



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
VICERECTORADO DE  
INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL

PIS-14-24



Formulado

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

Área del proyecto: Ciencias Básicas  Ciencias Aplicadas

FACULTAD: INGENIERIA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL INDUSTRIAL

LINEA DE INVESTIGACIÓN: TÉCNICAS DE CONTROL AVANZADO

1 Proyecto de Investigación

Título:

ESTRATEGIAS DE CONTROL AVANZADO PARA MEJORA DE PROCESOS INDUSTRIALES MULTIVARIABLES NO LINEALES

Resumen del proyecto (máximo 200 palabras)

Los sistemas donde el problema de control adquiere mucha importancia es en los procesos industriales con operación *batch* o *fed-batch* tales como: producción de alimentos, productos de la química y bioquímica, etc. Además el avance de la tecnología ha hecho imprescindible la implementación de sistemas robóticos dentro de los procesos industriales. La tendencia actual no es solo controlar estos sistemas, sino también optimizar los mismos y la necesidad de que estos operen en puntos de equilibrio inestables y de que las variables de estado del sistema sigan una trayectoria temporal determinada. El presente proyecto pretende implementar y desarrollar técnicas de control a sistemas de distinta naturaleza (procesos industriales y sistemas robóticos integrados a la industria), poniendo énfasis en el desarrollo de herramientas que puedan ser aplicadas independientemente de la naturaleza del proceso, con una baja carga computacional, utilizando el Álgebra Lineal. Para lo cual, se plantea resolver problemas reales del control y optimización en procesos industriales como, reactores químicos tipo CSTR (*Continuous Stirred Tank Reactor*) y reactores batch, para lograr una conversión adecuada del producto formado, y mantener al sistema operando alrededor de sus condiciones de estado estacionario. En el área de robótica se pretende utilizar la misma estrategia, controlar el movimiento de una plataforma robótica móvil hacia un objetivo conocido en un entorno con obstáculos estáticos y dinámicos. La finalidad es generar trayectorias que recrearán las condiciones necesarias para el control de sistemas de distinta naturaleza. Finalmente, se propone realizar un estudio formal de estabilidad de los sistemas de control propuestos.

Palabras clave (3-5): Control avanzado, control de procesos y robótica.

ad



4 **Objetivos, hipótesis y resultados esperados de esta propuesta de investigación**

• **Objetivos**

**General:**

Desarrollar estrategias de control inteligentes para mejorar procesos industriales multivariados no lineales, para sistemas de distinta naturaleza mediante técnicas basadas en álgebra lineal o control óptimo.

**Específicos:**

- Diseñar estrategias de control basadas en álgebra lineal para sistemas no lineales multivariados como robots o procesos industriales.
- Diseñar e implementar estrategias de control óptimo para sistemas no lineales multivariados como robots o procesos industriales.
- Ampliar la aplicación de las metodologías desarrolladas para el control de seguimiento de trayectorias, a técnicas de control óptimo.
- Desarrollar y validar algoritmos avanzados, estables y de baja carga computacional para el control de sistemas de distinta naturaleza.
- Estudiar y obtener indicadores que permitan analizar el performance de los procesos estudiados.
- Presentar los resultados obtenidos en congresos y revistas especializadas.
- Formar recursos humanos en investigación, particularmente en Ingeniería de Control en la investigación básica y aplicada a los sistemas mencionados.

• **Hipótesis**

Si se desarrollan estrategia de control inteligentes basado en álgebra lineal o control óptimo, entonces será posible mejorar los procesos industriales multivariados no lineales como operaciones tipo batch o proceso industriales robotizados con la misma estrategia de control.

• **Resultados esperados**

Para procesos industriales:

- Modelo de un reactor CSTR.
- Diseño de un controlador para el seguimiento de trayectoria de los estado de un reactor CSTR

Para sistemas robóticos:

- Desarrollo de un controlador para un manipulador móvil, donde el objetivo es el seguimiento de trayectoria, se consideraran los modelos cinemáticos y dinámicos para el control.

Formación de Recursos humanos:

- Dirección de cuatro proyectos de titulación del departamento de Automatización y Control Industrial de la facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Escuela Politécnica Nacional.

Difusión de los resultados obtenidos:

- Al menos 2 Artículos técnicos.
- Al menos un Seminario o taller dirigido a estudiantes y docentes.

• **Potenciales Usuarios**

- Empresas que requieran automatizar y optimizar sus procesos de producción.
- Empresas con tareas productivas riesgosas para el ser humano, como ambientes de pintura de autos e inspección de reactores.
- Empresas que requieran mejorar la calidad y eficiencia de sus procesos de producción.
- Fuerza armadas, bomberos y policía que requieran implementación de plataformas robóticas móviles en tareas de exploración y rescate.

*CEL*



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
VICERECTORADO DE  
INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL



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:

- **Técnicas de Control Avanzado (TCA) y Control de Procesos Industriales (CPI)**, dirigida al control de procesos industriales, control distribuido con sistemas SCADA y control en tiempo real.
- **Robótica y Mecatrónica (RM)**, dirigida a los sistemas mecatrónicos, aplicaciones robóticas tanto académicas, industriales o militares y los sistemas inteligentes.

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 procesos industriales y de la robótica.

Los procesos de control multivariable poseen un gran interés a nivel industrial, ya que es común que los procesos se vean influenciados por más de una variable a la vez. Las características de no linealidad que presenta el reactor químico, así como su elevado retardo e interacción entre sus entradas y salidas hacen complejo el diseño de su sistema de control. El reactor químico tipo tanque con agitación continua (CSTR) es uno de los más usados en la industria química, debido a que presenta ciertas ventajas que se derivan de la uniformidad de presión, composición y temperatura. Debido a la importancia de estas unidades de proceso y a lo costoso que implica su estudio a partir de plantas piloto, el presente proyecto se enfoca en el diseño de un esquema de control para un reactor tipo tanque continuamente agitado, teniendo el modelo matemático y la simulación por computadora como puntos de apoyo para todo el desarrollo de dicho diseño. Estas temáticas están dentro de las líneas de investigaciones **Técnicas de Control Avanzado (TCA) y Control de Procesos Industriales (CPI)** del DACI.

Otra área de intensa investigación y de interés práctico indudable que influye significativamente en la modernización de los procesos productivos es la robótica, donde el seguimiento de trayectoria cobra mucha importancia. La robótica representa un campo de aplicación importante para los Sistemas de Control, ya que ha generado un creciente impacto en la industria manufacturera y, más recientemente, en la agroindustria y el sector de servicios. Esta plantea el desarrollo de autómatas con altos niveles de destreza y autonomía de movimiento y/o manipulación, lo cual permite su aplicación en sistemas de producción altamente automatizada, tareas y servicios o auxilios en lugares de difícil acceso y ambientes contaminados o riesgosos. Estas aplicaciones han generado un impacto económico y social positivo en los países que las desarrollan. La robótica móvil ha sido desde hace años fuente de varios de trabajos de investigación en general y de tesis doctorales en particular. Gracias a estos trabajos, se han realizado avances en diversas tareas como son: mapeo del entorno, navegación, generación de trayectorias y caminos, detección, evasión e incluso caracterización de obstáculos. Sin embargo, no existe aún una solución general para el problema de la robótica móvil. Para cada entorno hay una solución específica; según el grado de autonomía que se le desee conceder al robot el procedimiento es diferente; y por ende la necesidad de buscar soluciones para optimizar recursos son actualmente investigadas. Esta temática está dentro de la línea de investigación **Robótica y Mecatrónica (RM)** del DACI.

Por todo lo expuesto el presente proyecto tiene claramente una vinculación de las Líneas Prioritarias de Investigación del DACI con el medio y una necesidad actual, social y real, de buscar soluciones reales y tecnológicas que en un futuro serán parte de las empresas a nivel nacional y mundial.

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.

*ar*



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

- Descripción del proyecto (Máximo una carilla)

La mayoría de procesos industriales son procesos multivariados y altamente no lineales, por lo cual son de gran interés a nivel industrial. En los procesos industriales *batch* o *semi-batch*, es necesario que algunas variables del proceso sigan una variación determinada en el tiempo para cumplir con las especificaciones del producto que se desea obtener. Esto se puede traducir a que un estado o todos los estados de un sistema deban cumplir ciertas características de comportamiento. Estas características de comportamiento se pueden plantear como seguimiento de referencia (trayectoria) para que el producto cumpla las características de calidad y tiempos de producción del proceso. El problema de seguir una referencia para los estados de la planta a controlar se puede plantear como un problema de seguimiento de trayectoria que es uno de los problemas principales en la teoría de control (Scaglia et al, 2010a). El objetivo que persigue es que el sistema siga una señal de referencia previamente establecida con energía de control finita y en donde los estados permanezcan acotados y sigan una variación en el tiempo preestablecida.

El presente proyecto pretende implementar estrategias de seguimiento de trayectoria basados en álgebra lineal (Scaglia et al, 2006, Leica et al., 2014), a sistemas de distinta naturaleza como son los procesos químicos (reactores CSTR) y sistemas robóticos ambos muy utilizados en la industria. Se pone énfasis en el desarrollo de herramientas que puedan ser aplicadas independientemente de la naturaleza del proceso. La finalidad es establecer que la problemática de los distintos procesos industriales como, químicos, farmacéuticos, ensamblaje, robóticos, etc., pueden plantearse como seguimiento de referencias por partes de sus estados a ser controlados propios del modelo de cada una de sus procesos (Scaglia 2006). Por lo cual se pretende plantear el problema del control de procesos industriales como un problema de seguimiento de trayectoria, en sistemas que posean dinámicas rápidas o lentas con comportamientos no lineales, que dificultan el análisis y modelado matemático (Scaglia et al 2012a; Aballay, Scaglia 2012b; Scaglia et al, 2014). Uno de estos procesos es el control de un reactor CSTR donde las variables a controlar son la temperatura y el nivel dentro del tanque. Un control exhaustivo de la temperatura es fundamental para minimizar las pérdidas de reactante y producto. Además, en un sistema real, la medición de temperatura resulta mucho más fácil y menos costosa que la medición de concentración. En cuanto al nivel, su importancia es bastante clara y no necesita mayores justificaciones.

Como se mencionó anteriormente, la robótica representa un campo de aplicación importante para los sistemas de control, ya que ha generado un creciente impacto en la industria manufacturera y, más recientemente, en la agroindustria y el sector de servicios. Por lo cual, se diseñarán estrategias de control necesarias para resolver el problema de navegación de estos sistemas robóticos, con una baja carga computacional, utilizando el Álgebra Lineal, poniendo énfasis en el estudio de redundancia del sistema. Trabajos recientes se han enfocado en el desarrollo de controladores avanzados para el correcto funcionamiento de los manipuladores móviles (Andaluz et al., 2010) y grupo de manipuladores en tareas cooperativas para el transporte de objetos (Andaluz and Leica 2012).

En resumen, el presente proyecto está enfocado en aplicar las técnicas desarrolladas a sistemas no lineales y multivariados muy utilizados en la industria. Además se pretende comparar entre las técnicas mencionadas de Álgebra Lineal y los métodos tradicionales de control, para establecer las ventajas de las nuevas estrategias de control propuestas. (Rosales et al 2011; Auat et al 2011; Auat and Scaglia 2012; Rosales, Scaglia et al 2012; Serrano, Scaglia et al 2012; Serrano, Scaglia et al 2013; Rosales, Scaglia, et al 2013). Finalmente, se propone realizar un estudio formal de estabilidad de los sistemas de control propuestos.

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

La metodología a utilizar para llevar a cabo los objetivos planteados responde a los lineamientos generales del método científico diferenciándose en cuatro fases.

**Fase Teórica:** Se estudiarán las distintas metodologías para el seguimiento de trayectoria en sistemas no lineales, en particular, se pondrá énfasis en las técnicas de control basadas en álgebra lineal. Se estudiarán



# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

## VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL



distintos métodos de optimización de las señales de control. Finalmente se desarrollarán algoritmos para implementar las metodologías propuestas.

**Fase de Simulación:** Se simularán los algoritmos propuestos en la fase teórica sobre los modelos de las plantas a trabajar. Para ello se dispone de software de simulación MATLAB y se desarrollarán en el SIMULINK, que es una herramienta de MATLAB que permite modelar, simular y analizar sistemas dinámicos.

**Fase de Experimentación:** En esta fase se realizará el ajuste de los algoritmos de control propuestos sobre los sistemas reales robóticos. Se medirá el desempeño de los algoritmos propuestos. Cabe mencionar que el Departamento DACI cuenta con 2 robots móviles FESTO y un manipulador de 3 grados de libertad para hacer las experiencias en sistemas reales en 2D.

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

Cronograma de trabajo anual

Actividad	Meses					
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12
Estudio y caracterización de procesos industriales multivariables no lineales con operaciones tipo batch o proceso industriales robotizados						
Estudio de distintos métodos de optimización.						
Estudio de las distintas metodologías para el seguimiento de trayectoria en sistemas no lineales.						
Gestionar la compra del equipo						
Diseño de algoritmos de control						
Simulación de algoritmos de control desarrollados						
Pruebas experimentales						
Redacción del informe						
Redacción de trabajos técnicos						
Seminario o taller dirigido a estudiantes y docentes						

- Justificación del equipo requerido

Como se mencionó anteriormente en la fase de experimentación se realizará el ajuste de los algoritmos de control propuestos sobre los sistemas reales y se medirá el desempeño de los algoritmos propuestos. Con lo cual es necesario contar con las plantas para esta fase experimental.

- El DACI cuenta con 2 robots móviles FESTO que será la plataforma del manipulador móvil, además es necesario un manipulador para montarlo sobre la plataforma. El DACI dispone de un manipulador de 3 grados de libertad para hacer las experiencias en sistemas reales, sin embargo este manipulador es un manipulador tipo SCARA que trabaja únicamente en dos ejes XY, por lo cual la fase experimental se ve limitada a trabajar únicamente en una mesa de trabajo, las actuales necesidades industriales requieren de robots que trabajen en un ambientes reales para manipulador objetos a diferentes alturas, por lo que la compra de un robot manipulador para operar en 3 ejes (XYZ) es fundamental para la fase experimental de los algoritmos propuestos, por lo cual se prevé la compra de un brazo robótico con 6 grados de libertad y una pinza de 2 dedos que opere en 3 ejes reales.

*AM*



# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

## VICERECTORADO DE

### INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL



- Este proyecto también pretende controlar un proceso de reactores químicos tipo CSTR (*Continuous Stirred Tank Reactor*), a nivel de simulación. Por lo cual la compra de un simulador de software de reactores químicos tipo CSTR es fundamental para la validación de los algoritmos desarrollados. Esta primera validación permitirá en investigaciones futuras, aplicar el control a plantas reales.

La compra de los equipos y software mencionados permitirá sustentar experimentalmente la propuesta del presente trabajo, con estándares internacionales, que además permitan la publicación de trabajos técnicos en el exterior.

#### Referencias:

- Aballay P. Scaglia G., Vallejo M, Ortiz O., Serrano M, Mengual C., Rómoli, S. (2013). Validation of a Phenomenological Model for the State Variables in the Non-Isothermal Wine Fermentation. En el CD y Libro de Resúmenes del VII Congreso Argentino de Ingeniería Química - CAIQ2013. ISSN 1850-3519 (CD trabs. compls.) y 1850-3500 (libro de res.). V. único, Área 05a-ID1447, p. 44-45. Rosario, Argentina, 20 al 23 de octubre.
- Andaluz V., Roberti F. and Carelli R., (2010), "Robust Control with Redundancy Resolution and Dynamic Compensation for Mobile Manipulators", IEEE-ICIT International Conference on Industrial Technology, pp. 1449-1454.
- Andaluz V., Leica P., Roberti F. and Carelli R., (2012), "Adaptive coordinated cooperative control of multi-mobile manipulator", in the book "frontiers in advanced control systems", Intech, ISBN 978-953-51-0677-7, Croacia.
- Bayle B., Renaud M. and Fourquet J.-Y., (2003), "Nonholonomic Mobile Manipulators: Kinematics, Velocities and Redundancies", Journal of Intelligent and Robotic Systems 36: pp. 45-63.
- Godoy S, Serrano E., Scaglia G., Ortiz O., Secchi H., (2013) "Control de trayectoria basado en Métodos Numéricos aplicado a un biorreactor fed-batch". Congreso RPIC 2013, S. C. de Bariloche, Rio Negro, Argentina.
- Chen M.W. and Zalzada A. M., (1997), "Dynamic modelling and genetic-based trajectory generation for non-holonomic mobile manipulators", Control Engineering and Practice, vol 5, pp. 39-48.
- Khatib O., Yokoi K., Chang K., Ruspini D., Holmberg R., and Casal A., (1996), "Vehicle/Arm Coordination and Multiple Mobile Manipulator", Intelligent Robots and Systems, pp. 546 - 553 vol.2.
- Leica P, Chavez D., Rosales A., Roberti F., Toibero J. M. and Carelli R., (2014), "Strategy based on multiple objectives and null space for the formation of mobile robots and dynamic obstacle avoidance", Revista Politécnica, vol. 33, pag: 88-98. ISSN. 1390-0129.
- Leica P. y Corrales L., (2008), "Algoritmos de inteligencia artificial para sistemas distribuidos robotizados", Conferencia Internacional de la ISA Latinoamérica, intech, issn 1518-6024, Brasil.
- Rosales C., Scaglia G., Brandao A., Sarcinelli M., Carelli R., (2013), Trajectory tracking for a four rotor mini-quadrotor. Simposio Brasileiro de Automatización Inteligente (SBAI 2013). Fortaleza-CE, Brasil.
- Scaglia G., Mut V., Quintero O., di Sciascio F., (2006). "Diseño de un controlador basado en métodos algebraicos: Aplicación a robótica móvil". Trabajo aceptado para su publicación en el XII Latin-American Congress on Automatic Control, CLCA, Salvador - Bahia - Brazil.
- Scaglia G., Mut V., Jordan M., Calvo C., Quintero L. (2008) "mobile robot control based on robust control techniques", Journal of Engineering Mathematics.
- Scaglia, G., Mut, V., Rosales, A., Quintero, O., (2007), "Tracking Control of a Mobile Robot using Linear Interpolation", Proceeding of the 3rd International Conference on Integrated Modeling and Analysis in Applied Control and Automation, IMAACA 2007. vol. 1, pp. 11-15, ISBN: 978-2-9520712-7-7.
- Scaglia G., Quintero L., Mut V., di Sciascio F., (2008), "Numerical Methods Based Controller Design for Mobile Robots", doi:10.1017/S0263574708004669, Published by Cambridge University Press 23.
- Serrano M, Scaglia G., Godoy S., Mut V. and Ortiz O., (2013)a, "Trajectory Tracking of Underactuated Surface Vessels: a Linear Algebra Approach", IEEE transactions on control systems technology, doi: 10.1109/tcst.2013.2271505.
- Serrano M., Scaglia G, Mut V., Ortiz O., Jordan M., (2013)b, "Linear Algebra Based Controller Design: a case study in Underactuated Surface Vessels", Control Engineering and Applied Informatics Journal. Vol.15, No.4 pp. 15-25, 2013. ISSN 1454-8658.

OR



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



	<ul style="list-style-type: none"> <li>Suvire R., Scaglia G., Serrano M., Vega J. and Ortiz O. (2013) Trajectory tracking controller design based on linear algebra with integral action: application to CSTR systems. En el CD y Libro de Resúmenes del VII Congreso Argentino de Ingeniería Química - CAIQ2013. ISSN 1850-3519 (CD trabs. compls.) y 1850-3500 (libro de res.). V. único, Área 01g-ID1391, p. 19-20. Rosario, Argentina, 20 al 23 de octubre.</li> </ul>
7	<b>Fecha de inicio</b> 23 de junio del 2014
8	<b>Tiempo dedicación docentes, infraestructura, equipamientos y fondos adicionales.</b> <b>Tiempo de Dedicación:</b>  <b>Director:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Leica Paulo (Profesor Titular auxiliar a tiempo completo) 220 horas.</li> </ul> <b>Colaboradores:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Yadira Bravo (Profesor Principal) 160 horas.</li> <li>Scaglia Gustavo (Investigador Prometeo) 160 horas.</li> <li>García Ángel (Investigador Prometeo) 160 horas.</li> </ul> <b>Infraestructura y equipos disponibles para la ejecución del proyectos:</b>  El departamento DACI cuenta con los siguientes laboratorios para el desarrollo del proyecto:  <u>Laboratorio de Robótica:</u> ubicado en el primer piso del edificio de aulas y relación con el medio externo. <ul style="list-style-type: none"> <li>Robot Móvil Pioneer 3DX, equipado con una cámara de visión color, 16 ultrasonidos, sensores de ultrasonido, sensor laser y computadora de a bordo y con conexión a internet inalámbrica, en proceso de compra.</li> <li>Cámaras infrarrojas.</li> </ul> <u>Laboratorio de Control y Sistemas:</u> ubicado en el segundo piso del edificio de eléctrica. <ul style="list-style-type: none"> <li>Dos Robots móviles (Robotino FESTO), integrando sensores para la medición de distancias a objetos y para detectar la velocidad del motor. Un sensor anticolidión montado alrededor de la circunferencia en el chasis, indica el contacto con objetos.</li> <li>4 Osciloscopios digitales.</li> <li>Computadores de Escritorio.</li> <li>Cámaras.</li> </ul>

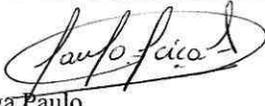
9	<b>Presupuesto estimado para la ejecución del presente proyecto</b>	
	Se recomienda que los costos de los equipos, reactivos y materiales de laboratorio, <u>estén sustentados con proformas actuales</u>	
	Lista de ítems (por favor especifique)	Cantidad solicitada (US \$)
	1. Contratación de pasantes:	
	<b>Subtotal</b>	US \$ 00

*AR*



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



2. Equipos:		
▪ Brazo Robótico con 6 grados de libertad y pinza de 2 dedos. EL robot tiene un alcance de 500 mm incluida la pinza, carga útil de 200 g.		\$ 5500
▪ Software de simulación de procesos <i>batch</i> .		\$1500
<b>Subtotal</b>		US \$ 7000
3. Reactivos y materiales de laboratorio:		
<b>Subtotal</b>		US \$ 00
4. Literatura especializada:		
▪ Instrumentación y control básico de procesos, José Acedo Sánchez, Díaz de Santos, 2006, ISBN 9788479787592.		\$ 130
▪ Instrumentación y Control Avanzado de Procesos, José Acedo Sánchez, Díaz de Santos, 2006, ISBN 9788479787547.		\$150
▪ Functional Analysis, Calculus of Variations and Optimal Control (Graduate Texts in Mathematics), Francis Clarke, ISBN 978-1-4471-4820-3, London 2013.		\$85
▪ Francis Applications to Regular and Bang-Bang Control: Second-Order Necessary and Sufficient Optimality Conditions in Calculus of Variations and Optimal Control (Advances in Design and Control), Nikolay P. and Helmut Maurer., ISBN-13: 978-1611972351.		\$135
<b>Subtotal</b>		US \$ 500
5. Viajes técnicos y de muestreo		
<b>Subtotal</b>		US \$ 500
6. Presentación de ponencias en congresos internacionales		
<b>Subtotal</b>		US \$ 2000
<b>TOTAL</b> (hasta US\$ 10.000,00 más IVA)		US\$ 10.000,00
10	<b>Firma del aplicante</b>	<b>Lugar y Fecha</b>
	 Nombre: Leica Arteaga Paulo CC: 1714829585	Quito; 21 mayo 2014
<b>DECLARACION DEL JEFE DE DEPARTAMENTO</b>		
Esta propuesta ha sido aprobada por el Consejo del Departamento del <u>DACI</u> ....., en Sesión del <u>23 MAYO 2014</u> mediante Resolución No. <u>07-02</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.		
 <b>JEFE DEL DEPARTAMENTO</b> Nombre: <u>Ana RODAS B</u> CC: <u>705863570</u>		
<u>Quito, 16 JUNIO 2014.</u> (lugar y fecha)		

*al*