

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
DATOS INFORMATIVOS

TIPO DE CONVOCATORIA

Proyecto Interno Proyecto Semilla X Proyecto Junior Proyecto Multi e Interdisciplinario

Fecha de presentación (dd/mm/aa): 01/09/17

Título del proyecto: Electrodo nanoestructurado de dióxido de titanio – grafeno: estudio del transporte y recombinación electrónica en soluciones electrolíticas

TIPOS DE INVESTIGACIÓN

Investigación básica X

Investigación aplicada

DEPARTAMENTO(S) Y/O INSTITUCIÓN:

1. Departamento de Física
- 2.

LÍNEA(S) DE INVESTIGACIÓN (verificable en el SAEW):

1. Nanoestructuras
- 2.

RESUMEN DE INFORMACIÓN DEL DIRECTOR Y COLABORADORES

Director				
Apellidos y nombres	No. de Cédula	HSS	Departamento	Título de mayor nivel y mención.
Santacruz Terán Cristian Patricio	1710013853	16	Física	Ph.D.

Codirector <i>(Se aplica para todos los proyectos, el codirector será a su vez colaborador)</i>				
Apellidos y nombres	No. de Cédula	HSS	Departamento	Título de mayor nivel y mención.
Osorio Calvopiña Henry Marcelo	1713303731	4	Física	Ph.D.

Colaborador(es)				
Apellidos y nombres	No. de Cédula	HSS	Departamento	Título de mayor nivel y mención.
Basile Carrasco Leonardo Alberto	1708794332	4	Física	Ph.D.

Colaboradores Externos				
Apellidos y nombres	No. de identificación	HSS	Institución	Título de mayor nivel y mención.

* HSS = Horas Semana Semestre

HOJA DE VIDA DEL DIRECTOR DEL PROYECTO

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Proyecto Interno Proyecto Semilla Proyecto Junior Proyecto Multi e Inter Disciplinario

Investigación Básica

Investigación Aplicada

DEPARTAMENTO(S) Y/O INSTITUTOS:

1. Física
- 2.

LINEA(S) DE INVESTIGACIÓN:

1. Nanoestructuras
- 2.

DISCIPLINA CIENTÍFICA (Marque X, solamente una opción)

Ciencias Naturales y Exactas	X
Ingeniería y Tecnologías	
Ciencias Médicas	
Ciencias Agrícolas	
Ciencias Sociales	
Humanidades	

OBJETIVO SOCIOECONÓMICO (Marque X, solamente una opción)

Exploración y explotación del medio terrestre	
Ambiente	
Exploración y explotación del espacio	
Transporte, telecomunicaciones y otras infraestructuras	
Energía	
Producción y tecnología industrial	
Salud	
Agricultura	
Educación	
Cultura, ocio, religión y medios de comunicación	
Sistemas políticos y sociales, estructuras y procesos	
Defensa	
Avance general del conocimiento: I+D financiada con los Fondos Generales de Universidades (FGU)	X
Avance general del conocimiento: I+D financiados con otras fuentes	



1	Proyecto de Investigación
	Título: Electrodos nanoestructurados de dióxido de titanio – grafeno: estudio del transporte y recombinación electrónica en soluciones electrolíticas
	Resumen del proyecto (máximo 200 palabras) En la actualidad, la demanda energética a nivel mundial es abastecida utilizando fuentes de energía primarias no renovables; las cuales generan una gran cantidad de gases de efecto invernadero. Por tal motivo, existe la necesidad de sistemas eficientes de generación de energía limpios y amigables con el medio ambiente. Una de las opciones promisorias en el futuro mediano son los sistemas fotovoltaicos, ¿Cómo construir estos sistemas?, ¿Cómo hacerlos más eficientes? La respuesta a estas preguntas requieren de un estudio fundamental sobre la conversión de energía solar a energía eléctrica; y en particular de la transferencia y recombinación de carga. En este contexto, la comunidad científica se encuentra estudiando una gran variedad de dispositivos fotovoltaicos existentes. Entre estos se encuentran aquellos a base de pigmentos y materiales co-sensibilizadores usados en las comúnmente denominadas celdas solares sensibilizadas (DSSC's). Así, estudios recientes muestran que el uso de grafeno en DSSC's conlleva a un incremento de su eficiencia; sin embargo, los procesos físicos involucrados en este incremento no han sido completamente entendidos, limitando el desarrollo de celdas solares más eficientes. El presente proyecto tiene como objetivo principal estudiar e identificar los procesos físicos involucrados en el incremento de la eficiencia de la conversión energética en celdas solares cuyos electrodos de dióxido de titanio han sido dopados con grafeno.
	Palabras clave (4-6): transporte electrónico, recombinación de carga, grafeno, celdas solares

2	Objetivos, limitaciones, hipótesis y resultados esperados de esta propuesta de investigación
---	---

2.1 Objetivos

2.1.1 Objetivo General

- Identificar y cuantificar los procesos de transporte y recombinación electrónica causada al adicionar grafeno a electrodos de dióxido de titanio sumergidos en soluciones electrolíticas

2.1.2 Objetivos Específicos

- a. Cuantificar las variaciones en la impedancia compleja de películas de dióxido de titanio con diferentes porcentajes de grafeno en su superficie y en su volumen.
- b. Cuantificar las variaciones de la capacitancia de doble capa de películas de dióxido de titanio con diferentes porcentajes de grafeno en su superficie y en su volumen.
- c. Relacionar los cambios en la respuesta electrónica/iónica de las películas de dióxido de titanio – grafeno con los diferentes mecanismos físicos propuestos para justificar la variación de la eficiencia de celdas solares que utilizan estos electrodos.

2.2 Limitaciones (Aspectos que quedan fuera del alcance del Proyecto de Investigación)

- a. Los estudios no se llevarán a cabo en celdas solares completas, sino que se limita a evaluar la transferencia y transporte de carga en electrodos de dióxido de titanio – grafeno.
- b. Debido a la falta de equipamiento, no se evaluará directamente el tiempo de vida de los electrones en los electrodos de dióxido de titanio, sino que se realizarán medidas indirectas a través de efectos capacitivos y de impedancia.
- c. El rango de frecuencia de las medidas de impedancia estarán limitadas a los equipos disponibles, asegurando medidas en el rango de los 40 Hz a los 100 MHz, es decir en la región electrónica.
- d. El tamaño de los electrodos estará limitado por la máxima corriente medible del potencióstato.



e. No se estudiará la interacción del sistema grafeno/pigmento/dióxido de titanio.

2.3 Hipótesis (Responden al problema de investigación)

a. La inclusión adecuada de grafeno en electrodos de dióxido de titanio favorece la transferencia de carga y reduce los fenómenos de recombinación, incrementado la densidad de portadores de carga en la banda de conducción y aumento de su tiempo de vida.

2.3 Detalle de los resultados esperados (con relación a los objetivos)

- a. Tablas y curvas del cambio de la impedancia de electrodos de dióxido de titanio versus el porcentaje de grafeno.
- b. Tablas y curvas del cambio de la capacitancia de doble capa en electrodos de dióxido de titanio versus el porcentaje de grafeno.
- c. Condiciones de trabajo óptimas para fabricar electrodos de dióxido de titanio con grafeno que mejoren la eficiencia de conversión energética de DSSC's.

3	Relevancia de la propuesta de investigación y su relación con la(s) líneas de investigación
----------	--

La línea de investigación nanoestructuras tiene entre sus objetivos la síntesis de óxidos nanométricos, síntesis de materiales bidimensionales, y el estudio de sus propiedades físicas en sistemas nanoestructurados. El presente proyecto pretende implementar un método de exfoliación de grafeno y fabricar electrodos nanoestructurados dióxido de titanio-grafeno. El desarrollo del proyecto permitirá avanzar en el cumplimiento de estos objetivos impulsando así el desarrollo de esta línea, generando nuevo conocimiento en el transporte y recombinación de carga, y la formación de nuevos investigadores mediante la colaboración de los estudiantes de las distintas carreras de la EPN.

4	Productos esperados
----------	----------------------------

Tipo de Producto:	Marcar con una "X"
a. Publicaciones científicas (obligatorio);	X
b. Disertación a la comunidad politécnica;	
c. Trabajo de titulación de acuerdo a lo que establece el Reglamento de Régimen Académico y la Normativa Interna de la EPN;	X
d. Aplicación tecnológica construida o implementada;	
e. Patente presentada;	
f. Perfil de proyecto de mayor impacto científico, técnico, pedagógico o de innovación.	X

5	Descripción, metodología y diseño del proyecto
----------	---

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

Descripción

El crecimiento demográfico e industrial a nivel mundial demanda grandes cantidades de energía, las cuales son principalmente cubiertas con fuentes de energía no renovables [1, 2]. Estas fuentes energéticas emiten grandes cantidades de gases de efecto invernadero [2]. Como respuesta a esta problemática, la investigación ha volcado su atención al desarrollo de fuentes renovables de energía [3]. De entre estas, las fuentes de energía fotovoltaica han tenido un crecimiento importante desde el año 2009 [2]. Sin embargo, el posicionamiento de las celdas solares como una fuente primaria de energía requiere del desarrollo de sistemas fotovoltaicos eficientes y de



bajo costo [4]. Una de las alternativas son las celdas solares sensibilizadas por pigmentos (DSSC por sus siglas en inglés), las cuales tienen como principal limitación la baja eficiencia de conversión energética.

Estudios previos realizados en el Laboratorio de Materia Condensada de la Escuela Politécnica Nacional demuestran que la incorporación de grafeno en la superficie de los electrodos de dióxido de titanio de las DSSC incrementan su eficiencia entre el 20% al 120%, mientras que la incorporación de grafeno en el volumen del dióxido de titanio reducen la eficiencia entre el 20% al 30%. Sin embargo, otros laboratorios reportan incrementos en la eficiencia de conversión energética al incorporar grafeno en el volumen del electrodo [5-8]; y no existen estudios, hasta lo que conoce el autor, de estudios que añadan grafeno a la superficie del electrodo. La discrepancia entre estos resultados indica que el método de incorporación de grafeno afecta en gran medida el desempeño de una DSSC, ya sea a favor o en su contra. Por lo tanto, deben existir varios procesos físicos involucrados que justifiquen el aumento o la disminución de la eficiencia de las DSSC. Las investigaciones realizadas en el área apuntan a que la adición de grafeno a los electrodos de dióxido de titanio reduce los efectos de recombinación de carga con el electrolito, incrementado la densidad de electrones en la banda de conducción, y por tanto aumentando el voltaje de circuito abierto y la corriente de cortocircuito [5, 8]. Otros estudios sugieren que el grafeno podría actuar como un intermediario en el proceso de transferencia de carga entre el pigmento y el dióxido de titanio, facilitando la transferencia de carga y provocando incrementos en la densidad de electrones [6]. El presente proyecto de investigación pretende identificar los procesos físicos involucrados en la transferencia y transporte de carga de electrodos de dióxido de titanio dopado con grafeno, cuantificar su efecto y determinar las condiciones óptimas de fabricación de electrodos para su posterior uso en DSSC.

Metodología y diseño del proyecto

Exfoliación del grafito [10]

- El grafito mezclado con isopropanol, el cual se someterá a un proceso de exfoliación por corte con la ayuda de un homogeneizador.
- El material exfoliado será separado por centrifugación.
- El sobrenadante constituye las suspensiones de grafeno.
- La concentración de las suspensiones de grafeno será determinada por espectroscopía UV/VIS.
- En caso de ser necesario, la suspensión será concentrada por evaporación al vacío.
- El material exfoliado y el grafito serán caracterizados por espectroscopia Raman e IR

Elaboración de los electrodos dopados en su superficie

- El dióxido de titanio será depositado por serigrafía sobre vidrios conductores y sinterizado con el perfil de temperatura adecuado.
- Las películas de dióxido de titanio serán sumergidas en suspensiones de grafeno a diferente concentración por el mismo tiempo.
- Los electrodos serán lavados con isopropanol para remover el exceso de grafeno que no esté adsorbido sobre el dióxido de titanio.

Elaboración de los electrodos dopados en su volumen

- Las suspensiones concentradas de grafeno serán mezcladas con la pasta de dióxido de titanio previo a su sinterización.
- El dióxido de titanio será depositado por serigrafía sobre vidrios conductores y sinterizado con el perfil de temperatura adecuado.

Análisis de impedancia

- Los electrodos de dióxido de titanio con y sin grafeno serán sumergidos en una solución electrolítica de un par redox de I^-/I_3^-
- Un alambre de platino será sumergido como contraelectrodo cerrando el circuito.
- Inmediatamente se procederá a cuantificar la impedancia compleja del sistema utilizando un medidor de impedancias que trabaje en el rango de 40Hz a 10MHz
- Los mediciones serán hechas por triplicado
- Los resultados serán interpolados utilizando métodos numéricos complejos para encontrar los parámetros de un circuito eléctrico equivalente, cuyas componentes representan el sistema físico.

Análisis de capacitancia de doble capa [11]

- Los electrodos de dióxido de titanio con y sin grafeno serán sumergidos en una solución electrolítica de un par redox de I^-/I_3^-
- Un alambre de platino será sumergido como contraelectrodo cerrando el circuito.



- Se utilizará un par Ag/AgCl como electrodo de referencia.
- Mediante voltametría cíclica se medirá la capacitancia de doble capa del sistema a diferentes velocidades de barrido
- Los espectros serán integrados para cuantificar la variación en la capacitancia del sistema.

Caracterización morfológica de los electrodos

- Los electrodos de dióxido de titanio con y sin grafeno serán sujetos a un análisis morfológico mediante un microscopio de fuerza atómica
- Se determinará la rugosidad, tamaño de grano y tamaño de poro de las superficies de los electrodos

[1] Intertational Energy Agency. (2014). IEA Statistics: CO2 Emissions from fuel combustion. *Intertational Energy Agency*. Edición 2014. 1974 – 2014

[2] Bob Dudley. (2014). BP Statistical Review of World Energy 2014. No. 63. 1952 – 2014.

[3] Intertational Energy Agency. (2014). IEA Technology Roadmap: Solar Photovoltaic Energy. *Intertational Energy Agency*. Edición 2014. 1974 – 2014

[4] Ragoussi, Maria-Eleni; Torres, Tomas. (2015). “New generation solar cells: concepts, trends and perspectives”. *Chem. Commun.*, 51, 3597 – 3972.

[5] Adriano Sacco, Samuele Porro, Andrea Lamberti, Matteo Gerosa, Micaela Castellino, Angelica Chiodoni, Stefano Bianco. (2014). “Investigation of Transport and Recombination Properties in Graphene/Titanium Dioxide Nanocomposite for Dye-Sensitized Solar Cell Photoanodes”. *Electrochem. Acta*, 131, 154-159.

[6] Ewelina Kusiak-Nejman, Agnieszka Wanag, Łukasz Kowalczyk, Joanna Kapica-Kozar, Christophe Colbeau-Justin, María G. Mendez Medrano, Antoni W. Morawski. (2016). Graphene oxide-TiO2 and reduced graphene oxide-TiO2 nanocomposites: Insight in charge-carrier lifetime measurements. *Catalysis Today* 287, 189-195. doi:10.1016/j.cattod.2016.11.008

[7] Leszek Adam Dobrzański, Marzena Prokopiuk vel Prokopowicz, Peter Palček, Aleksandra Drygała, Krzysztof Lukaszewicz, Mariusz Król. (2017). Photoanode of dye-sensitized solar cells based on titanium dioxide with reduced graphene oxide. *Materials Engineering* 24, 1-10

[8] Uea-aree Kanta, Voranuch Thongpool, Weradesh Sangkhun, Nutthapon Wongyao y Jatuphorn Wootthikanokkhan. (2017). Preparations, Characterizations, and a Comparative Study on Photovoltaic Performance of Two Different Types of Graphene/TiO2 Nanocomposites Photoelectrodes. *Journal of Nanomaterials* 2017, 1-13. doi:10.1155/2017/2758294

[9] Guo Li, Mao Liang, Hui Wang, Zhe Sun, Lina Wang, Zhihui Wang, and Song Xue. (2013). Significant Enhancement of Open-Circuit Voltage in Indoline-Based Dye-Sensitized Solar Cells via Retarding Charge Recombination. *Chemistry of Materials* 25 (9), 1713-1722. DOI: 10.1021/cm400196w

[10] Keith R. Paton et al. (2014). Scalable production of large quantities of defect-free few-layer graphene by shear exfoliation in liquids. *Nature Materials* 13, 624-630. .doi: 10.1038/NMAT3944

[11] Hytham Elbohy, Amit Thapa, Prashant Poudel, NirmalAdhikary, Swaminathan Venkatesan, Qiquan Qiaon. (2015). Vanadium oxide as new charge recombination blocking layer for high efficiency dye-sensitized solar cells. *Nano Energy* 13, 368-375. doi:10.1016/j.nanoen.2014.09.008

6 Infraestructura, equipos y fondos adicionales.

6.1 Infraestructura y equipos

- Indicar la infraestructura y equipos disponibles para la ejecución del proyecto, con la ubicación actual de los mismos

Infraestructura	Equipos	
Laboratorio	Nombre del Equipo	Ubicación del Equipo
Laboratorio de Materia Condensada	Spin coating	Laboratorio de Materia Condensada, Departamento de Física
	Sputtering	Laboratorio de Materia Condensada, Departamento de Física



	Sistema caracterización IV	Laboratorio de Materia Condensada, Departamento de Física
	Potenciostato	Laboratorio de Materia Condensada, Departamento de Física
	Baño ultrasónico	Laboratorio de Materia Condensada, Departamento de Física
	Microscopio de fuerza atómica	Laboratorio de Materia Condensada, Departamento de Física
	Sorbona	Laboratorio de Materia Condensada, Departamento de Física
	Sistema de evaporación al vacío	Laboratorio de Materia Condensada, Departamento de Física
Laboratorio de Nuevos Materiales	Espectroscopio Raman	Laboratorio de Nuevos Materiales, Departamento de Materiales
	Medidor de impedancia	Laboratorio de Nuevos Materiales, Departamento de Materiales
Centro de Investigación Aplicada de Polímeros	Espectroscopio FT-IR	Centro de Investigación Aplicada de Polímeros

6.2 Breve justificación del equipo requerido

- *Justificar la infraestructura y equipos solicitados para la ejecución del proyecto e indicar el departamento en el cual se ubicará dicho equipamiento.*

La exfoliación del grafito se la realizará por esfuerzos de corte al someter a una dispersión de grafito a un proceso de homogeneización. Para esto se requiere un homogeneizador de revoluciones variables [10].

6.3 Fondos Adicionales

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



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
PRESUPUESTO PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN



AÑO 1

Director del proyecto	Título del proyecto
Dr. Cristian Santacruz	Electrodos nanoestructurados de dióxido de titanio – grafeno: estudio del transporte y recombinación electrónica en soluciones electrolíticas

Lista de Items	Cantidad	Unidad	Precio Unitario Referencial	Precio Total Referencial	Precio Unitario Referencial - Agotado E26	Precio Total Referencial con IVA y Agotado E26
1 Contratación de servicios personales por contrato						
1.1 Ayudantes de investigación	8	mes	\$ 125,00	\$ 1.000,00	\$ 136,44	\$ 1.091,50
1.2 Prestación de servicios profesionales (Homologado Escala de remuneración de servidores públicos)	0	mes	\$ 986,00	\$ -	\$ 1.104,32	\$ -
Subtotal 1			\$ 1.111,00	\$ 1.000,00	\$ 1.240,76	\$ 1.091,50
2 Maquinaria equipos						
2.1 Homogeneizador	1	unidad	\$ 4.900,00	\$ 4.900,00	\$ 5.488,00	\$ 5.488,00
2.2 Accesorios homogeneizador: 3 cuchillas y herramientas	1	Unidad	\$ 6.402,51	\$ 6.402,51	\$ 7.170,81	\$ 7.170,81
2.3 Contratación de servicios personales por contrato			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
2.4 Item 4 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
2.5 Item 5 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 2			\$ 11.302,51	\$ 11.302,51	\$ 12.658,81	\$ 12.658,81
3 Reactivos y materiales de laboratorio						
3.1 Grafito en polvo	2	kg	\$ 125,03	\$ 250,06	\$ 140,03	\$ 280,07
3.2			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3.3			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3.4			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3.5			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 3			\$ 125,03	\$ 250,06	\$ 140,03	\$ 280,07
4 Laboratorio especializada						
4.1 Item 1 (Detallar nombre del libro)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4.2 Item 2 (Detallar nombre del libro)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4.3 Item 3 (Detallar nombre del libro)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4.4 Item 4 (Detallar nombre del libro)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4.5 Item 5 (Detallar nombre del libro)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 4			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
5 Viajes técnicos y de muestras						
5.1 Pasajes al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
5.2 Viáticos al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 5			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
6 Presentación de ponencias en congresos internacionales y publicaciones						
6.1 Pasajes al exterior				\$ -	\$ -	\$ -
6.2 Viáticos al exterior				\$ -	\$ -	\$ -
6.3 Pago de inscripción y publicaciones			\$ 1.000,00	\$ -	\$ 1.120,00	\$ -
Subtotal 6			\$ 1.000,00	\$ -	\$ 1.120,00	\$ -
TOTAL				\$ 12.552,57		\$ 14.030,38



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
PRESUPUESTO PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN



AÑO 2

Director del proyecto	Título del proyecto
Dr. Cristian Santacruz	Electrodos nanoestructurados de dióxido de titanio – grafeno: estudio del transporte y recombinación electrónica en soluciones electrolíticas

Lista de Items	Cantidad	Unidad	Precio Unitario Referencial	Precio Total Referencial	Precio Unitario Referencial - Apod. IES	Precio Total Referencial - Apod. IES
1. Contratación de servicios personales por contrato						
1.1 Ayudantes de investigación	6	mes	\$ 125,00	\$ 750,00	\$ 136,44	\$ 818,63
1.2 Prestación de servicios profesionales (Homologado Escala de remuneración de servidores publicos)	0	mes	\$ 986,00	\$ -	\$ 1.104,32	\$ -
Subtotal 1			\$ 1.111,00	\$ 750,00	\$ 1.240,76	\$ 818,63
2. Maquinaria equipos						
2.1 Item 1 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
2.2 Item 2 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
2.3 Item 3 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
2.4 Item 4 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
2.5 Item 5 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 2			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3. Reactivos y materiales de laboratorio						
3.1 Item 1 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3.2 Item 2 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3.3 Item 3 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3.4 Item 4 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3.5 Item 5 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 3			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4. Literatura especializada						
4.1 Item 1 (Detallar nombre del libro)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4.2 Item 2 (Detallar nombre del libro)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4.3 Item 3 (Detallar nombre del libro)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4.4 Item 4 (Detallar nombre del libro)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4.5 Item 5 (Detallar nombre del libro)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 4			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
5. Viajes técnicos y de muestreo						
5.1 Pasajes al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
5.2 Viaticos al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 5			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
6. Presentación de ponencias en congresos internacionales y publicaciones						
6.1 Pasajes al exterior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
6.2 Viaticos al exterior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
6.3 Pago de inscripción y publicaciones			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 6			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
TOTAL				\$ 750,00		\$ 818,63



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
PRESUPUESTO PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN



Director del proyecto	Título del proyecto
Dr. Cristian Santacruz	Electrodos nanoestructurados de dióxido de titanio – grafeno: estudio del transporte y recombinación electrónica en soluciones electrolíticas

Presupuesto consolidado sin IVA

AÑO	Contratación de servicios personales por contrato	Muequiaría y equipo	Reactivos y materiales de laboratorio	Literatura especializada	Viajes técnicos y de muestreo	Presentación de ponencias en congresos internacionales y publicaciones	Total sin IVA
1	\$ 1.000,00	\$ 11.302,51	\$ 250,06	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 12.552,57
2	\$ 750,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 750,00
3	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
TOTAL	\$ 1.750,00	\$ 11.302,51	\$ 250,06	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 13.302,57

Presupuesto consolidado con IVA

AÑO	Contratación de servicios personales por contrato	Muequiaría y equipo	Reactivos y materiales de laboratorio	Literatura especializada	Viajes técnicos y de muestreo	Presentación de ponencias en congresos internacionales y publicaciones	Total con IVA
1	\$ 1.091,50	\$ 12.658,81	\$ 280,07	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 14.030,38
2	\$ 818,63	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 818,63
3	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
TOTAL	\$ 1.910,13	\$ 12.658,81	\$ 280,07	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 14.849,00

DECLARACIÓN FINAL

TIPO DE PROYECTO

Proyecto Interno Proyecto Semilla X Proyecto Junior Proyecto Multi e Interdisciplinario

TIPO DE INVESTIGACIÓN

Investigación básica X Investigación aplicada

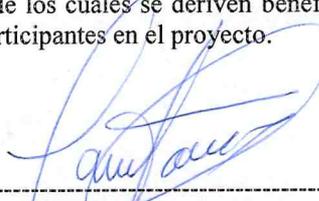
TÍTULO DEL PROYECTO

Electrodos nanoestructurados de dióxido de titanio – grafeno: estudio del transporte y recombinación electrónica en soluciones electrolíticas

DECLARACIÓN DEL DIRECTOR DEL PROYECTO

El equipo de investigadores, representado por el Director del Proyecto declara lo siguiente:

- Que el presente proyecto es una obra original de este equipo de investigadores y por tanto, asumimos la completa responsabilidad legal en caso de que un tercero alegue la titularidad de los derechos intelectuales del proyecto, exonerando a la EPN de cualquier acción legal que se derive por esta causa.
- Que el presente proyecto no ha sido presentado en ninguna convocatoria de otra institución pública o privada solicitando el financiamiento total del presupuesto. El incumplimiento será causal para que el proyecto no sea tomado en consideración.
- Que, todos los bienes adquiridos en el proyecto permanecerán bajo la custodia y responsabilidad del director de proyecto.
- Que, aceptamos que si el proyecto genera algún producto o procedimiento susceptible de obtener de derechos de propiedad intelectual, de los cuales se deriven beneficios, estos serán compartidos entre los investigadores y las instituciones participantes en el proyecto.

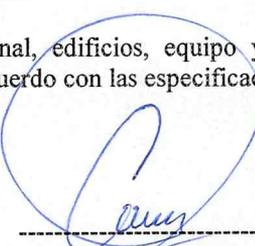


Firma del Director del Proyecto
Nombre: Cristian Santacruz
C.I.: 1710013853

DECLARACIÓN DEL JEFE DE DEPARTAMENTO

Esta propuesta ha sido aprobada y avalada por el Consejo del Departamento de Física, en sesión del día 02-09-2013 mediante resolución No. 2.

Las instalaciones, incluyendo personal, edificios, equipo y recursos financieros están a disposición del proponente y sus colaboradores de acuerdo con las especificaciones que se encuentran en esta propuesta.



Firma del Jefe del Departamento
Nombre: Cesar Costa Vera
C.I.: 1102550801

