



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
VICERECTORADO DE  
INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL

PSD 574-22-



Reformado

PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN (Internos, Semilla, Junior, Senior, Externos): Semilla

Área del proyecto:	Ciencias Básicas <input type="checkbox"/>	Ciencias Aplicadas <input type="checkbox"/>
FACULTAD:	Ingeniería Eléctrica y Electrónica	
DEPARTAMENTO:	Departamento de Automatización y Control Industrial	
LINEA DE INVESTIGACIÓN:	Control Electrónico de Energía Eléctrica	

1	<b>Proyecto de Investigación</b>
	<b>Título:</b> Sistema de electrónica de potencia para almacenamiento y gestión de la energía eléctrica en una plataforma autónoma móvil con alimentación desde múltiples fuentes de energía para aumentar su tiempo de autonomía.
	<b>Resumen del proyecto (máximo 200 palabras)</b> <p>El presente proyecto se enmarca en el desarrollo de sistemas de electrónica de potencia que manejen diversas fuentes: como la energía de la red, energías renovables (sistemas fotovoltaicos, eólicos, etc.), ultra capacitores, baterías. El sistema de electrónica de potencia permitirá realizar el almacenamiento y la gestión de la energía eléctrica dentro de una plataforma autónoma móvil, como un punto de partida para el estudio de este tipo de sistemas en vehículos eléctricos.</p> <p>Dentro del proyecto se realizará el estudio del arte de las topologías de sistemas con múltiples flujos de energía, así como el desarrollo de las estrategias de control de dichas topologías. Se hará hincapié en aplicaciones para vehículos eléctricos y plataformas autónomas móviles.</p> <p>Se plantea una siguiente fase de experimentación dividida en dos partes. En la primera se realizará el diseño y la modelación de un sistema orientado a una plataforma autónoma móvil que permita el gestión y almacenamiento de energía utilizando baterías de polímero de litio, ultra capacitores, celdas solares y la red eléctrica, además del controlador electrónico de velocidad con freno regenerativo, todo este sistema permitirá conseguir que la plataforma autónoma móvil posea un tiempo de autonomía de al menos una hora. En la segunda parte se realizará la implementación de los sistemas propuestos en una plataforma autónoma móvil real.</p>
	<b>Palabras clave (3-5):</b> Cargador de Baterías, Energías Renovables, Convertidores de Potencia Bidireccionales.



<b>4</b>	<p><b>Objetivos, hipótesis y resultados esperados de esta propuesta de investigación</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- <b>Objetivos</b></li><li>- Realizar el análisis de la situación actual de plataformas autónomas móviles, cargas asociadas a las mismas y tiempos de autonomía necesarios para el cumplimiento de una misión.</li><li>- Diseñar y modelar un sistema de electrónica de potencia que permita almacenar y gestionar la energía provenientes desde varias fuentes para cubrir las necesidades energéticas dentro de una plataforma autónoma móvil y conseguir un tiempo de autonomía de al menos una hora.</li><li>- Implementar el sistema de electrónica de potencia desarrollado en una plataforma autónoma móvil real.</li><li>- <b>Hipótesis</b></li><li>- Si se desarrolla en una plataforma móvil un sistema de electrónica de potencia para almacenamiento y gestión de la energía eléctrica con alimentación desde múltiples fuentes de energía, entonces será posible aumentar su tiempo de autonomía.</li><li>-</li><li>- <b>Resultados esperados</b></li><li>- Al menos un artículo técnico (paper)</li><li>- Al menos un taller o seminario dirigido a estudiantes y docentes</li><li>- Proyectos de Titulación<ul style="list-style-type: none"><li>o Control de Carga de Baterías y Ultra capacitores en una plataforma autónoma móvil</li><li>o Desarrollo de un controlador electrónico de velocidad con freno regenerativo para una plataforma autónoma móvil.</li></ul></li><li>- <b>Potenciales Usuarios</b></li><li>- Empresas desarrolladoras de sistemas de alimentación para vehículos eléctricos</li><li>- Empresas o entidades públicas relacionadas con la implementación de sistemas eléctricos híbridos es decir que contemplen más de una fuente de alimentación</li></ul>
----------	---





**5 Relevancia de esta propuesta de investigación con los objetivos científicos del departamento y su Línea de Investigación.**

Las Líneas Prioritarias de Investigación del DACI, sin excluir otras, son las siguientes:

- *Control Electrónico de Energía Eléctrica (CEEE)*, dirigida a la conversión estática para aplicaciones en sistemas de energías alternativas y regenerativas.
- *Automatización e Instrumentación (AI)*, dirigida al control de procesos industriales, control distribuido con sistemas SCADA, control en tiempo real, y control predictivo.
- *Robótica y Mecatrónica (RM)*, dirigida a los sistemas mecatrónicos, aplicaciones robóticas tanto académicas, industriales o militares y los sistemas inteligentes.

Por tanto, el presente Proyecto de Investigación se enmarca dentro de las Líneas de Investigación planteadas en el DACI, ya que está orientado a desarrollar investigación aplicada tendiente a la obtención de resultados innovadores tanto teóricos como prácticos en las áreas de diseño, análisis e implementación de convertidores de potencia alimentados desde diversas fuentes de energía, los cuales están dentro de la línea de investigación de Control Electrónico de Energía Eléctrica.

Dentro de las áreas estratégicas que promueve el gobierno ecuatoriano se encuentra el desarrollo de generación y gestión de energía proveniente de fuentes renovables para aliviar el consumo energético proveniente desde plantas de generación termoelectrica así como para abastecer a sectores donde no es accesible la energía proveniente del sistema interconectado. Los resultados obtenidos en el presente proyecto bien pueden ser posteriormente orientados a la gestión de sistemas residenciales alimentados desde la red y desde fuentes de energía renovable.

A nivel mundial cada día se incrementa la demanda de vehículos eléctricos y dentro de estos el sistema de gestión de la energía resulta un campo de alto interés para investigadores, por lo que el encontrar soluciones tecnológicas de punta a estas problemáticas debe ser prioritario para los grupos de investigación ecuatorianos.

Por todo lo expuesto anteriormente, con el presente proyecto se vinculará al DACI con el medio externo respondiendo a una necesidad actual, social y real. Ya que este tipo de soluciones tecnológicas a nivel mundial se encuentra en fase de investigación y desarrollo y en el futuro cercano la realización de este tipo de tecnología en el país permitirá disminuir la dependencia internacional, fortaleciendo la matriz productiva.

Es importante recalcar que este proyecto está alineado al Objetivo 11 del Plan Nacional del Buen Vivir: "Establecer un sistema económico social, solidario y sostenible", bajo la política:

- Política 11.9. Promover el acceso a conocimientos y tecnologías y a su generación endógena como bienes públicos.

**6 Descripción del proyecto, metodología, cronograma de trabajo y justificación del equipo requerido**

- Descripción del proyecto (Máximo una carilla)

El estudio de sistemas de electrónica de potencia alimentados desde diversas fuentes de energía constituye actualmente un campo de investigación prioritario dentro de varias aplicaciones como es el: desarrollo de redes inteligentes, desarrollo de sistemas de generación alternativa, vehículos eléctricos, plataformas móviles [1], en estas últimas además de gestionar la energía eléctrica se aumenta el tiempo de autonomía.





# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

## VICERECTORADO DE

### INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL



Dentro del campo de vehículos eléctricos se tiene sistemas constituidos por baterías, ultra capacitores, pilas de combustible, alimentación de la red y energía proveniente de realizar frenado regenerativo por lo que es necesario diseñar e implementar sistemas de electrónica de potencia que gestionen la energía eléctrica proveniente de esta variedad de fuentes de alimentación [2] y la lleven hacia la carga, en este caso la tracción del vehículo y demás componentes electrónicos necesarios para su funcionamiento. En el caso de sistemas residenciales compuestos por fuentes de energía renovable, baterías y la red se tiene sistemas análogos [3], por lo que se plantea que los resultados de este proyecto permitirán realizar posteriormente nuevas investigaciones.

En el presente proyecto se plantea responder a las necesidades energéticas de una plataforma autónoma móvil (PAM) real[4], la plataforma presentará entre otras cargas: un manipulador para la recolección de objetos, una cámara para la determinación de trayectorias, un computador de abordó, el sistema de tracción y los demás componentes electrónicos y mecánicos que permitan el buen funcionamiento de la PAM .

Con el fin conseguir un tiempo de autonomía de al menos una hora se plantea la incorporación de celdas fotovoltaicas en la superficie de la PAM [5], además de la incorporación de baterías de polímero de litio seleccionadas por su capacidad, tamaño y peso, en forma paralela se hará uso de ultra capacitores (ampliamente utilizados en automóviles eléctricos) que servirán de apoyo al suministro de energía en caso que se produzca un requerimiento brusco de corriente por las condiciones de la operación del vehículo.

Se desarrollará dentro del proyecto el controlador electrónico de velocidad (ESC) [6, 7] el cual administra la transferencia de energía desde las baterías o ultra capacitores hacia la carga o desde ésta hacia los ultra capacitores, entendiéndose por carga la potencia requerida por motores. Además, el ESC se encargará de controlar el sistema de tracción diferencial para tomar acciones como control de velocidad y dirección de acuerdo a los requerimientos del sistema.

Dentro del proyecto se realizará el análisis de las arquitecturas de potencia para realizar el control de sistema de alimentación con múltiples flujos de energía [8], en este caso energía proveniente de la red, de las celdas fotovoltaicas, de los ultra capacitores y del frenado regenerativo. Después de escoger la mejor arquitectura para el caso del manipulador móvil se realizará su modelado previo a la implementación. La arquitectura contemplará el cargador de baterías, el controlador para ultra capacitores, el manejo de celdas solares en el punto de máxima potencia y el controlador electrónico de velocidad con freno regenerativo.

#### BIBLIOGRAFÍA:

[1] Ehsani, M.; Gao, Y; Emadi, A., "Modern Electric, Hybrid Electric and Fuel Cell Vehicles"; 2nd ed., CRC Press, 2010

[2] Raga, C.; Barrado, A.; Quesada, I.; Lazaro, A.; Anocibar, C.; Sierra, J.F.; "Analysis and comparison of four regenerative power distribution architectures based on fuel cell, supercapacitors and batteries", 34th Annual Conference of Industrial Electronics. IECON 2008. Pp: 545-550

[3] Ehsan Behrouzian, Konstantinos D.Papastergiou, " A hybrid photovoltaic and battery energy storage system for high power grid-connected applications ", Power Electronics and Applications (EPE), 2013 15th European Conference on, 10.1109/EPE.2013.6631920

[4] "Análisis, diseño, construcción y control en tiempo real de un robot móvil tipo Shakey en el seguimiento de trayectoria", Ing. Víctor Ricardo Barrientos, Tesis para obtener la Maestría en Tecnología de Computo, Instituto Politécnico Nacional, México, 2008.

[5] Mohamed A. El-Sayed Osama A. Al-Naseem, "Efficient Utilization of Photovoltaic Energy for Supplying of Remote Electric Loads ", Universities Power Engineering Conference (UPEC), Proceedings of 2011 46th International, ISBN: 978-3-8007-3402-3

[6] F. J. Vicandi, P. Álvarez, P. Alkorta, J. A. Cortajarena, J. de Marcos, "Módulo Electrónico para Vehículo Eléctrico (RWM)", SAAEI 2013, Madrid, ISBN: 978-84-15302-60-5

[7] Sai Dinesh P, Ananthapadmanabha J, Aditya K, Balakrishnan Shankar, Vishnu Aravind, Avinash S Nair, Joshua Udar Freeman, "Low Cost and Real Time Electronic Speed Controller of Position Sensorless Brushless DC Motor", Information and Automation for Sustainability (ICIAFs), 2010 5th International Conference on, 978-1-4244-8551-2/10/\$26.00 ©2010 IEEE,





# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

## VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL



[8] C. Raga, A. Barrado, A. Lázaro, H. Miniguano, P. Zumel, M. Sanz, "Análisis y dimensionamiento de arquitecturas de distribución de potencia aplicadas a vehículos propulsados por pilas de combustible", SAAEI 2013, Madrid, ISBN: 978-84-15302-60-5

**- Metodología y diseño de la investigación (Máximo una carilla)**

**Investigación exploratoria:** En una primera aproximación se intenta detectar variables, relaciones y condiciones en las que se da el fenómeno de interés. Se trata de encontrar indicadores que puedan servir para definir con mayor certeza el fenómeno o evento planteado.

**Investigación Descriptiva:** En esta fase se describirán las características más importantes del objeto de estudio con respecto a su comportamiento en diferentes contextos. Se espera conseguir información para desarrollar posibles alternativas de solución al problema identificado.

**Investigación Analítica:** En esta fase se establecerán las relaciones entre las variables que caracterizan el problema a fin de identificar y caracterizar opciones del sistema de electrónica de potencia que permita validar la hipótesis planteada. Se manejarán conceptos como el modelado de los sistemas de almacenamiento de energía y control electrónico de velocidad. Además, ésta fase consta del análisis y el diseño de los sistemas de control y topologías para la gestión de energía en plataformas autónomas móviles.

**Fase de Simulación:** Se utilizarán programas informáticos a fin de evaluar y optimizar el desempeño de los sistemas diseñados las simulaciones se implementarán en los programas computacionales MATLAB y PSIM (sin descartar otros). MATLAB permite usar un lenguaje de alto nivel para el cálculo numérico y visualización de datos, mientras que PSIM es un software orientado a la simulación y análisis de circuitos electrónicos de potencia en estado estable y dinámico.

**Fase de Experimentación:** Se implementará el sistema electrónico de potencia para el almacenamiento y la gestión de la energía eléctrica en una plataforma autónoma móvil en base a las características y especificaciones que darán solución al problema de autonomía.

**Fase de Validación:** Se verifican las propuestas teóricas realizadas por medio de los resultados de simulación y experimentación.

Cronograma de trabajo anual

Actividad	2014-2015					
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12
Revisión del Estado del Arte, recopilación de información del estado actual de sistemas de gestión de la energía dentro de plataformas autónomas móviles.						
Descripción de las características de cargas asociadas a una plataforma autónoma móvil real, que es en la que se comprobaba la hipótesis planteada.						
Gestión de compra de baterías, ultra capacitores, celdas solares y motores de corriente continua						
Obtención del Modelo para el cargador de baterías y el controlador de celdas fotovoltaicas						
Obtención del Modelo para controlador electrónico de Velocidad y el controlador de carga de ultra capacitores.						
Diseño de Algoritmo de Control para el cargador de baterías y el controlador de celdas fotovoltaicas						
Diseño de Algoritmo de Control para controlador electrónico de Velocidad y el controlador de carga de ultra capacitores.						
Simulación de los Algoritmos de control						
Pruebas experimentales del prototipo						
Escrito de reportes finales y proyectos de titulación						



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



	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Justificación del equipo requerido Para el desarrollo del presente proyecto se considera el uso del equipamiento del laboratorio de electrónica de potencia, adicionalmente es necesario considerar elementos que no se posee en el laboratorio y que constituyen el sistema de almacenamiento y gestión de energía así como el sistema de tracción para la Plataforma Autónoma Móvil; estos elementos (sin descartar otros) son: baterías de polímero de litio, ultra capacitores, celdas fotovoltaicas, motores de corriente continua. Adicionalmente es necesario la compra de al menos una licencia del software PSIM para simulación de circuitos de electrónica de potencia así como para el diseño de los controladores, cabe mencionar que este software posee un módulo para el manejo de motores.</li> </ul>
7	<p><b>Fecha de inicio</b> 01 de julio de 2014</p>
8	<p><b>Tiempo dedicación docentes, infraestructura, equipamientos y fondos adicionales.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tiempo de dedicación semestral del Director de proyecto: 220 horas.</li> <li>- Tiempo de dedicación semestral del Profesor Colaborador: 160 horas.</li> <li>- Infraestructura y equipos disponibles para la ejecución del proyecto</li> <li>- Laboratorio de Electrónica de Potencia             <ul style="list-style-type: none"> <li>o Fuentes de Corriente Continua</li> <li>o Analizador de Frecuencia</li> <li>o Analizador de Armónicos</li> <li>o Osciloscopios</li> <li>o Puntas de corriente</li> <li>o Multímetros</li> </ul> </li> </ul>

9	<p align="center"><b>Presupuesto estimado para la ejecución del presente proyecto</b></p> <p>Se recomienda que los costos de los equipos, reactivos y materiales de laboratorio, <b><u>estén sustentados con proformas actuales</u></b></p>	
	Lista de ítems (por favor especifique)	Cantidad solicitada (US \$)
	1. Contratación de pasantes	
	<b>Subtotal</b>	<b>US \$ 900</b>
	2. Equipos	
	PSIM software	2900
	Baterías de Polímero de Litio	1100
	Celdas Fotovoltaicas	433
	Paneles Fotovoltaicos	250
	Modulo de Ultracapacitores	270
	Ultracapacitores Individuales	200
	Motores de DC mas cajas reductoras	700
	<b>Subtotal</b>	<b>US \$ 5853</b>
	3. Reactivos y materiales de laboratorio	
	<b>Subtotal</b>	<b>US \$ 1200</b>
	4. Literatura especializada	
	<b>Subtotal</b>	<b>US \$ 500</b>
	5. Viajes técnicos y de muestreo	
	<b>Subtotal</b>	<b>US \$ 500</b>
	6. Presentación de ponencias en congresos internacionales	
	<b>Subtotal</b>	<b>US \$ 1000</b>
		<b>US \$ 9953</b>





ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
VICERECTORADO DE  
INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL



	<b>TOTAL</b> (hasta US\$ 10.000,00 más IVA)	
10	<b>Firma del aplicante</b>	<b>Lugar y Fecha</b>
	 Nombre: MSc. Leonardo Ortega CC: 1720135209	Quito, 22 de Mayo de 2014
<b>DECLARACION DEL JEFE DE DEPARTAMENTO</b>		
<p>Esta propuesta ha sido aprobada por el Consejo del Departamento ....<u>DACI</u>....., en Sesión del...<u>23.10.5/2014</u>... mediante Resolución No. <u>0702</u>.. 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.</p>		
 _____ JEFE DEL DEPARTAMENTO Nombre: <u>MBA. Ana Rodas</u> CC: <u>1705863510</u>		<u>Quito, 16/16/2014</u> (lugar y fecha)