

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
VICERRECTORADO DE
INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL



PROYECTO DE INVESTIGACIÓN INTER Y MULTIDISCIPLINARIO

Área del proyecto: Ciencias Básicas Ciencias Aplicadas

FACULTAD: Facultad de Ciencias y Facultad de Ingeniería Mecánica

DEPARTAMENTOS: Departamento de Física y Departamento de Materiales

LINEA DE INVESTIGACIÓN:

Departamento de Física: Nanoestructuras

Departamento de Materiales: Desarrollo de Nuevos Materiales - Materiales Nanoestructurados

1 Proyecto de Investigación

Título: "Deposición y caracterización de películas delgadas nanoestructuradas con propiedades fotovoltaicas, antimicrobianas y anti-incrustantes"

Resumen del proyecto (máximo 200 palabras)

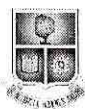
La modificación estructural y superficial a escala nanométrica ha permitido generar una variedad de nuevos materiales con propiedades a la medida. Estas modificaciones incluyen el uso de materiales nanoparticulados que solos o combinados con materiales poliméricos permiten generar películas delgadas nanoestructuradas con propiedades físico-químicas únicas. Estas propiedades permiten un sinnúmero de aplicaciones en diversas áreas, tales como la generación de energía sostenible, la salud y los revestimientos protectores. En este proyecto se depositará películas delgadas fotoactivas, antimicrobianas y anti-incrustantes por medio de spin y dip coating. Estas películas incorporarán en su estructura nano-partículas de metales y óxidos metálicos, diversos polímeros y pigmentos naturales existentes en el Ecuador. La morfología de las películas depositadas se modificará químicamente para controlar sus propiedades físico-químicas y estructurales. Finalmente se efectuará la caracterización morfológica, físico-química, y eléctrica de los materiales obtenidos para el desarrollo de los materiales nano-estructurados descritos. Las técnicas de caracterización incluirán espectroscopia ultravioleta-luz visible (UV-Vis) y de infrarrojo (FTIR), calorimetría diferencial de barrido (DSC), termogravimetría (TGA), microscopía óptica, de infrarrojo y principalmente microscopía de fuerza atómica, caracterización de respuesta voltaje-corriente así como técnicas de caracterización mediante sonda de Kelvin, entre otras. Los resultados a obtener serán difundidos a las comunidades académica, científica e industrial.

Palabras clave (3-5): películas delgadas, celdas fotovoltaicas, películas antimicrobianas, recubrimientos anti-incrustantes, pigmentos naturales

MB



4	<p>Objetivos, hipótesis y resultados esperados de esta propuesta de investigación</p> <p>4.1. Objetivos</p> <p>4.1.1. Objetivo General</p> <p>Desarrollar películas delgadas nano-estructuradas con propiedades fotovoltaicas, antimicrobianas y/o anti-incrustantes.</p> <p>4.1.2. Objetivos Específicos</p> <ul style="list-style-type: none">- Determinar las características físico-químicas de diversos pigmentos naturales existentes en el Ecuador para su potencial uso como elementos fotoactivos en celdas solares fotovoltaicas.- Optimizar los procesos de obtención de nano-partículas y películas delgadas.- Obtener películas delgadas con propiedades antimicrobianas y/o anti-incrustantes mediante deposición de nano-partículas de metales u óxidos metálicos combinadas con polímeros.- Obtener películas delgadas con propiedades fotovoltaicas que utilicen pigmentos naturales como elementos fotoactivos.- Desarrollar e implementar métodos de caracterización de las propiedades morfológicas, conductividad eléctrica superficial, antibacterianas y anti-incrustantes de las películas obtenidas.- Desarrollar e implementar métodos de caracterización de las curvas corriente-voltaje de las celdas construidas. <p>4.2. Hipótesis</p> <p>Existe gran interés de la comunidad científica en desarrollar tecnologías que permitan la generación de energía de manera sostenible, reemplazando el uso de combustibles fósiles y disminuyendo la contaminación y el calentamiento global. Entre las posibilidades para reemplazar este tipo de fuentes de energía se encuentran las celdas fotovoltaicas orgánicas. Una de las actividades del proyecto pretende estudiar diversos pigmentos naturales existentes en el Ecuador, determinar sus características físico-químicas y determinar su eficiencia en la conversión de energía fotovoltaica. El uso de estos pigmentos en celdas fotovoltaicas se base en que:</p> <ul style="list-style-type: none">• <i>Existe una variedad de pigmentos orgánicos naturales entre los que se destacan las betaninas, carotinoides, clorofila y flavonoides que tienen una estructura química que les permite absorber luz en diversas zonas del espectro óptico.</i>• <i>En las condiciones adecuadas, los pigmentos orgánicos pueden liberar un electrón a un material semiconductor y generar corriente eléctrica.</i>• <i>La eficiencia en la liberación de electrones depende de la estructura del pigmento y de la interacción pigmento – semiconductor a través de procesos que aun no están completamente claros.</i>
----------	--



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
VICERECTORADO DE
INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL



	<p>Otra área en la cual ha participado la nanotecnología es la producción de films poliméricos nanocompuestos con diversas propiedades entre las que destacan propiedades antibacterianas y anti-incrustantes. Dichas propiedades se basan en lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none">• <i>La incorporación de nanopartículas metálicas o de óxidos metálicos específicos a un polímero modifica las propiedades superficiales del material nanocompuesto.</i>• <i>Ciertas nanopartículas presentan un determinado grado de toxicidad contra bacterias a través de varios mecanismos como la ruptura de la producción de ATP y daño en la membrana celular.</i>• <i>El arreglo polar – no polar superficial de ciertas nanopartículas embebidas en el polímero provee al material nanocompuesto de características anti-incrustantes.</i> <p>La investigación permitirá determinar el grado de toxicidad contra bacterias que tienen diversas nanopartículas metálicas y óxidos metálicos en sustratos poliméricos, con el fin de potenciales aplicaciones biomédicas y de aseguramiento de inocuidad en medios al cubrirlos con este tipo de films. Por otra parte, se obtendrá recubrimientos nanocompuestos anti-incrustantes, los cuales podrían ser utilizados para proteger estructuras, tales como las de embarcaciones o plataformas petroleras, de los microorganismos que forman las incrustaciones sobre las superficies metálicas.</p>
	<p>4.3. Resultados esperados</p> <ul style="list-style-type: none">- Perfiles de absorción y la energía de los orbitales moleculares (HOMO-LUMO) de diversos pigmentos orgánicos naturales para su uso en celdas solares fotovoltaicas.- Procesos implementados en el laboratorio para la obtención de nanopartículas de metales y óxidos metálicos.- Procesos implementados en el laboratorio para la fabricación de películas delgadas de matriz polimérica combinados con nanopartículas metálicas y óxidos metálicos.- Procesos implementados en el laboratorio para la obtención de películas delgadas con propiedades fotovoltaicas, antimicrobianas y/o anti-incrustantes.- Métodos implementados en el laboratorio para la caracterización morfológica y eléctrica de películas delgadas.- Un texto básico que recopile información bibliográfica sobre materiales nanoestructurados.- Al menos un artículo remitido a una revista internacional y al menos uno remitido a una revista nacional para difundir los resultados del proyecto.
	<p>4.4. Potenciales Usuarios</p> <p>Con los resultados de este proyecto se favorecerán a los siguientes usuarios:</p> <ul style="list-style-type: none">- La comunidad interesada en la generación de energía sostenible, debido a que se utilizarían pigmentos de especies existentes en el Ecuador para obtener energía renovable.- La industria de los plásticos orientada a satisfacer los requerimientos de higiene médica podría ser un usuario de estos nanocompuestos debido a la inocuidad y actividad antimicrobiana que éstos presentan.- La industria del transporte marítimo podría aprovechar las bondades del revestimiento nanocompuesto de propiedades anti-incrustantes que permitiría prevenir el deterioro de los barcos.- La comunidad científica y académica nacional e internacional también se beneficiaría con los resultados del proyecto, los cuales aportarían de manera significativa a los campos de la nanotecnología y la ciencia e ingeniería de materiales.- Las instituciones de educación superior (EPN, UFA-ESPE, YACHAY, entre otros) y los organismos del estado (MEER, INER) que tienen como objetivo incrementar la investigación científica (básica y aplicada) en materia de eficiencia energética y energía renovable.- Los estudiantes de la EPN y de otras instituciones educativas, así como la comunidad de industriales ecuatorianos, serían usuarios del equipamiento que se adquiriría para la ejecución del proyecto. Se capacitarían estudiantes en el área de materiales nanoestructurados y compuestos, métodos de deposición de películas delgadas y microscopía de fuerza atómica
5	<p>Relevancia de esta propuesta de investigación con los objetivos científicos del departamento y su Línea de Investigación</p> <p>El presente proyecto constituye un aporte significativo a los Departamentos de Física y de Materiales de</p>

MBJ



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

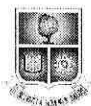
VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL



<p>la EPN puesto que pretende investigar el uso de materiales nano-estructurados multifuncionales con miras a su aplicación en fuentes de energía fotovoltaica, películas antimicrobianas y revestimientos anti-incrustantes. Si bien el uso de compuestos nano-estructurados multifuncionales ha tenido gran desarrollo en países como Brasil, Japón, Estados Unidos y Europa, en Ecuador son pocos los trabajos realizados en esta línea de investigación, a pesar del gran potencial que tiene el país para desarrollar materiales activos que puedan ser usados en estructuras inteligentes.</p> <p>La experiencia a ser adquirida durante la ejecución de este proyecto constituirá un recurso muy valioso para ambos Departamentos, ya que permitiría generar conocimiento científico y técnico en nanotecnología y ciencia e ingeniería de materiales. También contribuye a fortalecer la cultura institucional de investigación aplicada y aporta al desarrollo de los futuros profesionales del país. Por otra parte, este proyecto ayudaría a fortalecer lazos científicos entre la EPN y diversas comunidades académicas relacionadas con el procesamiento de compuestos nano-estructurados, así como también a la elaboración de potenciales productos para aplicaciones industriales. Adicionalmente, la ejecución del proyecto permitiría mejorar el equipamiento de la institución, lo cual haría posible el continuar con la investigación propuesta e iniciar nuevos proyectos a futuro.</p>

6 Descripción del proyecto, metodología, cronograma de trabajo y justificación del equipo requerido
<p>Descripción del proyecto (Máximo una carilla)</p> <p>Es un hecho que la demanda de nuevos materiales con mejores propiedades crece año tras año. Algunos de estos nuevos materiales han sido obtenidos mediante la aplicación de la nanotecnología para satisfacer necesidades y requerimientos en varios campos como la eficiencia energética, la salud, la industria, etc. De entre las diversas áreas de la nanotecnología, las películas delgadas nano-estructuradas han recibido gran atención debido a la posibilidad de modificar sus propiedades superficiales. Esto ha permitido el desarrollo de una gran variedad de aplicaciones. Dentro de estas cabe destacar su uso en celdas solares fotovoltaicas, materiales antibacterianos, y revestimientos anti-incrustantes. [1]</p> <p>Este proyecto conjuga diversas ramas de la ciencia como la química, física y la ingeniería con un fin común que es la obtención de películas nano-estructuradas con propiedades fotovoltaicas, antimicrobianas o anti-incrustantes. Para la obtención de estos materiales se utilizarán dos métodos de deposición de películas delgadas: el spin coating y el dip coating. Estas son técnicas que permiten depositar capas delgadas muy uniformes y prácticamente sin alteraciones marginales.</p> <p>Una parte del proyecto pretende utilizar pigmentos naturales de plantas existentes en el Ecuador y reducir el alto costo que generan los tintes en base de rutenio. [2, 3, 4] Para esto se utilizará la técnica de monocapas autoensambladas (SAMs, self-assembled monolayers), la cual permite la adsorción de capas dieléctricas a escala nanométrica de manera reproducible. Estas capas son relativamente fáciles de obtener y ofrecen la oportunidad de diseñar materiales ultra finos con propiedades físicas predefinidas que son estables en solución o en el vacío. [5]</p> <p>Por otro lado, el proyecto estudiará las propiedades antimicrobianas y anti-incrustantes de nanopartículas dispuestas en una variedad de polímeros. [6, 7, 8] Los polímeros en los que se dispersarán las nanopartículas de plata, oro y óxido de zinc para su deposición podrán ser: epoxi, PEG, PLA, PHBV, EVA, HDPE, LDPE, PP, PS, PVC, Nylon, entre otros. Para controlar las características físico-químicas de las películas obtenidas, se modificará su superficie mediante métodos físicos y químicos como la tiolización, silanización, y rearreglo con temperatura y vapor de solvente SVA (solvent vapor annealing). Esta técnica consiste en la colocación de una muestra dentro de un recipiente en el que un equilibrio vapor-líquido es alcanzable para el disolvente elegido. [9, 10]</p> <p>Todas las películas obtenidas serán analizadas desde el punto de vista físico, mecánico y eléctrico, mediante técnicas de exploración de microscopía de sonda (SPM). Esta técnica permitirá el estudio cuantitativo de una gran variedad de propiedades físico-químicas de las nanoestructuras en un amplio rango de escalas de tiempo y longitud, alcanzando la escala sub-nanométrica. [11, 12] En lo relacionado con las propiedades incluyen la jerarquía de auto-ensamblaje, el reconocimiento molecular de las superficies y la organización de arreglos supra-moleculares.</p>

MB



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

VICERECTORADO DE

INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL



La ejecución de este proyecto apoyará el desarrollo de la nanotecnología al implementar métodos de obtención de nanopartículas de metales y óxidos metálicos, métodos de deposición de películas delgadas y técnicas de análisis de nanoestructuras. Además, los resultados de este proyecto darán lugar a la futura fabricación de prototipos de dispositivos fotovoltaicos, materiales antimicrobianos y anti-incrustantes, siendo este el primer paso hacia el desarrollo de nuevas tecnologías aplicadas a sensores, entre otras cosas.

Cabe indicar que el equipo investigador ha trabajado en los últimos años en temas referente a la correlación entre la morfología y las propiedades electrónicas de los materiales orgánicos para la microelectrónica, así como la textura de la superficie de materiales para la electrónica orgánica, procedimientos de deposición de los materiales utilizados en OPVCs, síntesis de nanopartículas y desarrollo de materiales nanocompuestos.

Metodología y diseño de la investigación (Máximo una carilla)

Se propone desarrollar al menos tres clases de materiales, uno con respuesta fotovoltaica, otro con propiedades antimicrobianas y otro con propiedades anti-incrustantes. Los ensayos se realizarán por medio de un modelo experimental n factorial según se planteen las variables y variantes para cada grupo de experimentos. La metodología consta de los siguientes pasos:

Caracterización de Pigmento Naturales: Se usarán pigmentos de plantas existentes en el Ecuador para su aplicación en material para celdas fotovoltaicas. Estas sustancias serán extraídas en colaboración con la UFA-ESPE y Yachay, y serán caracterizadas mediante espectroscopía FTIR y análisis térmico. El análisis termogravimétrico (TGA) se realizará a fin de determinar la temperatura de degradación del material orgánico. El análisis de calorimetría diferencial de barrido (DSC) permitirá conocer la temperatura de transición vítrea de los materiales, lo cual determinará la temperatura de trabajo de los mismos. Adicionalmente, se buscará separar los componentes orgánicos de los pigmentos mediante cromatografía líquida de alta presión (HPLC).

Para la caracterización de los pigmentos orgánicos naturales se determinará su espectro de absorción UV-Vis y el potencial de oxidación mediante métodos espectrofotométricos y electroquímicos, respectivamente. Con estos datos se determinará los niveles energéticos de los orbitales moleculares HOMO y LUMO.

Método de deposición de películas: Nanopartículas de plata, oro y óxido de zinc serán sintetizadas químicamente para su posterior deposición en diversos sustratos. El tamaño de partícula se determinará mediante dispersión de luz láser (DLS). Se utilizarán diversos sustratos como el SiO_x, grafito, mica, y FTO, sobre los cuales se depositarán sustancias como dióxido de titanio y polímeros combinados con nanopartículas. Sustratos como el SiO_x y mica serán modificados mediante métodos químicos y físicos tales como: tiolización y silanización.

Las sustancias se depositarán sobre el sustrato mediante spin/dip coating. Durante la deposición se utilizarán diferentes sustratos y mezclas de solventes, con miras a controlar la morfología de las películas depositadas. Además, se considerarán diferentes regímenes de deposición (tasa de deposición, velocidad de rotación/extracción del sustrato y tiempo), para optimizar la funcionalidad de las películas.

La morfología de la película obtenida se modificará mediante rearreglo con vapor de solvente. Esto permitirá el transporte de moléculas hasta cientos de micrómetros sobre la superficie, formando estructuras ordenadas por crecimiento y autoensamblaje. Además, cambiando el disolvente, el proceso puede ser invertido, controlando de este modo la morfología del material. Estas técnicas serán empleadas para modular tanto la química de su superficie (terminación polar / no polar) como sus propiedades electrónicas (función de trabajo, la conductividad, la presencia de defectos y trampas electrónicas).

Caracterización morfológica y conductividad eléctrica: Las películas obtenidas serán caracterizadas mediante técnicas de sondas de barrido: microscopía de fuerza atómica (AFM), microscopía de efecto túnel (STM), microscopía de fuerzas de sondas Kelvin (KPFM), que ofrecen información sobre el arreglo a nivel supra-molecular.

Se utilizará el AFM para determinar cambios en la topografía. Se prestará especial atención en la técnica KPFM, que permite evaluar simultáneamente la morfología de la superficie y el potencial eléctrico de nano-objetos con alta resolución espacial y eléctrica. Esta es una técnica no invasiva, lo que significa que la muestra puede ser usada en repetidas ocasiones. [13] La detección a cuatro terminales será empleada para la medición de la conductividad superficial de las películas obtenidas [15].

Caracterización de las celdas fotovoltaicas: Para determinar la eficiencia de las celdas fotovoltaicas, se utilizará un simulador solar clase C, y se medirá las respuestas de voltaje-corriente de las celdas solares en cortocircuito y circuito abierto. La medición de las curvas de corriente voltaje de las celdas solares se llevará a cabo bajo condiciones controladas de temperatura (25°C – 50°C) [2, 3, 4, 16].



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL



Caracterización de la actividad antimicrobiana: Se realizará usando un agar nutritivo sobre el cual se inoculará un microorganismo y se permitirá su crecimiento a condiciones de temperatura definidas por un tiempo preestablecido. La evaluación se realizará por conteo de microorganismos y la curva de muerte. La existencia o no de los mismos evidenciará la capacidad antimicrobiana. [6, 7, 8]

Caracterización de la capacidad anti-incrustante: Se realizará al exponer una pieza metálica cubierta con dicho revestimiento en un ambiente simulado en presencia de microorganismos y agentes que generen incrustaciones. La muestra permanecerá sumergida por un tiempo determinado y se evaluará periódicamente la presencia o ausencia de incrustaciones. [7]

En cada uno de las actividades que se realizarán durante la ejecución del proyecto se llevarán estrictos procesos de seguimiento y verificación para asegurar el cumplimiento de los objetivos y resultados planteados.

Cronograma de trabajo anual:

Año 1

Actividad	MESES					
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12
Revisión bibliográfica	X	X	X			
Adquisición de equipos y reactivos	X	X	X	X		
Caracterización UV-Vis de los pigmentos orgánicos y nanopartículas					X	X
Caracterización electroquímica de los pigmentos orgánicos con y sin nanopartículas			X	X		
Obtención de material nanoparticulado			X	X	X	X
Obtención de películas de material con propiedades antimicrobianas					X	X
Caracterización de materiales			X	X	X	X
Difusión de los resultados obtenidos						X

Año 2

Actividad	MESES					
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12
Adquisición de equipos y reactivos	X	X	X			
Caracterización eléctrica de las películas de dióxido de titanio adsorbidas con pigmentos naturales	X	X	X	X		
Obtención de películas de material con respuesta fotovoltaica		X	X	X		
Obtención de películas de material con propiedades antimicrobianas	X	X	X	X		
Obtención de películas de material con propiedades anti-incrustantes		X	X	X		
Caracterización de materiales	X	X	X	X	X	
Selección de los materiales con mayor potencial para su aplicación	X	X	X	X	X	
Evaluación de resultados y elaboración de prototipos			X	X	X	
Preparación de presentación, material didáctico y artículos			X	X	X	X
Difusión de los resultados obtenidos	X				X	X

Justificación del equipo requerido

La caracterización de materiales es necesaria para la definición de posibles aplicaciones. Es así que la identificación y selección de materiales adecuados dependen de su morfología y características físicas, térmicas y eléctricas a escala nanométrica. Para el desarrollo del presente proyecto se requiere adquirir un microscopio de fuerza atómica, el cual permitirá caracterizar la topografía de los nanomateriales y obtener imágenes 3D a nanoescala. El microscopio que se planea adquirir tiene acoplada la opción de Kelvin Probe que permitirá medir simultáneamente la morfología de la superficie y el potencial eléctrico de las

MB



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

VICERECTORADO DE

INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL



nanoestructuras con una alta resolución, lo cual es requerido para medir las propiedades fotovoltaicas de los materiales obtenidos. [14] Hoy en día estas caracterizaciones son necesarias para validar los resultados obtenidos, diseñar experimentos y publicar en revistas de alto impacto. Cabe señalar que este microscopio sería el primero de este tipo en el país, además el equipo de investigadores que trabajará en el desarrollo del proyecto tiene amplia experiencia en el manejo de este tipo de microscopios.

El equipo para detección a cuatro terminales es requerido ya que esta técnica permitirá determinar impedancias y resistencias eléctricas. La principal ventaja que presenta es que es posible medir resistencias de muy bajo valor. Además, elimina la contribución de la impedancia del cableado y de las resistencias de contacto. [15]

La determinación precisa de los niveles energéticos moleculares HOMO y LUMO de los pigmentos orgánicos permite estimar si es posible usarlos como elementos fotoactivos conjuntamente con el dióxido de titanio. Para esto se necesita determinar el ancho de banda entre los niveles HOMO – LUMO, que se lo hace mediante la determinación del perfil de absorción UV-Vis de los pigmentos orgánicos. Estas medidas se las realiza con la ayuda de un espectrofotómetro que permite determinar de manera precisa la curva de absorción de materiales.

La eficiencia en la conversión eléctrica de una celda fotovoltaica está determinada por diversos factores, siendo uno de ellos la conductividad de electrones a través de la capa delgada de dióxido de titanio. Esta a su vez depende de diversos factores, uno de ellos es la estructura morfológica de la película, así como la pureza del material y los defectos existentes. Para conseguir una estructura adecuada se necesita sinterizar el material bajo una atmósfera limpia y controlada en el caso de modificar su estructura químicamente. Esto se puede conseguir con la ayuda de un horno tubular, el que permite trabajar en atmósferas controladas o al vacío, manteniendo un perfil adecuado de temperatura.

BIBLIOGRAFIA

- [1] V. Kumar, "Nanosensors: Physical, Chemical, and Biological", **2011**, CRC Press.
- [2] M.R. Narayan "Review: Dye sensitized solar cells based on natural photosensitizers". *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16, **2012**, 208-215
- [3] H. Zhou, L. Wu, Y. Gao, T. Ma, "Dye-sensitized solar cells using 20 natural dyes as sensitizers". *J. Photochem. and Photobiology A: Chemistry* 219, **2011**, 188 – 194
- [4] J. Santos de Souza, L. Oliveira, M. Andrade, A.S. Polo, "Nanomaterials for Solar Energy Conversion: Dye-Sensitized Solar Cells Based on Ruthenium (II) Tris-Heteroleptic Compounds or Natural Dyes", *Nanoenergy*, **2013**, 49 – 80.
- [5] J. Gao, F. Li, Q. Guo, "Balance of Forces in Self-Assembled Monolayers", *J. Phys. Chem. C*, **2013**, 117, 47, 24985.
- [6] I. Paun, A. Moldovan, C. Luculescu y M. Dinescu, "Antibacterial polymeric coatings grown by matrix assisted pulsed laser evaporation", *Appl Phys A*, **2013** 110, 895.
- [7] A. Mostafaei, F. Nasirpouri, "Preparation and characterization of a novel conducting nanocomposite blended with epoxy coating for antifouling and antibacterial applications" *J. Coating. Tech. Res.*, **2013**, 10, 5, 679.
- [8] W. Qing Shan, J. Jian, F. JinHong y S. JiaCong "Norvancomycin-capped silver nanoparticles: Synthesis and antibacterial activities against E. coli", *Science in China Series B: Chemistry* **2007**, 50, 3
- [9] G. De Luca, E. Treossi, A. Liscio, J. M. Mativetsky, L. M. Scolaro, V. Palermo, P. Samori "Solvent vapour annealing of organic thin films: controlling the self-assembly of functional systems across multiple length scales", *J. Mater. Chem.*, **2010**, 20, 2493.
- [10] **R. Dabirian**, X. Feng, L. Ortolani, A. Liscio, V. Morandi, K. Müllen, P. Samori and V. Palermo, "Micron-sized [6,6]-Phenyl C61 butyric acid methyl ester crystals grown by dip coating in solvent vapour atmosphere: interfaces for organic photovoltaics", *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **2010**, 12, 4473.
- [11] J. M. Mativetsky, L. Loo, P. Samori, "Elucidating the nanoscale origins of organic electronic function by conductive atomic force microscopy", *J. Mater. Chem. C*, **2014**, 2, 3118.
- [12] J. M. Mativetsky, E. Orgiu, I. Lieberwirth, W. Pisula, P. Samori, "Charge transport over multiple length scales in supramolecular fiber transistors: single fiber versus ensemble performance", *Adv. Mater.*,

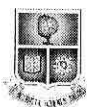


**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
VICERECTORADO DE
INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL**



	<p>2014, 26, 430.</p> <p>[13] X. Briones, M. D. Urzúa, F. J. Espinoza-Beltran , R. Dabirian , M. Y. Pedram, H. E. Ríos , "Thin films of amphiphilic polyelectrolytes; Soft materials characterized by Kelvin probe force microscopy" <i>Polym. J.</i>, 2013, 54, 21 5733.</p> <p>[14] S. Sadewasser and T. Glatzel, "Kelvin Probe Force Microscopy: Measuring and Compensating Electrostatic Forces", 2011, Springer.</p> <p>[15] V.S. Srinivasan, W.L. Lamb, "Sheet Resistivity Measurements of Chemical Modified Electrodes by Four-Point Method", <i>Anal. Chem.</i>, 1977, 49, 1639</p> <p>[16] A.A. Danilayan, L.E. Umoru, A.Y. Fasasi, J.O. Borode, K.M. Oluwasegun. S.O. Olusunde, "Electrical Properties of Nano-TiO2 Thin Film using Spin Coating Method", <i>Journal of Minerals and Materials Characterization an Engineering</i>, 2014, 2, 15</p>																														
7	<p>Fecha de inicio</p> <p>07 de julio de 2014</p>																														
8	<p>Tiempo dedicación docentes, infraestructura, equipamientos y fondos adicionales.</p> <table border="1" data-bbox="363 824 1398 1178"> <thead> <tr> <th>Director del Proyecto</th> <th>Apellidos</th> <th>Nombres</th> <th>Horas semestrales [semanales]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>Santacruz Terán</td> <td>Cristian Patricio</td> <td>300</td> </tr> <tr> <td rowspan="8">Colaboradores del Proyecto</td> <td>Guerrero Barragán</td> <td>Víctor Hugo</td> <td>210</td> </tr> <tr> <td>Dabirian Tehrani</td> <td>Reza</td> <td>210</td> </tr> <tr> <td>Rosas</td> <td>Nelly</td> <td>210</td> </tr> <tr> <td>Galeas Hurtado</td> <td>Salomé Gabriela</td> <td>[8]</td> </tr> <tr> <td>Calvopiña Pincha</td> <td>Paulina</td> <td>[8]</td> </tr> <tr> <td>Asistente 1</td> <td></td> <td>[20]</td> </tr> <tr> <td>Asistente 2</td> <td></td> <td>[20]</td> </tr> </tbody> </table> <p>- Infraestructura y equipos disponibles para la ejecución del proyecto</p> <p>El laboratorio de películas delgadas cuenta con el equipamiento necesario para la caracterización eléctrica de respuesta corriente-voltaje de sistemas eléctricos. En la actualidad se encuentra en construcción un simulador solar clase CBB. Además tiene: fuentes de alto voltaje, balanza de precisión, centrífuga de alta velocidad de temperatura controlada, purificador de agua grado III, baño ultrasónico, laboratorio de preparación de muestras (MALDI), osciloscopios</p> <p>El Laboratorio de Nuevos Materiales (LANUM) cuenta con equipamiento para procesamiento y evaluación de materiales. Se dispone de material requerido para la síntesis química de nanopartículas. Entre los equipos de procesamiento cabe mencionar que se cuenta con equipos para deposición de películas: spin coater y dip coater. Estos equipos fueron construidos por uno de los investigadores que colaborará en el presente proyecto y son los primeros en el país.</p> <p>El LANUM cuenta también con un equipo de dispersión de luz láser (DLS) que será utilizado para determinar el tamaño de partícula de las nanopartículas a ser incorporadas en el material a depositarse. Otros equipos la caracterización son: un calorímetro diferencial de barrido (DSC), un analizador termogravimétrico (TGA) y un espectrofotómetro de infrarrojo (FT-IR).</p> <p>- Otros fondos de otros organismos (si los hubiere)</p> <p>Proyecto "Prometeo" de Senescyt apoya con dos mil dólares anuales por la compra de insumos.</p>	Director del Proyecto	Apellidos	Nombres	Horas semestrales [semanales]		Santacruz Terán	Cristian Patricio	300	Colaboradores del Proyecto	Guerrero Barragán	Víctor Hugo	210	Dabirian Tehrani	Reza	210	Rosas	Nelly	210	Galeas Hurtado	Salomé Gabriela	[8]	Calvopiña Pincha	Paulina	[8]	Asistente 1		[20]	Asistente 2		[20]
Director del Proyecto	Apellidos	Nombres	Horas semestrales [semanales]																												
	Santacruz Terán	Cristian Patricio	300																												
Colaboradores del Proyecto	Guerrero Barragán	Víctor Hugo	210																												
	Dabirian Tehrani	Reza	210																												
	Rosas	Nelly	210																												
	Galeas Hurtado	Salomé Gabriela	[8]																												
	Calvopiña Pincha	Paulina	[8]																												
	Asistente 1		[20]																												
	Asistente 2		[20]																												

MBay



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



9	Presupuesto estimado para la ejecución del presente proyecto	
	Se recomienda que los costos de los equipos, reactivos y materiales de laboratorio, <u>estén sustentados con proformas actuales:</u>	
	<u>Año 1</u>	
	Lista de ítems (por favor especifique)	Cantidad solicitada (US \$)
	1. Contratación de pasantes	
	Subtotal	
	2. Equipos Solver Nano, equipo de SPM (NT-MDT)	38.000,00
	Subtotal	38.000,00
	3. Reactivos y materiales de laboratorio Sustratos silicio	2.000,00
	Subtotal	2.000,00
	4. Literatura especializada	
	Subtotal	
	5. Viajes técnicos y de muestreo	
	Subtotal	
	6. Presentación de ponencias en congresos internacionales	
	Subtotal	
	TOTAL AÑO 1 (Proyectos Semilla hasta US\$ 10.000,00 más IVA) (Proyectos Inter y Multidisciplinarios US\$ 40.000,00 más IVA)	40.000,00
	<u>Año 2</u>	
	Lista de ítems (por favor especifique)	Cantidad solicitada (US \$)
	7. Contratación de pasantes Pasante 1 Pasante 2	2.900,00 2.900,00
	Subtotal	5.800,00
	8. Equipos Espectrofotómetro UV-Vis 190 – 1100 nm Horno tubular 1200°C Sonda de cuatro puntas	21.000,00 4.500,00 4.000,00
	Subtotal	29.500,00
	9. Reactivos y materiales de laboratorio Filtros para desionizador de agua Nanopartículas de dióxido de titanio suspendidas para deposición por spin coating Vidrios conductores de FTO 20 x 20 mm x 100 unidades Material para electrodos de platino, 100 mL Puntas de prueba para microscopio de fuerza atómica Reactivos	600,00 500,00 800,00 400,00 2.000,00 400,00
	Subtotal	4.700,00
	10. Literatura especializada	
	Subtotal	
	11. Viajes técnicos y de muestreo	
	Subtotal	
	12. Presentación de ponencias en congresos internacionales	
	Subtotal	

MB



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
VICERECTORADO DE
INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL



	TOTAL AÑO 2 (Proyectos Inter y Multidisciplinarios US\$ 40.000,00 más IVA)	40.000,00
	TOTAL	80.000,00
10	 Nombre: CRISTIAN PATRICIO SANTACRUZ TERÁN CC: 1710013853	
11	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	
DECLARACION DEL JEFE DE DEPARTAMENTO		
<p>Esta propuesta ha sido aprobada por el Consejo del Departamento <u>Física</u> en Sesión del <u>19-06-2014</u> mediante Resolución No. <u>3</u> y las instalaciones, incluyendo personal, edificios, equipo y recursos financieros están a disposición de acuerdo con las especificaciones que se encuentran en esta aplicación.</p>		
 <u>Marcos Bayas</u> JEFE DEL DEPARTAMENTO Nombre: Marcos Bayas CC: 020103686		<u>Quito, 19 de junio de 2014</u> (lugar y fecha)

MBJ