



## 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 Ingeniería Química (DIQ)
2. Departamento de Automatización y Control Industrial (DACI)
3. Departamento de Ciencia de Alimentos y Biotecnología (DECAB)

### LINEA(S) DE INVESTIGACIÓN:

1. Recursos orgánicos
2. Control Electrónico de Potencia (Código UNESCO # 330699)
3. Ingeniería de procesos (UNESCO 3310.05)

### 1 Proyecto de Investigación

**Título:** Estudio del proceso de extracción y caracterización de inulina a partir tubérculos ecuatorianos por métodos convencionales y no convencionales.

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

La inulina, un polisacárido de fructosa, está presente en más de 30 000 especies de plantas como reserva de energía. Sus usos en la industria alimenticia como edulcorante hipoglicémico, prebiótico, bifidogénico, espumante y estabilizante la convierten en un insumo que debe ser importado al país [4].

Para el desarrollo del presente proyecto se realizará un muestreo y caracterización de tubérculos ecuatorianos como la jícama, el ñame y la malanga; los cuales serán caracterizados mediante análisis de contenido de lípidos, proteínas, carbohidratos totales, fructosa y glucosa. A continuación se evaluará la extracción convencional para obtener las condiciones de operación que arrojen los mejores resultados en rendimiento y pureza de inulina en el extracto. También se realizará un estudio comparativo entre la técnica de extracción convencional y otras no convencionales como la asistida por microondas, ultrasonido y campos eléctricos pulsados. La extracción asistida por campos eléctricos pulsados requiere la construcción de un generador, el mismo que se construirá con la colaboración del Departamento de Automatización y Control Industrial (DACI). La caracterización estructural del producto se realizará mediante la comparación de termogramas y espectros obtenidos por análisis de calorimetría diferencial de barrido (DSC), espectroscopia de infrarrojo (FT-IR) y termo gravimetría (TGA).

#### Palabras clave (4-6):

Inulina, extracción, ultrasonido, microondas, campos eléctricos pulsados.



5	<p><b>Objetivos, relevancia, productos y resultados esperados de esta propuesta de investigación</b></p> <p><b>5.1 Objetivos</b> <b>Objetivo General</b></p> <p>Estudiar el proceso de extracción y caracterización de inulina a partir de tubérculos ecuatorianos por métodos convencionales y no convencionales.</p> <p><b>Objetivos Específicos</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Seleccionar y caracterizar el tubérculo que posea mayor contenido de inulina.</li><li>2. Determinar el efecto de la temperatura y tiempo en el rendimiento y la pureza del extracto de inulina en el proceso de extracción convencional.</li><li>3. Diseñar, simular e implementar un inversor (convertidor AC/DC/AC) y elevador de voltaje para la generación de campos eléctricos pulsados para ser utilizado en la extracción de inulina.</li><li>4. Caracterizar el equipo desarrollado con la capacidad de controlar la intensidad del campo, la duración de los pulsos, el número de pulsos y la frecuencia de los pulsos.</li><li>5. Determinar el efecto de la técnica de extracción en el rendimiento y pureza del extracto de inulina en los procesos no convencionales.</li></ol> <p><b>5.2 Relevancia de esta propuesta de investigación y su relación con la(s) Línea(s) de investigación asociadas.</b></p> <p>La inulina es un polisacárido de fructosa que se produce en las vacuolas de las células de algunas plantas como reserva de energía. El interés industrial por la inulina en el país se ha enmarcado a su utilización dentro la industria alimenticia. Debido a sus propiedades prebióticas y bifidogénicas (no digeribles) se utiliza como fibra en bebidas y alimentos, por su dulzor es ideal como precursor de edulcorantes a base de fructosa y su capacidad de formar gel ha llevado a su utilización en derivados cárnicos o como estabilizante de preparaciones [4]. Actualmente la inulina es un producto que no se produce en el país por lo cual éste tiene que ser importado. El precio del kilogramo de inulina dentro del mercado nacional se estima en ocho dólares mientras que en el mercado internacional su precio promedio es de tres dólares aproximadamente[13]. En el 2014 se importó más de 11 millones de toneladas de almidón, fécula, gluten e inulina, lo que correspondería a más de 7 millones de dólares [13]. Estos productos podrían ser obtenidos mediante la aplicación de nuevas tecnologías en las plantas procesadoras de almidón.</p> <p>El gobierno nacional del Ecuador dentro del Plan Nacional del Buen Vivir ha implementado la política denominada Sustitución Selectiva de las Importaciones encargada de promover el encadenamiento productivo que dinamice el comercio interno y aproveche las oportunidades del comercio exterior. En el 2013 el volumen de inulina exportada a nivel mundial superó las 77 000 toneladas teniendo a Bélgica y Chile como los principales exportadores con el 46 y 18 por ciento respectivamente [14]. Por otro lado, las líneas de investigación, <i>Recursos orgánicos</i> del DIQ e <i>Ingeniería de procesos</i> del DECAB están enfocadas en el aprovechamiento de materiales y compuestos orgánicos mediante la aplicación de nuevas tecnologías para transformar recursos naturales en productos intermedios, los mismos que luego son requeridos por las demás industrias que elaboran productos finales.</p> <p>En la actualidad se investiga a nivel mundial el potencial de la inulina como precursor de nuevos materiales, en tratamientos médicos y liberación lenta de medicamentos debido a sus propiedades anticancerígenas, biocompatibles y fortalecedoras del sistema inmunológico [4]. Sin embargo, en el Ecuador no se ha ido más allá del estudio de la extracción convencional. Por estas razones, este trabajo permitirá profundizar los conocimientos acerca de sus usos, propiedades y recuperación a partir de tubérculos ecuatorianos. Además incluye procesos con nuevas tecnologías no implementadas ni desarrolladas actualmente en el país como la extracción asistida por campos eléctricos pulsados.</p>
---	---



La implementación de ésta técnica relativamente nueva requiere un generador de campos eléctricos, el mismo que puede ser desarrollado por el *Departamento de Automatización y Control Industrial (DACI)* de la carrera de *Ingeniería en Electrónica y Control*: éste departamento posee la línea de investigación *Control electrónico de potencia* que se concentra en la conversión estática de la energía en todas las modalidades y combinaciones desde AC (corriente alterna) hasta DC (corriente continua), así como su control. La colaboración del DACI es de alta relevancia ya que por un lado brinda soporte técnico al proyecto y por otro permite el desarrollo y construcción de equipos electrónicos de potencia a nivel local. Su experiencia permitirá investigar e implementar topologías especiales para el control de pulsos de voltaje para la generación de campos eléctricos pulsados (tanto en amplitud, ancho del pulso como en frecuencia), así como también utilizar tecnología digital de punta como microcontroladores y microprocesadores en la regulación y control digital del sistema.

El conocimiento y experiencia adquiridos con este proyecto permitirán ofrecer una alternativa para la producción de inulina y sus derivados en el país. Los resultados obtenidos podrán utilizarse en futuros proyectos de pregrado, de postgrado o de diseño de plantas industriales. Estudiantes e investigadores ecuatorianos tendrán un punto de partida para iniciar investigaciones en otros sectores como el de nuevos materiales, de farmacia, de medicina o de aplicaciones de campos eléctricos de alta intensidad.

### 5.3 Productos esperados

- |   |                                     |
|---|-------------------------------------|
| a. Publicaciones científicas (obligatorio);   | <input checked="" type="checkbox"/> |
| b. Disertación a la Comunidad Politécnica;  | <input checked="" type="checkbox"/> |
| c. Proyecto de Titulación;  | <input checked="" type="checkbox"/> |
| d. Propuesta de una tesis de grado  | <input type="checkbox"/>            |
| e. Aplicación tecnológica construida o implementada;                                    | <input checked="" type="checkbox"/> |
| f. Patente presentada;  | <input type="checkbox"/>            |
| g. Perfil de proyecto de mayor impacto científico, técnico, pedagógico o de innovación. | <input type="checkbox"/>            |

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

1. Contenido de inulina, grado de polimerización promedio (GP) y contenido de amilosa en el extracto en función del tipo de tubérculo.
2. Rendimiento de inulina en el extracto en función del tiempo y temperatura de extracción.
3. Contenido de amilosa en el extracto en función del tiempo y temperatura de extracción.
4. Temperatura y tiempo de extracción que permitan obtener un extracto con mejor pureza y contenido de inulina en el método convencional.
5. Equipo de extracción asistido por campos eléctricos pulsados. Equipo desarrollado e implementado en el DACI mediante la topología-técnica de inversor-elevador de voltaje para la generación de pulsos de campo eléctrico.
6. Caracterización de las posibilidades de operación del equipo de extracción asistido por campos eléctrico pulsados como: control de la intensidad de campo, duración del pulso, número de pulsos y frecuencia de los pulsos.
7. Contenido de inulina, grado de polimerización promedio (GP) y contenido de amilosa en el extracto en función de la técnica de extracción utilizada.
8. Análisis comparativo entre las técnicas de extracción convencionales y no convencionales.



6	<b>Descripción, metodología y cronograma de trabajo</b>
	<p><b>6.1 Descripción, metodología y diseño del proyecto</b> (Máximo dos carillas)</p> <p>El proyecto contempla cuatro etapas, en la primera se caracterizará y seleccionará el tubérculo con mayor contenido de inulina. A continuación se desarrollarán en forma simultánea el estudio del proceso de extracción convencional y la construcción de un equipo de extracción asistido por campos eléctricos pulsados. Finalmente se estudiarán y compararán la técnica de extracción convencional y las no convencionales.</p> <p><b><i>Muestreo, selección y caracterización del tubérculo con mayor cantidad de inulina para el desarrollo del proyecto</i></b></p> <p>Se realizarán viajes de muestreo para recolectar tres (3) tipos de tubérculos. La malanga, el ñame y la jícama han sido seleccionados por reportar contenido de glúcidos superior al 20 por ciento [8]. Las muestras recolectadas serán lavadas, rebanadas y secadas a temperatura ambiente. Posteriormente se reducirá de tamaño de partícula hasta 3 mm aproximadamente y se extraerán los carbohidratos solubles en agua a una temperatura de 80 grados centígrados, con agitación constante durante 45 minutos [1] [3]. El extracto se hidrolizará y posteriormente se cuantificarán los azúcares reductores por espectrofotometría UV-Visible. El contenido de inulina será estimado mediante la diferencia entre la cantidad de fructosa libre y fructosa total [12]. Además se determinará grado de polimerización (GP) de forma indirecta mediante la relación entre la concentración de fructosa y el peso molecular de la misma. El tubérculo que reporte mayor contenido de inulina y GP más elevado será caracterizado y seleccionado para etapas posteriores. Dicha caracterización consiste en un análisis de contenido de carbohidratos totales, proteínas y lípidos consideradas como impurezas presentes en el extracto.</p> <p><b><i>Efecto de la temperatura y el tiempo en la extracción convencional de inulina</i></b></p> <p>Se seguirá el procedimiento descrito anteriormente hasta obtener un material seco y molido con tamaño de partícula aproximado de 3 mm, posteriormente se someterá el material seco a extracción en agua caliente para lo cual se fijarán la relación solido-líquido en 1:4 y la agitación a 90 rpm. La temperatura se variará en tres diferentes niveles 50, 65 y 80 grados centígrados. Se tomarán alícuotas del extracto durante 60 minutos, para analizar el rendimiento de inulina, contenido de amilosa en el extracto y el GP en función de la temperatura y el tiempo [3]. Posteriormente el extracto se purificará y secará para obtener polvo de inulina. Para la purificación se realizarán operaciones de carbonatación, micro filtración, intercambio iónico y secado: éstas operaciones se realizarán en forma secuencial [3] [5]. Se analizará el polvo obtenido por comparación con espectros de infrarrojo (FT-IR) y Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC) de inulina estándar. Se determinará el grado de polimerización de la inulina mediante un fraccionamiento con mezclas de agua-etanol y centrifugación, seguido de un análisis de cada fracción por cromatografía líquida de alta eficiencia con detector de índice de refracción (HPLC-IR) [10].</p>



### *Construcción del equipo de extracción asistido por campos eléctricos pulsados*

En una primera parte se diseñará, simulará y construirá el generador de campos eléctricos pulsantes. A continuación se realizarán las pruebas del equipo en el laboratorio de *Electrónica de Potencia y Control de Máquinas* de la *Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica*, posteriormente se comprobará el correcto funcionamiento del equipo mediante la caracterización de las condiciones de operación y finalmente se procederá a probar con la aplicación de extracción de inulina en el laboratorio de *Operaciones Unitarias* de la *Facultad de Ingeniería Química* en donde se afinarán los parámetros de control acorde a los requerimientos del proceso.

Para el diseño del generador se desarrollarán dos topologías y/o métodos. La primera iniciará con una etapa inversora en la cual el voltaje y la frecuencia son constantes a la entrada (alimentación normal de la red: 110VAC-60Hz) y posteriormente se los elevan a aproximadamente 440 V (AC) en voltaje y 500 Hz de frecuencia. En este punto se aplicará una etapa de elevación de voltaje mediante la técnica de multiplicador de voltaje por medio de una combinación de diodos-capacitores para obtener diferentes pasos discretos de alto voltaje (múltiplos del valor de la etapa intermedia). Finalmente los pulsos de voltaje se obtendrán mediante el control de semiconductores de potencia (MOSFETs) conectados en serie a la salida. A los MOSFETs se enviará la señal de control para que activen y operen el ancho del pulso (tiempo de operación), el número y frecuencia de pulsos de operación [2].

La segunda topología consistirá en un auto-transformador alimentado por la red (110VAC-60Hz) para elevar el voltaje a niveles variable entre 1000VAC hasta 5000VAC aproximadamente. Luego se tendrá una etapa de conversión AC/DC con inductancias y capacitores en la salida que amortiguará la corriente y voltaje en el bus DC. Finalmente para generar los pulsos de voltaje se adicionará un convertidor DC/AC (puede ser topología tipo H o medio H) compuesto por un juego de semiconductores de potencia para regular tanto el nivel de voltaje de salida así como el ancho del pulso y la frecuencia de los pulsos [11] [9]. Los pulsos de voltaje generados se los aplicará a placas paralelas para la generación del campo eléctrico pulsante. Se propone en principio fijar la distancia entre placas y el área de las mismas, sin embargo por motivos de investigación se variarán estos parámetros para experimentar la influencia tanto del área como la distancia inter-placas en la generación del campo eléctrico pulsante y en la polarización debido al campo eléctrico [15] [18].

Todo el sistema será monitoreado en tiempo real mediante un software especializado de adquisición de datos (por ejemplo LabView de National Instruments) cuyas señales serán previamente sensadas (sensores de voltaje y corriente) y luego acondicionadas mediante conversores análogos /digitales (DAC) para poder ingresar las señales en niveles adecuados según lo requiera el sistema de adquisición de datos (DAQ).

### *Análisis comparativo entre las técnicas de extracción convencionales y no convencionales.*

La metodología a seguir en esta fase será similar a la que se detalló en el método convencional, con la variante de que se reemplazará la extracción convencional por extracción en microondas, por ultrasonido y por campos eléctricos pulsados. En la extracción por microondas se variará la potencia entre 600 y 800 W y se analizará el rendimiento, contenido de amilosa y GP promedio en función de la potencia y el tiempo [16]. La extracción por ultrasonido se realizará en un baño de ultrasonido de amplitud variable. Se analizará el rendimiento, el contenido de amilosa y el GP promedio en función de la amplitud y el tiempo de extracción [7] [7]. Finalmente se utilizará una extracción por campos eléctricos pulsados, ésta se iniciará con un tren de 100 pulsos de intensidad  $500 \text{ V}\cdot\text{cm}^{-1}$ , con una duración de cada pulso de 100  $\mu\text{s}$  y un intervalo entre pulsos de 5 ms. A continuación se variará el número de pulsos entre 100 y 500 y la intensidad de campo entre 500 y 800  $\text{V}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Se analizará el rendimiento, el contenido de amilosa y el GP promedio en función del tiempo, el número de pulsos, la duración del pulso y la intensidad del campo [17].



### Bibliografía

1. Castellanos, N., Rodríguez, M., López, P., López, L., Gutiérrez, F. y Arias, C. (2012). Optimización de los procesos de extracción y fraccionamiento por grado de polimerización de fructanos, obtenidos a partir de Agave "tequilana Weber var. Azul", para la obtención de prebióticos. *Gayana Bot. 69 (Número Especial): 31-39*. Recuperado de [http://www2.udec.cl/~gvalencia/pdf/GB2012\\_69\\_ne\\_Castellanos\\_Perez\\_et al.pdf](http://www2.udec.cl/~gvalencia/pdf/GB2012_69_ne_Castellanos_Perez_et al.pdf). (Junio, 2015)
2. Chang, Y., Tseng, S., Wu, T. y Yang, H. (2008). Narrow pulsed electric field generator using forward / flyback hybrid converters for liquid food processing. *IEEE International Conference on Sustainable Energy Technologies*. doi: 10.1109/ICSET.2008.4747137
3. Fuertes, M. (2014). *Extracción y cuantificación de inulina a partir del ajo*. (Tesis de grado para la obtención del título de ingeniera química). Recuperado de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/2868> (T-UCE-0017-77). (Junio, 2015)
4. Kaur, N. y Gupta, A. (2002). Applications of inulin and oligofructose in health and nutrition. *J. Biosci. 27 703-714*. doi:10.1007/BF02708379
5. Li, H., Zhu, H., Qiao, J., Du, J. y Zhang, H. (2012). Optimization of the main liming process for inulin crude extract from Jerusalem artichoke tubers. *Front. Chem. Sci. Eng. 2012, 6(3): 348-355*. doi:10.1007/s11705-012-1295-0
6. Lingyun, W., Jianhua, W., Xiaodong, Z., Da, T., Yalin, Y., Chenggang, C., Tianhua, F. y Fan, Z. (2007). Studies on the extracting technical conditions of inulin from Jerusalem artichoke tubers. *Journal of Food Engineering 79 (2007) 1087-1093*. doi:10.1016/j.jfoodeng.2006.03.028
7. Milani, E., Koocheki, A. y Golimovahhed, A. (2011). Extraction of inulin from Burdock root (*Arctium lappa*) using high intensity ultrasound. *International Journal of Food Science and Technology, 46, 1699-1704*. doi:10.1111/j.1365-2621.2011.02673.x
8. Phillips, G. O. y Williams, P. A. (2009). *Handbook of hydrocolloids: Inulin* (2da. ed.). Cambridge: Woodhead Publishing Limited. p. 830.
9. Raso, J. (2006). Pulsed Electric Fields Technology for the Food Industry: Fundamentals and Applications. *FOOD ENGINEERING SERIES*. Recuperado de: <http://link.springer.com/search?facet-creator=%22Volker+Heinz%22>. (Junio, 2015)
10. Srinameb, B., Nuchadomrong, S., Jogloy, S., Patanothai, A. y Srijaranai, S. (2015). Preparation of Inulin Powder from Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) Tuber. *Plant Foods Hum Nutr (2015) 70:221-226*. doi: 10.1007/s11130-015-0480-y
11. Syamsiana, I. y Putri, R. (2011) High voltage pulse generator design with voltage control for pulse electric field (PEF) pasteurization. *International Conference on Electrical Engineering and Informatics (ICEEI)*. doi: 10.1109/ICEEI.2011.6021712
12. Ting, A.S. (1956). Rapid colorimetric methods for simultaneous determination of total reducing sugars and fructose in citrus juices. *J. Agric. Food Chem., 1956, 4 (3), pp 263-266*. doi: 10.1021/jf60061a009.
13. Trade map (2014). *Lista de los importadores para almidón y fécula e inulina*. Recuperado de: [http://www.trademap.org/Country\\_SelProductCountry.aspx](http://www.trademap.org/Country_SelProductCountry.aspx) (Junio, 2015)
14. Traub, A. (2013). *Achicoria: precursora de la inulina*. Oficina De Estudios Y Políticas Agrarias de Chile. Recuperado de: [http://www.odepa.cl/wpcontent/files\\_mf/1406041829Inulina201407.pdf](http://www.odepa.cl/wpcontent/files_mf/1406041829Inulina201407.pdf). (Junio, 2015)
15. Wei, L., Ruobing, Z., Liming, W., Jie, W. (2008) Effects of PEF-assisted extraction of anthocyanin in red raspberry. *Annual Report Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena*. doi: 10.1109/CEIDP.2008.4772923
16. Xiao-qing, C., Qin, L., Xin-Yu, J y Fan, Z. (2005). Microwave-assisted extraction of polysaccharides from "solanum nigrum". *J. CENT. SOUTH UNIV. TECHNOL. 2005, 12, 5, 556-560*. doi: 1005 - 9784(2005)05 - 0556 - 05
17. Zhu, Z., Bals, O., Grimi, N. y Vorobiev, V. (2012). Pilot scale inulin extraction from chicory roots assisted by pulsed electric fields. *International Journal of Food Science and Technology, 47, 1361-1368*. doi:10.1111/j.1365-2621.2012.02981.x
18. Zhang, X., Zhang C. y Fang, J. (2008) Simulation of Square Wave Pulsed Circuit for Sterilization Based on MATLAB/SIMULINK. *International Conference on Computer and Electrical Engineering*. doi: 10.1109/ICCEE.2008.87



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

**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	10	5	5	5	5	70
Compra de equipos y reactivos	40	30	30				100
Compra de insumos electrónicos	40	30	30				100
Muestreo y caracterización de tubérculos		40	30	30			100
Diseño del generador de campos eléctricos pulsados		60	40				100
Simulación del generador de campos eléctricos pulsado			50	50			100
Construcción e implementación equipo de extracción asistido por campos eléctricos pulsados				50	50		100
Pruebas y puesta a punto del equipo generador de campos eléctricos pulsados según requerimientos de la aplicación: identificación y selección de parámetros a operar, pantallas de interface hombre-máquinas, etc.				35	35	30	100
Estudio de las condiciones de operación en la extracción convencional				35	35	30	100
<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	
	5	5	5	5	5	5	100
Estudio de las condiciones de operación en la extracción asistida por microondas	35	35	30				100
Estudio de las condiciones de operación en la extracción asistida por ultrasonido	35	35	30				100
Estudio de las condiciones de operación en la extracción asistida por campos eléctricos pulsados	20	20	20	40			100
Evaluación y procesamiento de resultados	10	10	10	20	20	30	100
Elaboración de publicaciones técnicas y difusión de resultados				30	30	40	100
<b>TOTAL</b>							

7

**Fechas de inicio y fin**

Se estima que el proyecto iniciará en febrero del 2016 y culminará en diciembre del 2017.



8

## Tiempo de dedicación de docentes, infraestructura, equipos y fondos adicionales.

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

<i>Investigador</i>	<i>Horas asignadas</i>
Lorena Jaramillo (directora)	20 HSS
Miguel Aldás	10 HSS
Marcelo Pozo	10 HSS

### 8.2 Infraestructura y equipos

- *Indicar la infraestructura y equipos **disponibles** para la ejecución del proyecto*
  - Para el pretratamiento, extracción, caracterización y cuantificación de inulina en la primera y segunda etapa se necesitará un equipo de extracción convencional que incluye baños térmicos, agitadores, material de vidrio y equipos auxiliares que se encuentran disponibles en los laboratorios de Operaciones Unitarias y Química Analítica pertenecientes al DIQ.
  - Para la cuantificación de azúcares reductores se requiere espectrofotómetro UV-Visible que se encuentra en el laboratorio de Análisis Instrumental del DIQ.
  - La caracterización del producto requiere el uso del espectrómetro de infrarrojo, el calorímetro diferencial de barrido y la termobalanza disponibles en el Centro de Investigación Aplicada a Polímeros (CIAP).
  - Para el diseño, la simulación y la construcción del equipo generador de campos eléctricos pulsados se utilizará la infraestructura del laboratorio de “Electrónica de Potencia y Control de Máquinas” del DACI, éste laboratorio cuenta con software, hardware equipos, materiales y aparatos de medición para realizar las pruebas de las diferentes aplicaciones relacionadas con los convertidores estáticos de energía así como su control.

### 8.3 Breve justificación del equipo requerido

- *Justificar la infraestructura y equipos **solicitados** para la ejecución del proyecto*

**Los procesos de extracción no convencional y purificación requieren equipos tales como:**

  - Horno microondas (LG 1.1 SILVER) de potencia variable para la extracción asistida por microondas.
  - Agitador de hélice (EUROSTAR 200) para la extracción convencional y la extracción por ultrasonido.
  - Baños Ultrasónico Digital (BRANZON) y accesorios para la extracción asistida por ondas de ultrasonido.
  - Centrífuga Universal (Z326, 18 000 rpm, 120 V) para micro filtración, fraccionamiento y purificación del extracto de inulina obtenido de acuerdo al grado de polimerización.
  - Estufa de convección forzada (MEMMERT UF160) con control de temperatura para realizar la curva de secado y para obtener polvo de inulina a partir del extracto.
  - Equipos de computación y accesorios para simulación y tratamiento de datos. Además el generador de campos eléctricos pulsados será monitoreado en tiempo real a través de un computador y una interfaz de Labview.

**Para la construcción del equipo generador de campos eléctricos pulsados es necesario elementos e insumos eléctricos y electrónicos para elevar el voltaje y contralar los pulsos, entre ellos tenemos:**

- Transformadores, auto-transformadores, elementos pasivos (resistencias, capacitores, inductancias).
- Semiconductores de potencia (Mosfets e IGBTs) y circuitos de disparo de los semiconductores de potencia (gate drivers)
- Tarjetas de control (con microprocesadores de 32Bit´s), elementos auxiliares (diodos, zeners).
- Equipos auxiliares como fuente de voltaje DC.
- Equipo de protección personal como guantes, gafas y casco para mediano voltaje.

### 8.4 Fondos Adicionales

- *Otros fondos de otros organismos (si los hubiere)*





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

9

**Presupuesto estimado para la ejecución del presente proyecto (anual)**

- Los costos para la elaboración del presupuesto estimado no deben incluir IVA.
- Las maquinarias y equipos deberán tener una proforma local con un representante autorizado en el país.
- En el caso de PIMI, se deberá aclarar en cual departamento permanecerán las maquinarias y equipos

<i><b>EQUIPO</b></i>	<i><b>DESTINO</b></i>
Horno microondas	Laboratorio de operaciones unitarias (DIQ)
Baño de ultrasonido.	Laboratorio de operaciones unitarias (DIQ)
Centrífuga.	Laboratorio de operaciones unitarias (DIQ)
Estufa.	Laboratorio de química analítica (DIQ)
Agitador de hélice	Laboratorio de química analítica (DIQ)
Generador de campos eléctricos pulsados	Laboratorio de operaciones unitarias (DIQ)

**Primer Año**

Lista de ítems	Cantidad solicitada (US \$)	Porcentaje de Ejecución (%)
1. Contratación Servicios Personales por Contrato 2 ayudantes de investigación por un periodo de 12 meses cada uno.	9 336,00	
<b>Subtotal</b>	<b>9 336,00</b>	<b>13,2</b>
2. Maquinaria y Equipos (Primer año)		
Horno microondas convencional	214,29	
Baño de ultrasonido	2 332,00	
Estufa	6 321,00	
Centrífuga	12 015,00	
Agitador de hélice	8 835,00	
Columna para HPLC	1 463,00	
Equipos de computación, accesorios e insumos	1 585,25	
<b>Subtotal</b>	<b>32 765,54</b>	<b>46,2</b>



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

3.	Reactivos y materiales de laboratorio (Primer año)		
	<i>Reactivos para cuantificación y extracción</i>		
	Arseniato de sodio, 100 g	262,54	
	Molibdato de amonio tetrahidratado, 1000 g	570,00	
	Ácido sulfúrico 95-97por ciento; 2,5 L	29,00	
	Carbonato de sodio anhidro; 1000 g	70,00	
	Ferricianuro de potasio, 500 g	63,00	
	Fosfato heptahidrato de sodio, 1000 g	187,00	
	Potasio hexacianoferrato trihidratado, 100 g	36,00	
	Hidróxido de sodio, 1000 g	17,00	
	Ácido clorhídrico fumante, 2.5 L	28,00	
	Etanol absoluto 99.5%, 5 L	40,00	
	Ácido ascórbico, 1000 g	300,00	
	Ácido acrílico, 500 mL	39,00	
	Ácido tartárico, 250 g	65,00	
	Disulfito de sodio, 1000 g	58,00	
	Acrilamida, 500 g	46,00	
	Aciloilo cloruro	492,00	
	Divinilsulfona, 50 mL (158,00 por 10 mL)	790,00	
	Amonio nitrato y cerio (IV), 100 g	253,00	
	Ácido láurico cloruro	86,00	
	4-(Dimetilamino)-Piridina, 100 g	344,00	
	N,N Dimetilacetamida, 1 L	124,00	
	Estándar de inulina HP	170,00	
	Material de vidrio	82,64	
	<i>Insumos eléctricos y electrónicos para la construcción del generador de campos eléctricos pulsados</i>		
	Autotransformador, 0V-240V	1 017,00	
	Transformador,220-660V (1-3)	560,00	
	Bobinas	360,00	
	Fuente, DC regulable	900,00	
	Diodos, HVR-1X-3	440,00	
	Diodos, HVM16	345,00	
	Diodos, AT90PMM3B	32,00	
	IGBTS, IXGH50N120C3, 1200V 50A 20K-50Kh sw	1 650 ,00	
	ZENER, 1N4746A, 18v	25,00	
	Controlador MOSFET, TC4424	29,20	
	Resistencias; 1,1k 10W	88,00	
	Resistencias; 9,1k 10w	63,00	
	Resistencias; 3,9 0,25 w	0,80	
	Capacitores; 1uf 2000v	2 400,00	
	Capacitores; 1uf 4000v	3 800,00	
	Capacitores; 1uf 6000v	7 000,00	
	Capacitores; 100uf 500v	420 ,00	
	DSC STM32F4	180,00	
	Optoacoplador 6N137	151,00	
	Optoacoplador 6N138	204,00	
	Reguladores lm7812	10,70	
	Reguladores lm7805	10,70	
	Reguladores lm7818	27,50	
	SIC MOSFET, C2M0025120D	3 550,00	
	Guantes alto voltaje	260,00	
	Gafas de Protección	120,00	
	<b>Subtotal</b>	<b>27 796,08</b>	<b>39,2</b>
4.	Literatura especializada		
	<b>Subtotal</b>	<b>0,00</b>	<b>0,0</b>
5.	Viajes técnicos y de muestreo (Primer año)	1000,00	
	<b>Subtotal</b>	<b>1 000,00</b>	<b>1,4</b>
6.	Presentación de ponencias en congresos internacionales y Publicaciones (Segundo año)		
	<b>Subtotal</b>	<b>0,00</b>	<b>0,0</b>
	<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>	<b>70 897,00 + IVA</b>	<b>100</b>



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

<u>Segundo Año</u>		
Lista de ítems	Cantidad solicitada (US \$)	Porcentaje de Ejecución (%)
1. Contratación Servicios Personales por Contrato 2 para el segundo año por un período de 6 meses cada uno.	4 668,00	
<b>Subtotal</b>	<b>4 668,00</b>	<b>52,8</b>
2. Maquinaria y Equipos		
<b>Subtotal</b>	<b>0,00</b>	<b>0,0</b>
3. Reactivos y materiales de laboratorio		
<b>Subtotal</b>	<b>0,00</b>	<b>0,0</b>
4. Literatura especializada Inulin and Inulin-Containing Crops (Studies in Plant Science, No. 3) Hardcover – August 11, 1993 by A. Fuchs	518,00	
Extraction Methods in Organic Analysis (Sheffield Analytical Chemistry) Hardcover – May 4, 1999 by Alan J.	651,00	
<b>Subtotal</b>	<b>1 169,00</b>	<b>13,2</b>
5. Viajes técnicos y de muestreo (Primer año)		
<b>Subtotal</b>	<b>0,00</b>	<b>0,0</b>
6. Presentación de ponencias en congresos internacionales y Publicaciones (Segundo año)	3 000,00	
<b>Subtotal</b>	<b>3 000,00</b>	<b>33,9</b>
<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>	<b>8 837,00 + IVA</b>	<b>100</b>

<b>10</b>	<b>Lugar y Fecha / Firma del Director del Proyecto</b>	
	Quito, ..... de ..... del 2015  Nombre: Lorena Jaramillo CC: 1712289311	<b>Firma del Director</b>

<b>DECLARACION DEL JEFE DE DEPARTAMENTO</b>	
<p>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.</p>	
_____ JEFE DEL DEPARTAMENTO/INSTITUTO Nombre: Lucía Montenegro CC:	_____ Lugar y fecha