, radica en el conocimiento generado y las experiencias adquiridas en la evaluación experimental de estas tecnologías aplicadas a UAVs.

Adicionalmente, el impacto científico se podrá evidenciar en la difusión del conocimiento generado mediante la publicación de artículos científicos y divulgación mediante foros o conferencias que reúna a la comunidad científica interesada en estas áreas. Finalmente, mediante la presente propuesta se integrará a un candidato doctoral que brindará soporte a la investigación y a la generación de conocimiento.

4.5 Impacto Ambiental

Dentro de la actual Constitución de la República del Ecuador (2008), el estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras [2]. ATA desarrolla la propuesta de este proyecto reconociendo que los resultados obtenidos ayudarán a cumplir los objetivos dictados por la constitución. Se ha reconocido que una debilidad actual es la falta de monitoreo y adquisición de datos que ayuden a los entes de control ambiental que realicen su trabajo con mayor capacidad. Parte de la dificultad es la propia geografía del Ecuador que dificulta el acceso a algunas zonas, igualmente el área de mar que pertenece a Galápagos es bastante amplia haciendo difícil su vigilancia ante amenazas como la pesca ilegal. Esta investigación pretende romper estas barreras entregando un sistema de propulsión con mayor autonomía de vuelo, capaz de volar en condiciones extremas, y que al mismo tiempo sea más ecológico y menos ruidoso.

5	Productos esperados
----------	----------------------------

Tipo de Producto:	Marcar con una "X"
a. Publicaciones científicas y/o patente (obligatorio);	X
b. Disertación a la comunidad politécnica;	X
c. Trabajo de titulación de acuerdo a lo que establece el Reglamento de Régimen Académico y la Normativa Interna de la EPN;	X
d. Aplicación tecnológica construida o implementada;	X
e. Perfil de proyecto de mayor impacto científico, técnico, pedagógico o de innovación.	



6 Descripción, metodología y diseño del proyecto

6.1 Descripción, metodología y diseño del proyecto

Proyectos previos del GI-ATA han mostrado potenciales oportunidades para el ahorro de energía mediante un sistema de propulsión híbrido para plataformas aéreas no tripuladas de ala fija [11–15]. En este sentido tecnologías como: propulsión distribuida, ingestión de capa límite, motores eléctricos y de combustión han sido evaluadas paraméricamente y mediante modelos de alta fidelidad. Este proyecto propone dar continuación a los estudios realizados mediante el desarrollo de un banco de prueba para la evaluación de sistemas de propulsión híbridos implementados en UAVs. El diseño de este sistema de propulsión integra conceptos y tecnologías de vanguardia a nivel internacional que permiten incrementar la eficiencia propulsiva como BLI [9][16] y DP [17–19]. Adicionalmente, se reconoce la necesidad de evaluar el control vectorial para el empuje; lo cual proporcionará una mejor maniobrabilidad y el desarrollo de sistemas STOL (corto despegue y aterrizaje) y VTOL (despegue y aterrizaje vertical) [19].

➤ **Objetivo específico 1:** Diseñar e implementar un banco de prueba para la evaluación experimental de sistemas híbridos de propulsión, integrando las tecnologías de DP, TV y BLI.

• **Actividad 1: Investigación de la tecnología existente**

Se identificará el estado del arte de las tecnologías disponibles para dimensionar y ensamblar el banco de pruebas que nos permitan evaluar sistemas de propulsión distribuidos que combinen motores de combustión con sistemas eléctricos, con el fin de aprovechar la alta potencia específica de los primeros y el bajo impacto ambiental de los sistemas eléctricos. Por otra parte, se revisará sistemas que permitan control vectorial de empuje para mejor accesibilidad a diferentes zonas del país. Además, se revisará el estado del arte para bancos de pruebas que permitan identificar la cantidad de CO₂, y ruido para el análisis de impacto ambiental. Por último, se revisará los procesos de manufactura para propelas.

• **Actividad 2: Diseño del banco de prueba y análisis de sistemas híbridos base**

Se desarrollará a detalle un marco de trabajo para desarrollar un banco de pruebas para el sistema térmico-eléctrico que permita la evaluación de las condiciones de operación de un UAV durante las diferentes fases de vuelo. La tabla 1 define los requisitos mínimos de medición que se debe realizar con el banco de pruebas.

• **Actividad 3: Selección y adquisición de instrumentación, componentes y suministros**

Se seleccionarán los instrumentos de medición, componentes y demás suministros para la implementación del banco de pruebas. Los equipos seleccionados serán solicitados a la entidad respectiva para su pronta adquisición. Para esto, se llevará a cabo un análisis de incertidumbre de los instrumentos de medición.

• **Actividad 4: Desarrollo e implementación de los bancos de prueba**

Se implementará el banco de prueba con los equipos, e instrumentación previamente adquirida. Este banco de pruebas será ensamblado de manera que pueda ser versátil para ensamblar diferentes configuraciones de propulsión distribuida.

• **Actividad 5: Calibración del banco de pruebas**

Una vez implementado el banco de pruebas, se calibrarán los diferentes equipos de medición y los diferentes sistemas y módulos que lo integren.

➤ **Objetivo específico 2:** Caracterizar mecánicamente propelas aplicadas a sistemas híbridos de propulsión distribuida.

• **Actividad 1: Realizar pruebas de fatiga y vibración en las diferentes propelas**

El banco de pruebas debe tener la capacidad de realizar pruebas de fatiga y vibración de las diferentes propelas que se pueden usar en las distintas arquitecturas de propulsión distribuida. La información obtenida será útil para establecer un manual de mantenimiento y operación para los sistemas propulsivos.

• **Actividad 2: Realizar pruebas de desempeño de las propelas**

Se determinará el desempeño de cada propela, su eficiencia, y su aporte al empuje según cada configuración del sistema de propulsión.

• **Actividad 3: Validar los modelos matemáticos y simulaciones computacionales**

Validar y refinar los códigos numéricos desarrollados por el GI-ATA para la estimación de eficiencia de propelas y su aporte al empuje del sistema propulsivo



- **Objetivo específico 3:** Evaluar y determinar el desempeño energético, emisiones acústicas y de gases contaminantes de diferentes configuraciones de sistemas híbridos de propulsión integrando las tecnologías DP, TV y BLI.
- **Actividad 1: Realizar pruebas de las diferentes configuraciones de sistemas de propulsión**
Se realizarán pruebas de diferentes configuraciones de sistemas híbridos de propulsión distribuida que tenga BLI, y control vectorial de empuje. Se evaluarán los diferentes parámetros mencionados en la tabla 1 para cada configuración de los sistemas híbridos.
- **Actividad 2: Evaluar el desempeño energético de cada configuración.**
Se determinará el desempeño energético de las diferentes configuraciones de sistemas de propulsión híbrida mediante la medición de algunas variables como perfil de velocidad, perfil de presión, eficiencia de las propelas, velocidad rotacional, empuje, empuje específico, potencia mecánica, consumo energético, ruido, y emisiones contaminantes.
- **Actividad 3: Determinar las emisiones acústicas y contaminantes de cada configuración.**
Se determinará la cantidad de emisiones acústicas y de gases contaminantes para cada configuración.
- **Objetivo específico 4:** Validar y refinar los modelos numéricos y simulaciones computacionales desarrollados por el GI-ATA para la estimación de potencia, empuje y rendimiento de diversas arquitecturas de propulsión distribuida.
- **Actividad 1: Refinar modelos matemáticos y simulaciones computacionales**
Se emplearán los resultados experimentales para refinar y adaptar los modelos y simulaciones desarrollados por el GI-ATA a UAVs con condiciones de operación similares a las presentadas en los casos de estudio en la región andina. Mediante el banco de pruebas se podrá conocer las incertidumbres presentadas durante los procesos de medición y por lo tanto se podrán mejorar modelos matemáticos y simulaciones computacionales con la finalidad de generar modelos de mayor fidelidad.
- **Actividad 2: Validar los modelos matemáticos y simulaciones computacionales**
Los modelos matemáticos y simulaciones refinados y adaptados a las condiciones de operación andina serán validados mediante el banco de pruebas desarrollado.
- **Objetivo específico 5:** Determinar las mejores configuraciones de sistemas de propulsión para UAVs tomando como figuras de mérito el desempeño energético, emisiones acústicas y gases contaminantes.
- **Actividad 1: Optimizar los modelos de las configuraciones de propulsión**
Tomando en cuenta los parámetros de diseño identificados previamente se podrá refinar los modelos de las diferentes configuraciones mediante algoritmos matemáticos.
- **Actividad 2: Evaluar las configuraciones óptimas de forma experimental**
Con el banco de pruebas se podrá evaluar las configuraciones de propulsión híbrida de forma experimental
- **Objetivo específico 6:** Divulgar los resultados obtenidos mediante conferencias y publicaciones de alto impacto.
- **Actividad 1: Difusión de los resultados**
Se difundirán los resultados obtenidos mediante artículos científicos presentados en conferencias o publicados en revistas de gran trascendencia en las áreas de propulsión, ingeniería aeroespacial, electrónica y control y generación de potencia indexadas en SCOPUS.

Bibliografía

1. Valencia, E. A. T. *PROPUESTA DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN INÉDITA: Diseño y ensamblaje de un vehículo aéreo no tripulado de alas fijas que utilice propulsión distribuida eléctrica para el monitoreo en zonas de protección hídrica*, INEDITA; Quito, 2018;
2. Asamblea Constituyente *Constitución del Ecuador*; Ecuador, 2008; p. 173.
3. Basabe, P. Erupciones volcánicas en Ecuador Available online: http://cidbimena.desastres.hn/docum/crid/EIRDInforma/esp/revista/No15_99/pagina14.htm (accessed on Jul 9, 2018).
4. Toulkeridis, T.; Jacome, A.; Mato, F. *Ethics, Policy, and Risk Assessment of the Cotopaxi Volcanic Crisis in Ecuador—Vulnerable Society Versus Unprepared Volcanic Monitoring Staff and Authorities*; 2018; ISBN 978-3-319-75373-7.
5. Jenkins, D.; Vasigh, B. The Economic Impact of Unmanned Aircraft Systems Integration in the United States. *Assoc. Unmanned Veh. Syst. Int.* 2013.
6. Vicerrectorado de Investigación y Proyección Social *NORMATIVO PARA LA PROPUESTA V*



GESTIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN SEMILLA , JUNIOR Y MULTI E INTERDISCIPLINARIO; Ecuador, 2017;

7. Lazo Vásquez, A. D.; Velasco Urbina, J. C.; Ávila, C. Análisis de Ciclo De Vida Y Energético De Las Centrales Hidroeléctricas Agoyán Y Paute, Escuela Politécnica Nacional, 2015.
8. Secretaría de Gestión de Riesgos *Plan Nacional De Respuesta Ante Desastres*; www.gestionderiesgos.gob.ec: Ecuador, 2018; pp. 1–42;.
9. Goldberg, C.; Nalianda, D.; Pilidis, P.; MacManus, D.; Felder, J. Installed Performance Assessment of a Boundary Layer Ingesting Distributed Propulsion System at Design Point, *AIAA 2016-4800. 52nd AIAA/SAE/ASEE Jt. Propuls. Conf.* **2016**, 1–22, doi:10.2514/6.2016-4800.
10. Mayyas, A. R. ouf, Kumar, S.; Pisu, P.; Rios, J.; Jethani, P. Model-based design validation for advanced energy management strategies for electrified hybrid power trains using innovative vehicle hardware in the loop (VHIL) approach. *Appl. Energy* **2017**, *204*, 287–302, doi:10.1016/j.apenergy.2017.07.028.
11. Valencia, E.; Hidalgo, V.; Nalianda, D.; Laskaridis, P.; Singh, R. Discretized Miller approach to assess effects on boundary layer ingestion induced distortion. *Chinese J. Aeronaut.* **2017**, *30*, 235–248, doi:10.1016/j.cja.2016.12.005.
12. Valencia, E.; Liu, C.; Nalianda, D.; Panagiotis, L.; Gray, I.; Singh, R. *Methodology for the Assessment of Distributed Propulsion Configurations with Boundary Layer Ingestion Using the Discretized Miller Approach*; 2017; Vol. 10;.
13. Valencia, E. A.; Hidalgo, V.; Rodriguez, D. Parametric modelling for aerodynamic assessment of a fixed wing UAV implemented for Site Specific Management. *2018 AIAA Inf. Syst. Infotech @ Aerosp.* **2018**, 0–17, doi:10.2514/6.2018-0988.
14. Valencia, E.; Saa, J.; Alulema, V.; HIDALGO DIAZ, V. *Correction: Parametric study of aerodynamic integration issues in highly coupled Blended Wing Body configurations implemented in UAVs*; 2018;
15. Valencia, E. A.; Alulema, V. H.; Hidalgo, V. H. Weight assessment for a blended wing Body-Unmanned aerial vehicle implementing boundary layer ingestion. *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.* **2018**, *383*, 012068, doi:10.1088/1757-899X/383/1/012068.
16. Rodríguez, D. L. Multidisciplinary Optimization Method for Designing Boundary-Layer-Ingesting Inlets. *J. Aircr.* **2009**, *46*, 883–894, doi:10.2514/1.38755.
17. Liu, C.; Valencia Torres, E.; Teng, J. *Design point analysis of the turbofan-driven turboelectric distributed propulsion system with boundary layer ingestion*; 2015; Vol. 230;.
18. Felder, J.; Kim, H.; Brown, G.; Kummer, J. An Examination of the Effect of Boundary Layer Ingestion on Turboelectric Distributed Propulsion Systems. *49th AIAA Aerosp. Sci. Meet. Incl. New Horizons Forum Aerosp. Expo.* **2011**, 1–26, doi:10.2514/6.2011-300.
19. Marcellan, A. An Exploration into the Potential of Microturbine Based Propulsion Systems for Civil Unmanned Aerial Vehicles. **2015**, 1–104.
20. Weusint, I.; Tang, N. M.; Valencia, E. Grenoble Institute of Technology Analysis of consumption and energy efficiency of drone fixed wing - Intern. **2018**.

7	Infraestructura, equipos y fondos adicionales.
----------	---

7.1 Infraestructura y equipos

Infraestructura	Equipos	
Laboratorio	Nombre del Equipo	Ubicación del Equipo
Laboratorio de Fluidos.	Túnel de Viento.	Laboratorio de Fluidos, Departamento de Ingeniería Mecánica.
CCICEV.	Equipo para medición de gases contaminantes.	CCICEV, Departamento de Ingeniería Mecánica.
Laboratorio de Instrumentación.	Equipos para evaluación y calibración de sensores electrónicos.	Laboratorio de Instrumentación, Departamento de Automatización y Control Industrial.



Laboratorio de Simulación de Procesos	Computadoras Workstation para simulaciones numéricas	tipo para	Laboratorio de Simulación de procesos – Departamento de Ingeniería Mecánica.
---------------------------------------	--	-----------	--

7.2 Breve justificación del equipo requerido

Es necesario el uso de un túnel de viento, dentro del Laboratorio de Fluidos del Departamento de Ingeniería Mecánica, para obtener las curvas características de diferentes propelas, las cuales serán usadas posteriormente en el banco de pruebas conjuntamente con los diferentes sistemas de propulsión (térmicos/eléctricos) adquiridos previamente.

Para la medición de gases contaminantes será necesario el uso del equipamiento disponible en el CCICEV perteneciente al Departamento de Ingeniería Mecánica.

Para la correcta evaluación del desempeño energético y emisión de gases contaminantes de cada módulo inspeccionado en el banco de pruebas es necesario que los instrumentos de medición se encuentren correctamente calibrados, de esta manera se disminuye la incertidumbre de las mediciones, para lo cual se debe contar con el equipo presente en el Laboratorio de Instrumentación, dentro del Departamento de Automatización y Control, con el fin de calibrar adecuadamente los dispositivos a ser usados en la toma de mediciones del banco de pruebas.

Para la validación y optimización de los modelos numéricos y simulaciones computacionales, se requerirá el uso de las instalaciones del laboratorio de simulación de procesos, ya que los computadores tipo Workstation que se disponen en el mismo, son específicos para tareas que requieren gran capacidad y velocidad de procesamiento.

7.3 Fondos Adicionales

- N/A



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

PRESUPUESTO PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN



AÑO 1

Título del proyecto

Evaluación experimental de sistemas de propulsión para aeronaves no tripuladas de ala fija empleadas en actividades de monitoreo ambiental y gestión de riesgos, implementando sistemas híbridos de propulsión distribuida (DP), control vectorial de empuje (TV) e ingestión de capa límite (BLI).

Lista de Items	Cantidad	Unidad	Precio Unitario Referencial	Precio Total Referencial	Precio Unitario Referencial + IGV	Precio Total Referencial con IGV + Aporte del IGV
1 Contratación de servicios personales por contrato						
1.1 Ayudantes de investigación (2 ayudantes/semestre)	12	mes	\$ 267.34	\$ 3,208.08	\$ 314.39	\$ 3,772.70
1.2 Prestación de servicios profesionales (Homologado Escala de remuneración de servidores publicos)	12	mes	\$ 1,000.00	\$ 12,000.00	\$ 1,120.00	\$ 13,440.00
1.3 Prestación de servicios profesionales (Homologado Escala de remuneración de servidores publicos)	12	mes	\$ 1,000.00	\$ 12,000.00	\$ 1,120.00	\$ 13,440.00
Subtotal 1			\$ 2,267.34	\$ 27,208.08	\$ 2,554.39	\$ 30,652.70
2 Maquinaria y equipo especializado						
2.1 Motor de combustion(Motor Rotax 80HP, Turboprop)	1	Unidad	\$ 23,462.95	\$ 23,462.95	\$ 26,278.50	\$ 26,278.50
2.2 Equipos Eléctricos (Generador, Motores, Baterías)	1	Unidad	\$ 20,069.10	\$ 20,069.10	\$ 22,477.39	\$ 22,477.39
2.3 ESC (Equipos de Sistema de Control)	2	Unidad	\$ 7,999.00	\$ 15,998.00	\$ 8,958.88	\$ 17,917.76
2.4 Sistema de Adquisición de Datos	1	Unidad	\$ 19,350.00	\$ 19,350.00	\$ 21,672.00	\$ 21,672.00
2.5 Item 5 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 2			\$ 70,881.05	\$ 78,880.05	\$ 79,386.78	\$ 88,345.66
3 Equipo informático						
3.1 Item 1 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3.2 Item 2 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3.3 Item 3 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3.4 Item 4 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3.5 Item 5 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 3			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4 Insumos y reactivos						
4.1 Insumos Electrónicos	1	Unidad	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00	\$ 5,600.00	\$ 5,600.00
4.2 Insumos para bancos de pruebas	1	Unidad	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00	\$ 2,240.00	\$ 2,240.00
4.3 Insumos para fabricación de propelas	1	Unidad	\$ 7,000.00	\$ 7,000.00	\$ 7,840.00	\$ 7,840.00
4.4 Item 4 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4.5 Item 5 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 4			\$ 14,000.00	\$ 14,000.00	\$ 15,680.00	\$ 15,680.00
5 Literatura especializada						
5.1 Item 1 (Detallar nombre del libro)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
5.2 Item 2 (Detallar nombre del libro)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
5.3 Item 3 (Detallar nombre del libro)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
5.4 Item 4 (Detallar nombre del libro)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
5.5 Item 5 (Detallar nombre del libro)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 5			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
6 Salidas de campo y de muestreo						
6.1 Pasajes al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
6.2 Viaticos y subsistencias al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 6			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
7 Ponencias nacionales, capacitaciones y/o visitas técnicas						
7.1 Pasajes al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
7.2 Viaticos y subsistencias al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 7			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
8 Ponencias en el exterior, capacitaciones, y/o visitas técnicas						
8.1 Pasajes al exterior	1	Unidad	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00	\$ 1,120.00	\$ 1,120.00
8.2 Viaticos al exterior	1	Unidad	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00
Subtotal 8			\$ 3,000.00	\$ 3,000.00	\$ 3,120.00	\$ 3,120.00
9 Pago de inscripciones						
9.1 Pago de inscripciones al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
9.2 Pago de inscripciones al exterior	1	Unidad	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00	\$ 1,370.00	\$ 1,370.00
Subtotal 9			\$ 1,000.00	\$ 1,000.00	\$ 1,370.00	\$ 1,370.00
10 Pago de publicaciones y patentes						
10.1 Pago de publicaciones			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
10.2 Pago de publicaciones al exterior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
10.2 Pago de patentes			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 10			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
TOTAL				\$ 124,088.13		\$ 139,168.36



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

PRESUPUESTO PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN



AÑO 2

Título del proyecto

Evaluación experimental de sistemas de propulsión para aeronaves no tripuladas de ala fija empleadas en actividades de monitoreo ambiental y gestión de riesgos, implementando sistemas híbridos de propulsión distribuida (DP), control vectorial de empuje (TV) e ingestión de capa límite (BLI).

Lista de ítems	Cantidad	Unidad	Presupuesto Base	Presupuesto Base	Presupuesto Base	Presupuesto Base
1 Contratación de servicios personales por contrato						
1.1 Ayudantes de investigación (2 ayudantes/semestre)	12	mes	\$ 267.34	\$ 3,208.08	\$ 314.39	\$ 3,772.70
1.2 Prestación de servicios profesionales (Homologado Escala de remuneración de servidores públicos)	12	mes	\$ 1,000.00	\$ 12,000.00	\$ 1,120.00	\$ 13,440.00
Subtotal 1			\$ 1,267.34	\$ 15,208.08	\$ 1,434.39	\$ 17,212.70
2 Maquinaria y equipo especializado						
2.1 Item 1 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
2.2 Item 2 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
2.3 Item 3 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
2.4 Item 4 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
2.5 Item 5 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 2			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3 Equipo Informático						
3.1 Item 1 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3.2 Item 2 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3.3 Item 3 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3.4 Item 4 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3.5 Item 5 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 3			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4 Insumos y reactivos						
4.1 Item 1 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4.2 Item 2 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4.3 Item 3 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4.4 Item 4 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4.5 Item 5 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 4			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
5 Literatura especializada						
5.1 Item 1 (Detallar nombre del libro)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
5.2 Item 2 (Detallar nombre del libro)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
5.3 Item 3 (Detallar nombre del libro)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
5.4 Item 4 (Detallar nombre del libro)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
5.5 Item 5 (Detallar nombre del libro)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 5			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
6 Salidas de campo y de muestreo						
6.1 Pasajes al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
6.2 Viáticos y subsistencias al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 6			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
7 Ponencias nacionales, capacitaciones y/o visitas técnicas						
7.1 Pasajes al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
7.2 Viáticos y subsistencias al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 7			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
8 Ponencias en el exterior, capacitaciones, y/o visitas técnicas						
8.1 Pasajes al exterior	1	Unidad	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00	\$ 1,120.00	\$ 1,120.00
8.2 Viáticos al exterior	1	Unidad	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00
Subtotal 8			\$ 3,000.00	\$ 3,000.00	\$ 3,120.00	\$ 3,120.00
9 Pago de inscripciones						
9.1 Pago de inscripciones al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
9.2 Pago de inscripciones al exterior	1	Unidad	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00	\$ 1,370.00	\$ 1,370.00
Subtotal 9			\$ 1,000.00	\$ 1,000.00	\$ 1,370.00	\$ 1,370.00
10 Pago de publicaciones y patentes						
10.1 Pago de publicaciones			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
10.2 Pago de publicaciones al exterior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
10.2 Pago de patentes			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 10			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
TOTAL				\$ 19,208.08		\$ 21,702.70



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

PRESUPUESTO PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN



AÑO 3

Título del proyecto

Evaluación experimental de sistemas de propulsión para aeronaves no tripuladas de ala fija empleadas en actividades de monitoreo ambiental y gestión de riesgos, implementando sistemas híbridos de propulsión distribuida (DP), control vectorial de empuje (TV) e ingestión de capa límite (BLI).

Lista de Items	Cantidad	Unidad	Precio Unitario Referencial	Precio Total Referencial	Precio Unitario Referencial + Aporte IESS	Precio Total Referencial + Aporte IESS
1 Contratación de servicios personales por contrato						
1.1 Ayudantes de investigación (2 ayudantes/semestre)	12	mes	\$ 267.34	\$ 3,208.08	\$ 314.39	\$ 3,772.70
1.2 Prestación de servicios profesionales (Homologado Escala de remuneración de servidores públicos)	12	mes	\$ 1,000.00	\$ 12,000.00	\$ 1,120.00	\$ 13,440.00
1.3 Prestación de servicios profesionales (Homologado Escala de remuneración de servidores públicos)	12	mes	\$ 1,000.00	\$ 12,000.00	\$ 1,120.00	\$ 13,440.00
Subtotal 1			\$ 2,267.34	\$ 27,208.08	\$ 2,554.39	\$ 30,652.70
2 Maquinaria y equipo especializado						
2.1 Item 1 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
2.2 Item 2 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
2.3 Item 3 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
2.4 Item 4 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
2.5 Item 5 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 2			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3 Equipo informático						
3.1 Item 1 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3.2 Item 2 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3.3 Item 3 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3.4 Item 4 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3.5 Item 5 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 3			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4 Insumos y reactivos						
4.1 Item 1 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4.2 Item 2 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4.3 Item 3 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4.4 Item 4 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4.5 Item 5 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 4			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
5 Literatura especializada						
5.1 Item 1 (Detallar nombre del libro)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
5.2 Item 2 (Detallar nombre del libro)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
5.3 Item 3 (Detallar nombre del libro)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
5.4 Item 4 (Detallar nombre del libro)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
5.5 Item 5 (Detallar nombre del libro)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 5			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
6 Salidas de campo y de muestreo						
6.1 Pasajes al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
6.2 Viaticos y subsistencias al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 6			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
7 Ponencias nacionales, capacitaciones y/o visitas técnicas						
7.1 Pasajes al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
7.2 Viaticos y subsistencias al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 7			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
8 Ponencias en el exterior, capacitaciones, y/o visitas técnicas						
8.1 Pasajes al exterior	1	Unidad	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00	\$ 1,120.00	\$ 1,120.00
8.2 Viaticos al exterior	1	Unidad	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00
Subtotal 8			\$ 3,000.00	\$ 3,000.00	\$ 3,120.00	\$ 3,120.00
9 Pago de inscripciones						
9.1 Pago de inscripciones al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
9.2 Pago de inscripciones al exterior	1	Unidad	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00	\$ 1,370.00	\$ 1,370.00
Subtotal 9			\$ 1,000.00	\$ 1,000.00	\$ 1,370.00	\$ 1,370.00
10 Pago de publicaciones y patentes						
10.1 Pago de publicaciones			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
10.2 Pago de publicaciones al exterior (Journal)	2	Unidad	\$ 1,000.00	\$ 2,000.00	\$ 1,370.00	\$ 2,740.00
10.2 Pago de patentes			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 10			\$ 1,000.00	\$ 2,000.00	\$ 1,370.00	\$ 2,740.00
TOTAL				\$ 33,208.08		\$ 37,882.70

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL

Título del proyecto

Evaluación experimental de sistemas de propulsión para aeronaves no tripuladas de ala fija empleadas en actividades de monitoreo ambiental y gestión de riesgos, implementando sistemas híbridos de propulsión distribuida (DP), control vectorial de empuje (TV) e ingestión de capa límite (BLI).

Presupuesto consolidado sin IVA

AÑO	Contratación de servicios personales por contrato	Maquinaria y equipo especializado	Equipo Informático	Insumos y reactivos	Literatura especializada	Salidas de campo y de muestreo	Ponencias nacionales, capacitaciones y/o visitas técnicas	Ponencias en el exterior, capacitaciones, y/o visitas técnicas	Pago de inscripciones	Pago de publicaciones y patentes	Total sin IVA
1	\$ 27,208.08	\$ 78,880.05	\$ -	\$ 14,000.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 3,000.00	\$ 1,000.00	\$ -	\$ 124,088.13
2	\$ 15,208.08	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 3,000.00	\$ 1,000.00	\$ -	\$ 19,208.08
3	\$ 27,208.08	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 3,000.00	\$ 1,000.00	\$ 2,000.00	\$ 33,208.08
TOTAL	\$ 69,624.24	\$ 78,880.05	\$ -	\$ 14,000.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 9,000.00	\$ 3,000.00	\$ 2,000.00	\$ 176,504.29

Presupuesto consolidado con IVA

AÑO	Contratación de servicios personales por contrato	Maquinaria y equipo especializado	Equipo Informático	Insumos y reactivos	Literatura especializada	Salidas de campo y de muestreo	Ponencias nacionales, capacitaciones y/o visitas técnicas	Ponencias en el exterior, capacitaciones, y/o visitas técnicas	Pago de inscripciones	Pago de publicaciones y patentes	Total con IVA
1	\$ 30,652.70	\$ 88,345.66	\$ -	\$ 15,680.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 3,120.00	\$ 1,370.00	\$ -	\$ 139,168.36
2	\$ 17,212.70	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 3,120.00	\$ 1,370.00	\$ -	\$ 21,702.70
3	\$ 30,652.70	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 3,120.00	\$ 1,370.00	\$ 2,740.00	\$ 37,882.70
TOTAL	\$ 78,518.11	\$ 88,345.66	\$ -	\$ 15,680.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 9,360.00	\$ 4,110.00	\$ 2,740.00	\$ 198,753.76

DECLARACIÓN FINAL

TIPO DE PROYECTO

Proyecto Interno Proyecto Semilla Proyecto Junior Proyecto Multi e Interdisciplinario

TIPO DE INVESTIGACIÓN

Investigación básica Investigación aplicada

TÍTULO DEL PROYECTO

Evaluación experimental de sistemas de propulsión para aeronaves no tripuladas de ala fija empleadas en actividades de monitoreo ambiental y gestión de riesgos, implementando sistemas híbridos de propulsión distribuida (DP), control vectorial de empuje (TV) e ingestión de capa límite (BLI).

DECLARACIÓN DEL DIRECTOR DEL PROYECTO

El equipo de investigadores, representado por el Director del Proyecto declara lo siguiente:

- Que el presente proyecto es una obra original de este equipo de investigadores y por tanto, asumimos la completa responsabilidad legal en caso de que un tercero alegue la titularidad de los derechos intelectuales del proyecto, exonerando a la EPN de cualquier acción legal que se derive por esta causa.
- Que el presente proyecto no ha sido presentado en ninguna convocatoria de otra institución pública o privada solicitando el financiamiento total del presupuesto. El incumplimiento será causal para que la propuesta sea descalificada de la convocatoria de la EPN.
- Que todos los bienes adquiridos en el proyecto permanecerán bajo la custodia y responsabilidad del director de proyecto.
- Que aceptamos que si el proyecto genera algún producto o procedimiento susceptible de obtener de derechos de propiedad intelectual, de los cuales se deriven beneficios, éstos serán compartidos entre los investigadores y la EPN.
- Que aceptamos conocer y cumplir con la normativa vigente para la gestión de proyectos de investigación.

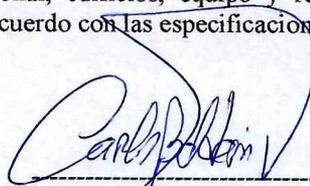


Firma del Director del Proyecto
Nombre: Edgar Cando Narvaez
C.I.: 1715981898

DECLARACIÓN DEL JEFE DE DEPARTAMENTO

Esta propuesta ha sido avalada por el Consejo del Departamento de, en sesión del día mediante resolución No.

Las instalaciones, incluyendo personal, edificios, equipo y recursos financieros están a disposición del proponente y sus colaboradores de acuerdo con las especificaciones que se encuentran en esta propuesta.



Firma del Jefe del Departamento
Nombre: Ing. Carlos Baldeon
C.I.: 1704378890

*Se debe adjuntar el acta en el que conste la resolución que avala la propuesta de proyecto