



## PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Proyecto Interno  Proyecto Semilla  Proyecto Junior  Proyecto Multi e Inter Disciplinario

Investigación Básica  Investigación Aplicada  Investigación Pedagógica  Innovación

**DEPARTAMENTO(S):**

1. Ingeniería Mecánica

**LINEA(S) DE INVESTIGACIÓN:**

1. Energías Alternativas

### 1 Proyecto de Investigación

**Título:**

“Desarrollo de la metodología TERA ( Techno- economic Environmental and Risk Analysis) en sistemas aéreos no tripulados con aplicación en los sectores de la medicina, vigilancia y agricultura”

**Resumen del proyecto (máximo 200 palabras)**

Una respuesta a las constantes variaciones del precio del petróleo y a las normativas ambientales cada vez más estrictas, conlleva a que los investigadores de sistemas energéticos propongan alternativas más eficientes y amigables al medio ambiente. La metodología TERA (Techno-economic environmental and Risk Analysis) permite evaluar, optimizar y comparar de forma sistemática el desempeño y los riesgos de diversos ciclos energéticos y propulsión. Esta técnica está basada en modelos detallados de funcionamiento de los equipos que componen los sistemas de energéticos, unido a simuladores económicos, ambientales y modelos que describen las condiciones en las cuales opera el sistema. TERA es un concepto que esencialmente es una herramienta de optimización multidisciplinaria, que puede cuantificar los riesgos, así como comparar técnica económicamente y ambientalmente de manera formal y consistente.

El proyecto busca desarrollar la metodología TERA, en sistemas aéreos no tripulados con aplicación en los sectores prioritarios considerados dentro del Plan Nacional del Buen vivir, como son medicina, vigilancia, agricultura. Los resultados del análisis TERA pueden dar un marco de referencia a inversores, investigadores, legisladores y otros agentes para evaluar las inversiones necesarias para alcanzar un menor impacto ambiental, un mayor beneficio económico y mercados energéticos y de transporte más eficientes.

Palabras clave (4-6): TERA, Ciclos Innovadores, sensibilidad de sistemas energéticos, modelos ambientales.



## 5.1 Objetivos

### 5.1.1 Objetivo General

- Desarrollar la metodología TERA, considerando las condiciones y realidades del Ecuador, el cual permita refinar la evaluación y la optimización de sistemas energéticos y de propulsión, en sistemas aéreos no tripulados con aplicación en los sectores de la medicina, vigilancia y agricultura”

### 5.1.2 Objetivos Especificos

- a. Desarrollar un marco de trabajo para el estudio de dispositivos aéreos no tripulados, de forma que se puedan refinar y adaptar modelos paramétricos basados en la metodología TERA.
- b. Analizar la sensibilidad de los sistemas de sistemas aéreos no tripulados, usando los modelos paramétricos para los sectores de agricultura, vigilancia y medicina.
- c. La modelación debe incluir: Desarrollar modelos paramétricos de polución, ruido, y políticas de impuestos; Definición de costos de operación directos; Modelos de análisis por misiones; Desarrollo de modelos paramétricos para sistemas energéticos y de propulsión
- d. Desarrollo de proyectos de titulación y doctorado.
- e. Difundir la investigación en congresos nacionales e internacionales, generando al menos dos publicaciones en memorias o revistas indexadas.

## 5.2 Relevancia de esta propuesta de investigación y su relación con la(s) Línea(s) de investigación asociadas.

La energía y su uso son de substancial importancia en el desarrollo de un país, ya que permite el mejoramiento de la calidad de vida del ser humano. Por tal razón, la presente línea de investigación es considerada prioritaria por el gobierno ecuatoriano y es parte de su modelo transformación de matriz productiva y energética. En éste sentido, el uso eficiente de la misma es un nuevo paradigma que requiere de un amplio conocimiento de los sistemas energéticos y su optimización, para de esta forma generar sistemas amigables con el medio ambiente y a la vez eficaces.

La Escuela Politécnica Nacional realiza estudios científicos y aplicados para mejorar la eficiencia energética en los sistemas de generación, transporte y utilización de la energía. Siguiendo éstas áreas de investigación, La presente propuesta realiza una recopilación bibliográfica de los principales avances en la aplicación de la metodología TERA y se establece su importancia y utilidad para evaluar los sistemas energéticos y de propulsión, ya que permite, entre lo más relevante, evaluar las inversiones necesarias para alcanzar un menor impacto ambiental, un mayor beneficio económico y mercados energéticos De transporte más eficientes.

Se evidencia que el modelo TERA puede tener diferentes aplicaciones: plantas de generación, sistemas de transporte terrestre y marítimo, aviación civil, aviación militar y una de las más novedosas aplicaciones es respecto a los UAV ( Unmanned Aircraft Vehicle) o drones, los cuales son de interés para futuros trabajos.

A éste nivel de investigación, la propuesta presentada tiene un carácter de ser pionera en el Ecuador; por tal razón es de vital importancia ya que permite un análisis de factibilidad el cual establece la base para su implementación y desarrollo, ya que tiene diversas aplicaciones y beneficios a corto y a largo plazo para el país. En vista que los sistemas inmersos relacionan diversas áreas de la investigación, en el proyecto se ha decidido delimitar el alcance a los vehículos aéreos no tripulados. Por ésta razón, la propuesta de investigación se alinea con objetivos y líneas de investigación de la Facultad de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería Eléctrica, Facultad de Ciencias Administrativas y los Departamentos adscritos a estas facultades.



## ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

### VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL

Los modelos paramétricos desarrollados, serán una contribución al departamento y a la facultad de ingeniería mecánica. Por otro lado, vendrá a ser de substancial contribución el establecimiento del marco de trabajo, refinar y adaptar modelos paramétricos para la aplicación del TERA que permitirá continuar con la investigación de vehículos aéreos.

Este proyecto busca, generar en el Ecuador un estudio de la factibilidad y beneficios, proporcionar un aporte en sectores de la industria agrícola, de la medicina, de la seguridad y vigilancia; permitiendo así obtener herramientas con un grado de independencia tecnológica.

El presente proyecto también se encuentra entrelazado con otros proyectos de investigación, sobre el cual se están presentando proyectos multi interdisciplinarios, con los cuales se están estableciendo trabajos doctorales. Cabe mencionar que se han dado intercambios de ideas y charlas con investigadores de Universidades de prestigio, como Cranfield University (Reino Unido) para futuras colaboraciones.

#### 5.3 Productos esperados

- a. Publicaciones científicas (obligatorio);
- b. Disertación a la Comunidad Politécnica;
- c. Proyecto de Titulación;
- d. Tesis de Grado (maestría o doctorado);
- e. Aplicación tecnológica construida o implementada;
- f. Patente presentada;
- g. Perfil de proyecto de mayor impacto científico, técnico, pedagógico o de innovación.

#### 5.4 Detalle de los resultados esperados (con relación a los objetivos)

- a. Por lo menos dos publicaciones en revistas y/o congresos nacionales o/internacionales de la metodología desarrollada y difusión de los resultados obtenidos.
- b. Conferencias en foros científicos a la comunidad politécnica y a la comunidad científica en general con principal énfasis en la carrera de ingeniería mecánica, a nivel de profesores y estudiantes.
- c. Proyectos de titulación relacionados.
- d. El presente proyecto de investigación se enmarca dentro de las propuestas de temas de tesis doctorales presentados en el Doctorado en Ciencias de la Mecánica que se está desarrollando actualmente. Se tiene presentada dos propuestas de temas de tesis doctorales y dos candidatos. La presente metodología desarrollada puede ser utilizada en los programas de pregrado y posgrado de la Facultad de Ingeniería Mecánica
- e. Software de simulación TERA.
- f. No.
- g. El presente proyecto es una contribución para investigaciones futuras ya que la metodología desarrollada puede aplicarse a sistemas energéticos como plantas de generación, aviación civil y militar, entre otras.



### 6.1 Descripción, metodología y diseño del proyecto (Máximo dos carillas)

La metodología TERA (Techno-economic environmental and Risk analysis) permite evaluar, optimizar y comparar de forma sistemática el desempeño y los riesgos de diversos ciclos de energéticos y propulsión. Esta técnica está basada en modelos detallados de funcionamiento de los equipos que componen los sistemas de potencia, unido a simuladores económicos, ambientales y otros modelos que describen las condiciones locales en las cuales opera el sistema [1].

La evaluación (TERA) es un concepto que fue concebido en la Universidad de Cranfield UK y es esencialmente una herramienta de optimización multidisciplinaria, que puede cuantificar los riesgos, así como comparar técnica económicamente y ambientalmente de manera formal y consistente. La técnica se basa en representaciones termodinámicas detalladas con otros modelos apropiados. [2]

Por ejemplo, la herramienta de TERA para la aviación civil integra modelos de rendimiento del motor con los modelos de diseño mecánico y aerodinámico, modelos de predicción del peso del motor, el diseño de aeronaves y modelos de rendimiento, modelos de costos de producción de potencia, modelos de economía y modelos de emisiones de gases y de ruido. El Departamento de Energía y Propulsión de la Universidad de Cranfield lleva el desarrollo de la herramienta de TERA para muchas aplicaciones en particular en los campos de la aviación civil de propulsión, generación de energía, el gas natural licuado, petróleo, gas y propulsión marina [2].

Los resultados de un análisis TERA pueden dar un marco de referencia a inversores investigadores, legisladores y otros agentes para evaluar las inversiones necesarias para alcanzar un menor impacto ambiental, un mayor beneficio económico y unos mercados energéticos y de transporte más eficientes [1].

Adicionalmente para mitigar las diferentes problemáticas como: control de tráfico en fronteras, cultivos y pesca ilegales, se utilizan satélites o personal operativo, lo cual resulta sumamente costoso y representa un alto riesgo para quienes deben laborar allí. Además, cuando existen situaciones de emergencia en zonas de desastre y de difícil acceso; o en algunos en casos, eventos donde cada minuto es crucial para salvar una vida, tales como infartos cardíacos o embolias vasculares, los primeros auxilios pueden demorar mucho tiempo y significar la pérdida de vidas humanas. [5]

En cifras la aplicación de drones, implicaría beneficios en el margen de 82000 millones de dólares para un mercado global en Estados Unidos dentro de un periodo de 10 años, al cual se suman más de 34000 trabajos de manufactura y 70000 nuevos trabajos en los primeros 3 años de la integración dentro de la NAS (National Airspace System), teniendo en cuenta que un 79% de drones serán usados para la agricultura. [6]

De aquí se puede inferir que para un país como Ecuador, donde el campo agrícola represente un alto porcentaje del producto interno bruto, la aplicación de esta tecnología será de vital importancia. Las mencionadas utilidades se deben a que el uso de drones (UAV's), en éstos campos integran ventajas sumamente competitivas tales como: mayor flexibilidad, control más oportuno, suma precisión, acceso rápido y reducción de costes en personal; en comparación con las tecnologías más costosas como la satelital. [7]. Sin embargo para tener independencia tecnológica y mejorar el sector productivo del país es importante que se comience a desarrollar dispositivos aéreos no tripulados con tecnología y experticia ecuatorianos [8].

Algunos de los estudios que se requieren dentro de esta línea de investigación y que se están formulándose en proyectos relacionados con el presente proyecto son [9] [10]:

- i) Estudio tecno-económico y de riesgos para analizar la factibilidad económica y tecnológica de desarrollar estos sistemas en el país,
- ii) Sistemas de control, basados en inteligencia artificial o sistemas de automatización convencionales,
- iii) Sistemas de propulsión
- iv) Fuselaje e integración aerodinámica,
- v) Sistemas de producción de energía y almacenamiento,
- vi) Políticas ambientales y regulaciones aéreas para drones.



## ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

### VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL

Puesto que el estudio es muy amplio, el alcance del presente proyecto se enfoca en cuatro actividades básicas, que se describen a continuación:

#### Actividad 1:

Revisión bibliográfica sobre el estado del arte, generación de base de datos y difusión de modelos ya desarrollados por los investigadores en la EPN. La actividad permitirá recopilar la información de investigaciones llevadas a cabo en institutos de prestigio, sobre éste tema y además desarrollar una base de datos para el estudio de dispositivos aéreos. Puesto que los investigadores han trabajado en ésta área de investigación sobre la evaluación de sistemas de propulsión, la difusión de estos trabajos en conferencias internacionales será llevada a cabo con el fin de dar a conocer lo que la FIM está realizando y atraer colaboración para los proyectos futuros dentro de esta línea de investigación.

#### Actividad 2:

Desarrollo de metodología para el análisis e identificación de variables esenciales Para ello se definirá un marco de trabajo con todos los sistemas que requiere el TERA y las variables que se requieren para el estudio de sistemas aéreos no tripulados. Se analizarán los modelos paramétricos de polución, ruido y políticas de impuestos; la definición de costos de operación directos; los modelos existentes de análisis por misiones y los modelos paramétricos para sistemas energéticos y de propulsión; .

#### Actividad 3:

Simulación, validación de la metodología TERA en base a los diferentes casos de estudio, de tal manera de establecer las características de la metodología TERA considerando las condiciones y realidades del Ecuador, el cual permita la evaluación y optimización de sistemas energéticos y de propulsión. La modelación debe incluir:

- Desarrollar modelos paramétricos de polución, ruido y políticas de impuestos
- Definición de costos de operación directos
- Modelos de análisis por misiones
- Desarrollo de modelos paramétricos para sistemas energéticos y de propulsión.

#### Actividad 4:

Difusión de la Investigación Se difundirá la investigación en congresos nacionales e internacionales, generando al menos dos publicaciones en memorias y/o revistas indexadas.

#### **Citas bibliográficas:**

- [1] Bellocq, P., Pillidis, P., Sethi, (2009) "TERA: Una metodología multidisciplinar para evaluación optimización de sistemas energéticos y de propulsión. Memoria de Trabajos de Difusión científica y técnica, núm. 7, 88-98 (2009) ISSN 1510-7450.
- [2] Nalianda, D. "Impact of environmental Taxation Polices on civil aviation – a Techno-Economic Environmental Risk Assessment" PhD Thesis, School of Engineering, Cranfield University, 2012.
- [3] Mohamed, W. "Techno-Economic, Environmental and Risk Analysis (TERA) for power Generation" PhD Thesis, School of Engineering, Cranfield University, 2013.
- [4] Gayraud, S. "Techno-Economic, Environmental and Risk Analysis (TERA) for power Generation" PhD Thesis, School of Engineering, Cranfield University, 2013.
- [5] Blanks, M. (2014). Unmanned Aircraft Systems, UAS in agriculture., (pp. 25-30,36,50). Kansas State University
- [6] AUVSI. (2013). The Economic Impact of Unmanned Aircraft Systems Integration in the United States. pp.2.
- [7] Esteban A. Valencia, Victor H. Hidalgo, Álvaro Aguinaga, Edgar Cando, Maricela Caldera (2014); Estudio de tecnologías innovadoras para sistemas de propulsión en aeronaves, 2014.
- [8] Esteban A. Valencia, Devaiah Nalianda, Panagiotis Laskaridis, Riti Singh (2014); Methodology to assess the performance of an aircraft concept with distributed propulsion and boundary layer ingestion using a parametric approach, UK.
- [9] E. Valencia, C. Lyu, P. Laskaridis, R. Singh (2013); An alternative configuration for distributed propulsion with boundary layer ingestion on a hybrid wing body airframe.
- [10] E. Valencia, P. Laskaridis, et al. (2015), Review of the Investigation of Innovative Propulsion System Architectures for Aircraft, Revista Politecnica, Vol. 35



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL**

**6.2 Cronograma de trabajo anual: (Descripción)**

- Para cada una de las actividades el % parcial del primer año debe sumarse al % parcial del segundo año para obtener el 100% de cada actividad.

Actividad	Primer Año						TOTAL
	Porcentaje de avance por mes						
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	
Actividad 1	15%	15%	20%	20%	15%	10%	95%
Actividad 2			10%	20%	30%	30%	90%
Actividad 3				10%	10%	10%	30%
Actividad 4					10%	10%	20%
<b>TOTAL</b>							

Actividad	Segundo Año 2						TOTAL
	Porcentaje de avance por mes						
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	
Actividad 1	5%						5%
Actividad 2	5%	5%					10%
Actividad 3	15%	15%	10%	10%	10%	10%	70%
Actividad 4		10%	10%	20%	20%	20%	80%
<b>TOTAL</b>							

**7 Fechas de inicio y fin**

*El proyecto iniciaría en Octubre del 2015 y finalizar en Octubre del 2017*

**8 Tiempo de dedicación de docentes, infraestructura, equipos y fondos adicionales.**



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL

**8.1 Tiempo máximo de dedicación semestral del Director del proyecto, de los docentes participantes y otros colaboradores.**

Proyecto	Director	Colaboradores
PJJ y PIMI	20 HSS	10 HSS

Director: Ing. César Ayabaca Msc  
Colaborador PhD. Esteban Valencia  
Colaborador PhD © Victor Hidalgo

} meses. 3

**8.2 Infraestructura y equipos**

- Inicialmente se dispone de la infraestructura de los laboratorios de computación de la facultad de Ingeniería mecánica y l el software de programación (software libre) para la generación de los modelos paramétricos.
- Se dispone del Laboratorio de Fluidos, para la validación de los modelos, el laboratorio de máquinas herramientas con sus equipos CNC, en los cuales se puede validar y obtener los costos asociados a la fabricación, y el LABINTECDIMP ( Laboratorio de investigación en nuevas tecnologías de diseño manufactura y producción).

**8.3 Breve justificación del equipo requerido**

- Principalmente se solicita 3 computadoras de altas prestaciones, las cuales puedan trabajar en paralelo para formar un clúster robusto, las cuales serán utilizadas en la generación de los modelos paramétricos y la programación

**8.4 Fondos Adicionales**


No se dispone de otros fondos de otros organismos

<b>Presupuesto estimado para la ejecución del presente proyecto (anual)</b>		
<b>Primer Año</b>		
Lista de ítems	Cantidad solicitada (US \$)	Porcentaje (%)
1. Contratación Servicios Personales por Contrato <i>Ayudantes de Investigación</i>		
<b>Subtotal</b>		
2. Maquinaria y Equipos		
<b>Subtotal</b>	15.000,00	18,75 %
3. Reactivos y materiales de laboratorio		
<b>Subtotal</b>	1.000,00	1,25 %
4. Literatura especializada		
<b>Subtotal</b>	2.000,00	2,5%
5. Viajes técnicos y de muestreo		
<b>Subtotal</b>		
6. Presentación de ponencias en congresos internacionales y publicaciones		
<b>Subtotal</b>	10.000,00	12,5%
<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>	28.000,00 + IVA	35,0 %



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL

9 Presupuesto estimado para la ejecución del presente proyecto (anual)		
<u>Segundo Año</u>		
Lista de ítems	Cantidad solicitada (US \$)	Porcentaje (%)
1. Contratación Servicios Personales por Contrato <i>Ayudantes de Investigación</i>		
<b>Subtotal</b>		
2. Maquinaria y Equipos		
<b>Subtotal</b>		
3. Reactivos y materiales de laboratorio		
<b>Subtotal</b>		
4. Literatura especializada		
<b>Subtotal</b>	2.000,00	2,50 %
5. Viajes técnicos y de muestreo		
<b>Subtotal</b>	30.000,00	37,5%
6. Presentación de ponencias en congresos internacionales y publicaciones		
<b>Subtotal</b>	20.000,00	25,00%
<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>	<b>52.000,00 + IVA</b>	<b>65,00%</b>

10 Lugar y Fecha / Firma del Director del Proyecto	
Quito, 10 de Julio del 2015  Nombre: César Ricardo Ayabaca Sarria CC: 1710915594	 <b>Firma del Director</b>

DECLARACION DEL JEFE DE DEPARTAMENTO	
Esta propuesta ha sido aprobada por el Consejo del Departamento/Instituto ..... al que pertenece el <b>Director del Proyecto</b> , en Sesión del ..... mediante Resolución No. .... y las instalaciones, incluyendo personal, edificios, equipo y recursos financieros están a disposición del aplicante de acuerdo con las especificaciones que se encuentran en esta aplicación.	
_____ JEFE DEL DEPARTAMENTO/INSTITUTO Nombre: CC:	_____ Lugar y fecha