



## PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Proyecto Interno  Proyecto Semilla  Proyecto Junior  Proyecto Multi e Inter Disciplinario

Investigación Básica  Investigación Aplicada  Investigación Pedagógica  Innovación

### DEPARTAMENTO(S):

1. Departamento de Automatización y Control Industrial (DACI)

### LINEA(S) DE INVESTIGACIÓN:

1. Control y Aprovechamiento de la Energía / Calidad y Uso eficiente de la Energía Eléctrica
2. Control y Aprovechamiento de la Energía / Control Electrónico de Potencia
3. Control y Aprovechamiento de la Energía / Energías Renovables

### 1 Proyecto de Investigación

#### Título:

**“ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE PLATAFORMAS DE DESARROLLO DIGITALES MODERNAS PARA SER UTILIZADOS EN APLICACIONES CON CONVERTIDORES ESTÁTICOS DE ENERGÍA”**

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

En la actualidad los semiconductores de potencia que son parte de las diferentes topologías de convertidores estáticos de energía, tienen la capacidad de operar a altas frecuencias y potencias. Para poder trabajar en estos puntos de operación es necesario procesar tanto las señales de medición como las de información de forma digital y así mismo a una alta velocidad y volumen. Hasta hace algunos años éste procesamiento digital se lo hacía por medio de sistemas microprocesados mediante programación secuencial, sin embargo debido justamente a la cantidad de información a procesar en corto tiempo estos sistemas digitales ya no son suficientes para las aplicaciones requeridas en la conversión estática de la energía. Como solución a este problema digital de procesamiento ultra-rápido de información hoy en día se tiene diferentes alternativas de plataformas de desarrollo digitales con microcontroladores y/o microprocesadores en operación en paralelo con FPGA's. El presente proyecto pretende realizar un estudio de las diferentes alternativas de plataformas de desarrollo digitales y escoger las más adecuadas para aplicaciones en convertidores estáticos de energía y sus aplicaciones. Como aplicación particular se pretende definir una plataforma digital en la cual sea posible realizar mediciones de voltaje y corriente eléctrica y de posición angular, acondicionando las señales con ADC- $\Delta\Sigma$ .

El presente proyecto servirá además como apoyo a otros proyectos de investigación y de titulación.

Palabras clave (4-6): Sistemas Embebidos (Embedded Systems), Plataformas de Desarrollo Digitales (Digital Development Kits), Procesamiento Digital de Señales e Información (Digital Signal Processing), Conversores Análogo/Digitales Delta-Sigma (ADC- $\Delta\Sigma$ )



## 5 **Objetivos, relevancia, productos y resultados esperados de esta propuesta de investigación**

### 5.1 **Objetivos**

#### 5.1.1 **Objetivo General**

- Estudiar e Implementar Plataformas de Desarrollo Digitales Modernas para ser Utilizadas en Aplicaciones con Convertidores Estáticos de Energía

#### 5.1.2 **Objetivos Específicos**

- a. Realizar un estudio de las diferentes plataformas de desarrollo digitales existentes en el mercado mundial y que podrían ser usadas en aplicaciones con convertidores estáticos de energía
- b. Seleccionar plataformas de desarrollo digitales basadas en microcontroladores ( $\mu C$ ) con operación en paralelo entre  $\mu C$ 's
- c. Seleccionar plataformas de desarrollo digitales basadas en microprocesadores ( $\mu P$ ) con operación en paralelo con FPGA's (Field Programmable Gate Array: por sus siglas en inglés)
- d. Adquirir el know-how referente a la programación de las plataformas de desarrollo digital
- e. Diseñar e implementar la medición de la corriente eléctrica por medio de transformadores de efecto hall y por medio de resistencias inmunes en un amplio rango a los cambios de temperatura
- f. Diseñar e implementar la medición de voltaje por medio de sistemas diferenciales
- g. Diseñar e implementar la medición de la posición angular por medio de encoder's incrementales con salida tipo pulso y tipo sinusoidal
- h. Diseñar e implementar la conversión análoga/digital tanto con DAC tipo estándar como tipo  $\Delta\Sigma$ .
- i. Comparar la operación de los DAC tipo estándar y tipo  $\Delta\Sigma$
- j. Implementar el procesamiento digital de las señales sensadas dentro de las plataformas de desarrollo digital
- k. Diseñar e implementar la conversión digital/análoga (DAC) dentro de la plataforma de desarrollo digital para presentar en pines de salida y monitorear en línea las señales por medio de un osciloscopio
- l. Diseñar e implementar diferentes técnicas de Modulación por Ancho de Pulso (PWM por sus siglas en inglés) dentro de la plataforma de desarrollo digital a diferentes frecuencias (desde valores bajos hasta altas frecuencias para convertidores estáticos de energía: aprox. 50kHz).
- m. Diseñar e implementar diferentes protocolos de comunicación para la interacción con software especializados de monitoreo (por ejemplo LabView de National Instruments)
- n. Desarrollar e implementar tanto dentro como fuera de las plataformas de desarrollo digital las interfaces necesarias para su uso posterior en el control de convertidores estáticos de energía y sus diferentes aplicaciones

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

El Plan Nacional del Buen Vivir 2013 – 2017, en el punto 5.1.2 menciona “En el marco de la estrategia de acumulación, distribución y redistribución, el desarrollo de las fuerzas productivas se centra en la formación de talento humano y en la generación de conocimiento, innovación, nuevas tecnologías, buenas prácticas y nuevas herramientas de producción”

Así mismo, “la posibilidad de alcanzar una estructura productiva basada en el conocimiento tecnológico depende, en gran parte, de la inversión en investigación, desarrollo e innovación (I+D+i).

Dentro de este contexto, las universidades enfrentan un proceso de transformación y mejoramiento, estableciendo condiciones para su desarrollo y construcción de la calidad y excelencia académica.

El Departamento de Automatización y Control Industrial (DACI) de la Escuela Politécnica Nacional (EPN) asume su responsabilidad para ayudar a la transformación sistemática de la matriz productiva aportando, desde su campo de acción, en el ámbito de la investigación científica y tecnológica y en la formación de profesionales que contribuyan al desarrollo de capacidades en el ámbito industrial, permitiendo un esfuerzo integrador de la Academia con los sectores socio-productivos.



La Escuela Politécnica Nacional, de la cual el DACI forma parte es una de las tres universidades clase A, de acuerdo a la última categorización realizada por el CES. En tal sentido es imperativo que, para mantener el prestigio ganado, nos involucremos activamente en fortalecer las capacidades de investigación de los laboratorios para que puedan ser utilizados por entidades públicas o privadas con finalidad social y pública.

De acuerdo a lo expuesto, para mejorar la calidad de vida de la gente es necesario contar con equipos, materiales y herramientas que permitan poder investigar y estudiar, y de esta manera formar profesionales que, una vez que se inserten en la vida profesional, ayuden efectiva y eficazmente a mejorar la matriz productiva del país. Para ello es imprescindible contar con una infraestructura adecuada de laboratorios de investigación y docencia para que las labores, tanto de estudiantes, docentes e investigadores se desarrollen de la mejor manera y contribuyan a un apropiamiento del conocimiento de forma óptima

Los procesos que desarrolla el DACI son:

- a) Proceso de docencia: cuyo resultado es la formación de “académicos y profesionales en ingeniería y ciencias”. Trabaja con el conocimiento y sus usuarios son los estudiantes y el mercado laboral de profesionales.
- b) Proceso de investigación el cual general el “conocimiento científico y tecnológico”. Sus resultados se manifiestan en publicaciones orientadas a la comunidad científica.
- c) Proceso de Vinculación que se encarga de la “interacción con los actores de la sociedad ecuatoriana y la comunidad internacional”, y que cuenta como usuarios a los sectores productivos y sociales.

Actualmente el DACI cuenta con algunas áreas de investigación, dentro de las cuales el área “Control y Aprovechamiento de la Energía” tiene tres líneas de investigación (Calidad y Uso eficiente de la Energía Eléctrica, Control Electrónico de Potencia y Energías Renovables), líneas que se enfocan en las topologías de los convertidores estáticos de potencia y su control en aplicaciones tanto en generación de energía (que incluye las energías renovables), administración de la energía (en todas las modalidades y combinaciones AC y DC) hasta los usos de la energía eléctrica (aplicaciones en procesos industriales, almacenamiento de energía, vehículos eléctricos, etc.). Si bien el laboratorio de “Electrónica de Potencia y Control de Máquinas” es el que administra estas líneas de investigación, no se descarta la participación inter- y multi-disciplinaria con otras áreas de la ingeniería debido a que dichas líneas son de aplicación transversal del saber.

El proyecto busca actualizar en el laboratorio de “Electrónica de Potencia y Control de Máquinas” las plataformas de desarrollo digital para aplicaciones con convertidores estáticos de energía.

Las principales variables que son necesarias para el control de aplicaciones con convertidores estáticos de energía son el voltaje y la corriente eléctricas, así como la posición angular. El proyecto también se enfoca en las diferentes posibilidades de medir estas variables para luego ser procesadas al interior de las plataformas de desarrollo digital. De esta manera estas plataformas de desarrollo digital estarán listas para ser usadas en el control de convertidores estáticos de energía y sus aplicaciones.

Existen diferentes razones para actualizar y fortalecer las capacidades del laboratorio especialmente en el área de control de máquinas. Sin embargo, una de las principales está alineada con las prioridades del Plan Nacional del Buen Vivir.

“4.4 Mejorar la calidad de la educación en todos sus niveles y modalidades, para la generación del conocimiento y la formación integral de personas creativas, solidarias, responsables, críticas, participativas y productivas, bajo los principios de igualdad, equidad social y territorialidad.”

Cabe aclarar que el laboratorio de electrónica de potencia y control de máquinas no cuenta con estas plataformas modernas de desarrollo digital. Para prácticas de laboratorio así como para proyectos finales de titulación los estudiantes traen sus propias tarjetas que son básicas (basadas en un  $\mu\text{C}$  con programación secuencial). El laboratorio en sí no tiene plataformas de desarrollo digital dedicadas para la investigación de control de convertidores estáticos de energía, razón por lo cual es necesario e imperativo adquirir plataformas de desarrollo digital y desarrollar e implementar el resto de hardware y software para ser usadas en la docencia e investigación del control de aplicaciones con convertidores estáticos de energía.



La actualización del laboratorio permitirá realizar una vinculación con el medio externo, tanto a nivel industrial como a nivel de la sociedad en general, al realizar investigación en el campo del control inteligente de máquinas eléctricas. La actualización a implementarse además permitirá que los estudiantes doctorales del DACI realicen sus investigaciones en las áreas y líneas de investigación alineadas al laboratorio.

### 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. Estudio de las diferentes plataformas de desarrollo digitales existentes en el mercado mundial y que podrían ser usadas en aplicaciones con convertidores estáticos de energía  
Selección de plataformas de desarrollo digitales basadas en microcontroladores ( $\mu C$ ) con operación en paralelo entre  $\mu C$ 's
- b. Selección de plataformas de desarrollo digitales basadas en microprocesadores ( $\mu P$ ) con operación en paralelo con FPGA's (Field Programmable Gate Array: por sus siglas en inglés)
- c. El know-how referente a la programación de las plataformas de desarrollo digital
- d. Medición de la corriente eléctrica por medio de transformadores de efecto hall y por medio de resistencias inmunes en un amplio rango a los cambios de temperatura
- e. Medición de voltaje por medio de sistemas diferenciales
- f. Medición de la posición angular por medio de encoder's incrementales con salida tipo pulso y tipo sinusoidal
- g. Conversión análoga/digital tanto con DAC tipo estándar como tipo  $\Delta\Sigma$ .
- h. Comparación de la operación de los DAC tipo estándar y tipo  $\Delta\Sigma$
- i. Procesamiento digital de las señales sensadas dentro de las plataformas de desarrollo digital
- j. La conversión digital/análoga (DAC) dentro de la plataforma de desarrollo digital para presentar en pines de salida y monitorear en línea las señales por medio de un osciloscopio
- k. Modulación por Ancho de Pulso (PWM) dentro de la plataforma de desarrollo digital a diferentes frecuencias
- l. Procesamiento de tareas digitales en paralelo
- m. Protocolos de comunicación para la interacción con software especializados de monitoreo (por ejemplo LabView de National Instruments)
- n. Interfaces necesarios para su uso posterior en el control de convertidores estáticos de energía y sus diferentes aplicaciones.



6	<b>Descripción, metodología y cronograma de trabajo</b>
<b>6.1 Descripción, metodología y diseño del proyecto (Máximo dos carillas)</b>	
<p>El proyecto en una primera instancia realizará un estudio de las diferentes plataformas de desarrollo digitales existen en el mercado mundial de las cuales se escogerá aquellas dedicadas a aplicaciones con convertidores estáticos de energía, esto es diferentes posibilidades de entradas y salidas digitales y análogas, así como rapidez de procesamiento de la información, PWM's y protocolos de comunicación para monitoreo[1], [2]. Existen diferentes alternativas de plataformas de desarrollo digital, unas dedicadas a telecomunicaciones, otras a control y mecatrónica, etc., se escogerán aquellos sistemas embebidos dedicados a aplicaciones con electrónica de potencia y control de máquinas eléctricas[3], [4][5][6][7][8][9].</p>	
<p>De las plataformas de desarrollo digital escogidas, se seleccionará plataformas basadas en microcontroladores (<math>\mu C</math>) con operación en paralelo entre <math>\mu C</math>'s y plataformas basadas en microprocesadores (<math>\mu P</math>) con operación en paralelo con FPGA's. Ambas, ya que cada una tiene sus características de operación y versatilidad. Se realizará la comparación entre ambas tecnologías, especialmente en la manera de programar y manipular la información[10], [11][12][13][14][15].</p>	
<p>Para encaminar las plataformas de desarrollo digital y dejarlas listas para el control de convertidores estáticos de energía y sus aplicaciones, se realizaran las adecuaciones necesarias tanto en hardware como en software. Las adecuaciones son tanto en las entradas de mediciones sensadas como en las salidas a los semiconductores de potencia.</p>	
<p>En el caso de las mediciones se diseñará e implementará la medición de la corriente eléctrica por medio de transformadores de efecto hall y por medio de resistencias inmunes en un amplio rango a los cambios de temperatura. En el caso de la medición de voltaje se lo hará por medio de voltaje diferenciales atenuados. En el caso de la posición angular se adquirirá dos tipos de enconders incrementales (uno salida tipo pulsos y el otro tipo sinusoidales). Con las mediciones realizadas se procederá a acondicionar las señales para los DAC. Los DAC a usarse serán los tipo estándar y los tipo <math>\Delta\Sigma</math> [16] para realizar una comparación entre ambas técnicas y definir cuándo y cual se debería usar (dependiendo de la aplicación). Digitalizadas las señales se las procesa internamente dentro de las plataformas de desarrollo digital para dejarlas lista para el uso posterior en el control de aplicaciones con convertidores estáticos de energía.</p>	
<p>Por otro lado se desarrollará diferentes técnicas de PWM a diferentes frecuencias, desde bajas hasta altas (a niveles de electrónica de potencia, en el orden de los 50kHz) las cuáles serán las salidas de control y se aplicarán como señales de disparo de los semiconductores de potencia[11].</p>	
<p>Para verificar el correcto funcionamiento del procesamiento de la información al interior de las plataformas de desarrollo digital se implementará DAC para enlazar con un osciloscopio y monitorear en línea. Así mismo tantas éstas señales analógicas como las digitales se las podrá monitorear en línea en un software especializado (por ejemplo LabView de National Instruments).</p>	
<p>Luego de realizar pruebas y obtener resultados se aplicaría a la par a algunas conferencias, una internacional del tipo IEEE y una a nivel local por ejemplo la revista politécnica.</p>	



**Bibliografía:**

- [1] D. Perez, J. Balcells, M. Lamich, N. Berbel, J. Zaragoza, and J. Mon, "Training kit for power electronics teaching," in *34th Annual Conference of IEEE Industrial Electronics, 2008. IECON 2008*, 2008, pp. 3541–3545.
- [2] P. Brandstetter, J. Vanek, J. Pumr, and J. Michalik, "Microcomputer control system for industrial electronics applications," in *Applied Electronics, 2009. AE 2009*, 2009, pp. 57–60.
- [3] "High Voltage Single Phase Inverter Development Kit - TMDSHV1PHINVKIT - TI Tool Folder." [Online]. Available: <http://www.ti.com/tool/tmdshv1phinvkkit>. [Accessed: 10-Jul-2015].
- [4] "Digital Power Conversion|Freescale." [Online]. Available: <http://www.freescale.com/webapp/sps/site/overview.jsp?code=APLDIPOCON>. [Accessed: 10-Jul-2015].
- [5] "FPGA CPLD and ASIC from Altera." [Online]. Available: <https://www.altera.com/>. [Accessed: 10-Jul-2015].
- [6] "All Programmable Technologies from Xilinx Inc." [Online]. Available: <http://www.xilinx.com/>. [Accessed: 10-Jul-2015].
- [7] "XMC Development Tools: Kits and Boards - Infineon Technologies." [Online]. Available: <http://www.infineon.com/cms/en/product/microcontroller/32-bit-industrial-microcontroller-based-on-arm-registered-cortex-registered-m/xmc-development-tools-kits-and-boards/channel.html?channel=db3a30433580b3710135a07902883872>. [Accessed: 10-Jul-2015].
- [8] "Linear Technology - Home Page." [Online]. Available: <http://www.linear.com/>. [Accessed: 10-Jul-2015].
- [9] "NI Single-Board RIO General Purpose Inverter Controller (GPIC) - National Instruments." [Online]. Available: <http://www.ni.com/singleboard/gpic/>. [Accessed: 10-Jul-2015].
- [10] M. A. Bevilaqua, A. Nied, and J. de Oliveira, "Labview FPGA FOC implementation for synchronous Permanent Magnet Motor Speed Control," in *2014 11th IEEE/IAS International Conference on Industry Applications (INDUSCON)*, 2014, pp. 1–8.
- [11] Z. Ma and R. Kennel, "FPGA based signal injection sensorless control of SMPMSM using Delta-Sigma A/D conversion," in *2012 IEEE Symposium on Sensorless Control for Electrical Drives (SLED)*, 2012, pp. 1–6.
- [12] D. Vila, M. Pozo, M. Pacas, and J. J. Rodriguez-Andina, "FPGA-based communication module for control of power inverters and drives," in *2014 IEEE 15th Workshop on Control and Modeling for Power Electronics (COMPEL)*, 2014, pp. 1–6.
- [13] L. Gomes, E. Monmasson, M. Cirstea, and J. J. Rodriguez-Andina, "Industrial electronic control: FPGAs and embedded systems solutions," in *IECON 2013 - 39th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, 2013, pp. 60–65.
- [14] E. Monmasson, L. Idkhajine, and M. W. Naouar, "FPGA-based Controllers," *IEEE Ind. Electron. Mag.*, vol. 5, no. 1, pp. 14–26, Mar. 2011.
- [15] M. Dagbagi, L. Idkhajine, E. Monmasson, and I. Slama-Belkhodja, "FPGA implementation of Power Electronic Converter real-time model," in *2012 International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion (SPEEDAM)*, 2012, pp. 658–663.
- [16] "How delta-sigma ADCs work, Part 1 - slyt423.pdf." [Online]. Available: <http://www.ti.com/lit/an/slyt423/slyt423.pdf?keyMatch=adc%20sigma%20delta&tisearch=Search-EN-TechDocs>. [Accessed: 10-Jul-2015].



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

Actividad	Primer Año						TOTAL
	Porcentaje de avance por mes						
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	
Revisión Bibliográfica	40%	30%	20%	10%			100%
Estudio de las diferentes plataformas de desarrollo digital a nivel mundial	50%	50%					100%
Selección de plataformas en base a $\mu C$ 's en paralelo y en base a $\mu P$ 's en paralelo con FPGA's		50%	50%				100%
Aprendizaje del modo de operación de las diferentes plataformas			50%	50%			100%
Medición de corriente eléctrica y su acondicionamiento				50%	50%		100%
Medición de voltaje y su acondicionamiento				50%	50%		100%
Medición de posición y su acondicionamiento					50%	50%	100%
Conversion ADC tipo estándar y tipo $\Delta\Sigma$ de las señales medidas					50%	50%	100%
Implementación de diferentes técnicas de PWM				50%	30%	20%	100%
Conversión DAC				50%	50%		100%
Pruebas y puesta a punto de las plataformas finales según requerimientos de las aplicaciones: identificación y selección de parámetros a operar, pantallas de interface hombre-máquinas, etc.					50%	50%	100%
Evaluación y procesamiento de resultados					50%	50%	100%
Elaboración de publicaciones técnicas y difusión de resultados					50%	50%	100%

**7**

**Fechas de inicio y fin**

Se estima que el proyecto inicié el 1° de febrero del 2016, con una duración de dos años hasta el 31 de enero del 2017



<b>8</b>	<p><b>Tiempo de dedicación de docentes, infraestructura, equipos y fondos adicionales.</b></p> <p><b>8.1 Tiempo máximo de dedicación semestral del Director del proyecto, de los docentes participantes y otros colaboradores.</b></p> <table border="1" data-bbox="596 421 1091 506"><thead><tr><th><i>Proyecto</i></th><th><i>Director</i></th><th><i>Colaboradores</i></th></tr></thead><tbody><tr><td><i>PII y PIS</i></td><td><i>10 HSS</i></td><td><i>4 HSS</i></td></tr></tbody></table> <p><b>8.2 Infraestructura y equipos</b></p> <p>Para el presente proyecto se utilizarán las instalaciones del laboratorio de electrónica de potencia y control de máquinas, el cual tiene la infraestructura necesaria para el diseño, simulación e implementación de los diferentes convertidores de potencia propuestos, así como los instrumentos para mediciones eléctricas (osciloscopios básicos, transformadores de aislamiento, multímetros, etc.) e insumos para las instalaciones (cables con borneras, mesas de trabajo, etc.)</p> <p>Así mismo, en el mencionado laboratorio se dispone de los puntos de energía necesarios para las instalaciones de los equipos que se desea adquirir.</p> <p><b>8.3 Breve justificación del equipo requerido</b></p> <p>Uno de los justificativos del proyecto es la actualización de algunos equipos e insumos necesarios para la investigación en las líneas del DACI y particularmente en las líneas de investigación del laboratorio de electrónica de potencia y control de máquinas (Calidad y Uso eficiente de la Energía Eléctrica, Control Electrónico de Potencia y Energías Renovables). El laboratorio no posee las plataformas de desarrollo digital por lo tanto es imperioso su adquisición para fortalecer tanto la docencia como en especial la investigación en las líneas de investigación del laboratorio.</p> <p>Por lo expuesto, el requerimiento de los equipos, elementos, herramientas e insumos para el presente proyecto se justifica dada la falta de los mismos.</p> <p><b>8.4 Fondos Adicionales</b> N/A</p>	<i>Proyecto</i>	<i>Director</i>	<i>Colaboradores</i>	<i>PII y PIS</i>	<i>10 HSS</i>	<i>4 HSS</i>
<i>Proyecto</i>	<i>Director</i>	<i>Colaboradores</i>					
<i>PII y PIS</i>	<i>10 HSS</i>	<i>4 HSS</i>					

<b>9</b>	<p><b>Presupuesto estimado para la ejecución del presente proyecto (anual)</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- <i>Los costos para la elaboración del presupuesto estimado no deben incluir IVA.</i></li><li>- <i>Las maquinarias y equipos deberán tener una proforma local con un representante autorizado en el país.</i></li><li>- <i>En el caso de PIMI, se deberá aclarar en cual departamento permanecerán las maquinarias y equipos</i></li></ul> <p style="text-align: center;"><b><u>Primer Año</u></b></p>
----------	--





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

Lista de ítems	Cantidad solicitada	Porcentaje (%)
	(US \$)	
<b>1. Contratación Servicios Personales por Contrato</b>		
1 ayudantes de investigación por un periodo de 12 meses	4248,00	28,33%
<b>Subtotal</b>	<b>4248,00</b>	<b>28,33%</b>
<b>2. Maquinaria y Equipos</b>		
Control		
4 Tarjetas de control National Instruments SingleRIO	4775,20	31,84%
1 Tarjetas con FPGA's Altera	454,66	3,03%
2 Tarjetas con FPGA's Xylinx	960,12	6,40%
2 Tarjetas con uC y DSP Texas Instruments a 32bits	3042,92	20,29%
4 Tarjetas con $\mu$ C STM	200,00	1,33%
Medición		
# Tarjetas con conversores A/D a 12, 14 y 16 Bits con 25MHz	10,00	0,07%
2 Tarjetas con conversores A/D SigmaDelta a 25MHz	254,00	1,69%
1 Tarjetas con conversores D/A	177,80	1,19%
9 Transformadores de efecto hall para medición de corriente hasta 30A	22,86	0,15%
9 Tarjetas con resistencia shunt para medición de corriente hasta 30A	22,86	0,15%
9 Tarjetas con medidores diferenciales para medición de voltaje	22,86	0,15%
2 Encoders relativos con salida tipo pulsos (2048 pulsos por rev.)	803,86	5,36%
<b>Subtotal</b>	<b>10747,14</b>	<b>71,67%</b>



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

	<b>3. Reactivos y materiales de laboratorio</b>		
	<b>Subtotal</b>	<b>0</b>	<b>0,00%</b>
	<b>4. Literatura especializada</b>		0,00%
			0,00%
	<b>Subtotal</b>	<b>0</b>	<b>0,00%</b>
	5. Viajes técnicos y de muestreo		0,00%
			0,00%
	<b>Subtotal</b>	<b>0</b>	<b>0,00%</b>
	6. Presentación de ponencias en congresos internacionales y publicaciones		0,00%
			0,00%
	<b>Subtotal</b>	<b>0</b>	<b>0,00%</b>
	<b>TOTAL PRESUPUESTO (SIN IVA)</b>	<b>14995,14</b>	<b>100,00%</b>

<b>10</b>	<b>Lugar y Fecha / Firma del Director del Proyecto</b>	
	Quito, 10 de Julio del 2015  Nombre: Dr.-Ing. Marcelo Pozo P. CC: 1712741675	<b>Firma del Director</b>

<b>DECLARACION DEL JEFE DE DEPARTAMENTO</b>	
Esta propuesta ha sido aprobada por el Consejo del Departamento/Instituto ..... <b>al que pertenece el 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