

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Proyecto Interno Proyecto Semilla Proyecto Junior Proyecto Multi e Inter Disciplinario

Título del proyecto:

“Desarrollo de sistemas de hidroxiapatita dopados con óxidos metálicos biocompatibles para aplicaciones biomédicas”

ANEXO 01

DATOS INFORMATIVOS

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN DATOS INFORMATIVOS

TIPO DE CONVOCATORIA

Proyecto Interno Proyecto Semilla Proyecto Junior Proyecto Multi e Interdisciplinario X

Fecha de presentación (dd/mm/aa): 31/08/2017

Título del proyecto:

“Desarrollo de sistemas de hidroxiapatita dopados con óxidos metálicos biocompatibles para aplicaciones biomédicas”

TIPOS DE INVESTIGACIÓN

Investigación Básica

Investigación Aplicada X

DEPARTAMENTO(S) Y/O INSTITUTOS:

1. **Departamento de Ingeniería Química.** Facultad de Química y Agroindustria.
2. Departamento de Física. Facultad de Ciencias.
3. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental.
4. Centro de Ingeniería de Materiales y Nanotecnología. Instituto Venezolano de Investigación Científica de Venezuela.

LINEA(S) DE INVESTIGACIÓN:

1. **DIQ-A4-L1, Desarrollo y aplicaciones de nuevos materiales orgánicos e inorgánicos** ✓
(Memorando Nro. EPN-VIPS-2017-1433-M, de fecha 07 de julio de 2017).
2. DFIS-A2-L1 Materiales dieléctricos y semiconductores ✓ / DFIS-A2-L2 Nanoestructuras. ✓
3. DICA-A2-L1 Materiales ✓
4. IVIC - Biomateriales

RESUMEN DE INFORMACIÓN DEL DIRECTOR Y COLABORADORES

<u>Director</u>				
Apellidos y nombres	No. de Cédula	HSS	Departamento	Título de mayor nivel y mención.
CHICO PROAÑO ANDRÉS GABRIEL	1716589401	10	Ingeniería Química	Máster en Ciencias en Ingeniería de Procesos y Sistemas Ambientales

<u>Codirector</u> (Se aplica para todos los proyectos, el codirector será a su vez colaborador)				
Apellidos y nombres	No. de Cédula	HSS	Departamento	Título de mayor nivel y mención.
URIBE SOTO RAFAEL A.	1757190648	10	Ingeniería Química	Dr. Ciencias Químicas

<u>Colaborador(es)</u>				
Apellidos y nombres	No. de Cédula	HSS	Departamento	Título de mayor nivel y mención.
BONILLA HIDALGO OMAR	1711500122	5	Ingeniería Química	Magister en Ingeniería Industrial



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL



<u>Colaborador(es)</u>				
Apellidos y nombres	No. de Cédula	HSS	Departamento	Título de mayor nivel y mención.
LASCANO LASCANO LUIS	1801626019	5	Física	Dr. Ciencias Físicas
<u>Colaborador(es)</u>				
Apellidos y nombres	No. de Cédula	HSS	Departamento	Título de mayor nivel y mención.
GONZALEZ VAZQUEZ GEMA	111714450	10	Física	PhD Metalurgia Física y Ciencia de Materiales (Externo)
<u>Colaborador(es)</u>				
Apellidos y nombres	No. de Cédula	HSS	Departamento	Título de mayor nivel y mención.
FERNANDEZ MARTINEZ LENYS	1757845787	10	Construcción Civil y Ambiente	Dra. en Química Aplicada (Externo)
<u>Colaborador(es)</u>				
Apellidos y nombres	No. de Cédula	HSS	Departamento	Título de mayor nivel y mención.
CARLOS ÁVILA	100171145	5	Construcción Civil y Ambiente	Ph.D. Ing. Producción Civil

<u>Colaboradores Técnicos</u>				
Apellidos y nombres	No. de identificación	HSS	Institución	Título de mayor nivel y mención.
Tapia Calvopiña Ruth Elena	1707878219	10	Dpto. Ingeniería Química Laboratorio de Cerámica	Tecnóloga Medica
<u>Colaboradores Técnicos</u>				
Apellidos y nombres	No. de identificación	HSS	Institución	Título de mayor nivel y mención.
Trujillo Arévalo Hilda Lucia	1711071256	5	Dpto. Ingeniería Química Laboratorio de Textil	Ing. Química
<u>Colaboradores Técnicos</u>				
Apellidos y nombres	No. de identificación	HSS	Institución	Título de mayor nivel y mención.
Ávila Vega Álvaro Javier	1002640579	5	Laboratorio de Caracterización Térmica de Materiales (INER-EPN)	Ing. Mecánico
<u>Colaboradores Técnicos</u>				
Apellidos y nombres	No. de identificación	HSS	Institución	Título de mayor nivel y mención.
Carrera Patricio	1002640579	5	Nano instrumentos	Ing. Químico

* HSS = Horas Semana Semestre

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Proyecto Interno Proyecto Semilla Proyecto Junior Proyecto Multi e Inter Disciplinario

Título del proyecto:

“Desarrollo de sistemas de hidroxiapatita dopados con óxidos metálicos biocompatibles para aplicaciones biomédicas”

ANEXO 02

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Proyecto Interno Proyecto Semilla Proyecto Junior Proyecto Multi e Inter Disciplinario

Investigación Básica

Investigación Aplicada

DEPARTAMENTO(S) Y/O INSTITUTOS:

1. **Departamento de Ingeniería Química.** Facultad de Química y Agroindustria.
2. Departamento de Física. Facultad de Ciencias.
3. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental.
4. Centro de Ingeniería de Materiales y Nanotecnología. Instituto Venezolano de Investigación Científica de Venezuela.

LINEA(S) DE INVESTIGACIÓN:

1. **DIQ-A4-L1, Desarrollo y aplicaciones de nuevos materiales orgánicos e inorgánicos** (Memorando Nro. EPN-VIPS-2017-1433-M, de fecha 07 de julio de 2017).
2. DFIS-A2-L1 Materiales dieléctricos y semiconductores. DFIS-A2-L2 Nanoestructuras.
3. DICA-A2-L1 Materiales
4. IVIC - Biomateriales

DISCIPLINA CIENTÍFICA (Marque X, solamente una opción)

Ciencias Naturales y Exactas	
Ingeniería y Tecnologías	X
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: “Desarrollo de sistemas de hidroxiapatita dopados con óxidos metálicos biocompatibles para aplicaciones biomédicas”
Resumen del proyecto (máximo 200 palabras) El presente proyecto constituye un aporte significativo para el desarrollo investigativo de los Departamentos de Ingeniería Química, Física y de Ingeniería Civil y Ambiental de la EPN, puesto que pretende sumar al Ecuador en los esfuerzos que destina la comunidad científica internacional para mejorar la calidad de vida de los seres humanos. En lo específico se plantea evaluar el uso de distintos métodos de obtención de compuestos de hidroxiapatita dopada con óxidos metálicos biocompatibles (BaTiO_3 , ZnO , SiO_2 y/o Fe_2O_3) y el efecto de éstos métodos en la deposición de hidroxiapatita dopada, sobre sustratos metálicos que tienen un alto potencial de aplicaciones biomédicas. En ambos casos, se pretende simular la formación de hidroxiapatita en el cuerpo humano, mediante el uso de fluido corporal simulado, debido a que este fluido se asemeja al plasma sanguíneo en su parte inorgánica, a las condiciones de temperatura y pH fisiológicos del cuerpo. A la fecha son pocos los trabajos científicos realizados sobre sistemas HAp-MOx, a pesar del gran potencial de aplicación que tiene esta área de investigación. En tal sentido se pretenden mejorar los largos tiempos de deposición, formación y desarrollo de hidroxiapatita, obtenidos a partir del método biomimético, por lo cual se considera que los métodos propuestos podrán acelerar el proceso de deposición; de manera que se puedan desarrollar a futuro, materiales con aplicaciones biomédicas con mejor biocompatibilidad que los materiales usados en la actualidad.
Palabras clave (4-6): Hidroxiapatita, biomateriales, biosensores, óxidos metálicos biocompatibles, titanato de bario, métodos electroquímicos.

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

2.1.1 Objetivo General

Desarrollar sistemas de hidroxiapatita dopados con óxidos metálicos biocompatibles para uso potencial en aplicaciones biomédicas.

2.1.2 Objetivos Específicos

- Estudiar la deposición de películas delgadas de hidroxiapatita dopada con óxidos metálicos biocompatibles sobre sustratos metálicos, mediante métodos químicos y electroquímicos.
- Sintetizar compuestos de hidroxiapatita dopados con BaTiO_3 , ZnO , SiO_2 y/o Fe_2O_3 a partir de mezclas cerámicas.
- Evaluar las propiedades estructurales, eléctricas y ópticas de los compuestos sintetizados de hidroxiapatita dopados con BaTiO_3 , ZnO , SiO_2 y/o Fe_2O_3 .
- Evaluar las propiedades bioactivas *in vitro* de los compuestos sintetizados mediante reacción ante fluido corporal simulado.

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

- Contar oportunamente con la disponibilidad presupuestaria, en las fechas próximas a las declaradas en el cronograma de actividades, a fin de adquirir en los tiempos previstos los equipos, insumos y materiales necesarios para cumplir con los objetivos y metas establecidos en el proyecto.



2.3 Hipótesis (Responden al problema de investigación)

- Se pueden mejorar las propiedades de sistemas de hidroxiapatita a partir del dopado con óxidos metálicos biocompatibles, para su uso potencial en aplicaciones biomédicas.
- Se pueden obtener compuestos de hidroxiapatita dopados con óxidos metálicos biocompatibles a partir de la síntesis cerámica en estado sólido de mezcla de polvos

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

La presente propuesta de investigación beneficiará de manera directa el desarrollo de nuevos materiales para uso potencial en la elaboración de prótesis, implantes, dispositivos de regeneración ósea y/o biosensores, de este modo contribuirá con el desarrollo biomédico actual. En lo específico se favorecerá:

- La obtención de nuevos sustratos metálicos recubiertos con películas delgadas de hidroxiapatita dopada con óxidos metálicos biocompatibles para usos en aplicaciones biomédicas.
- La obtención de materiales compuestos de hidroxiapatita dopados con $BaTiO_3$, ZnO , SiO_2 y/o Fe_2O_3 para usos en aplicaciones biomédicas.
- La ejecución de al menos dos proyectos de titulación de estudiantes de pre y/o postgrado dentro del marco de este estudio.
- La participación en al menos dos seminarios y/o eventos científicos nacionales e internacionales que permitan la difusión de los resultados del proyecto.
- La elaboración de al menos dos artículos científicos remitidos a una revista nacional y/o internacional que permitan la difusión de los resultados del proyecto.
- El fortalecimiento de la capacidad instalada de Laboratorios de la EPN, con equipamiento adecuado para optimizar los procesos de enseñanza-aprendizaje de los estudiantes de pre y posgrado y potenciar en el Ecuador la I+D+i de nuevos materiales.

3	Relevancia de la propuesta de investigación y su relación con la(s) líneas de investigación
	<p>La presente propuesta de investigación favorecerá de manera directa el desarrollo de nuevos materiales, los cuales potencialmente podrán ser usados para la elaboración de prótesis, implantes y/o dispositivos de regeneración ósea, a la par de que contribuirá con el desarrollo biomédico actual, ya que proporcionará resultados de mejoras en las propiedades de la hidroxiapatita como biomaterial, incrementando así sus aplicaciones en el campo de la medicina. Son muchos los estudios que se han realizado con hidroxiapatita para regeneración ósea, y se ha demostrado que es un excelente biomaterial; por el contrario, son pocas las investigaciones que se han realizado en sistemas hidroxiapatita – óxidos metálicos biocompatibles.</p> <p>El desarrollo de este proyecto de investigación se justifica principalmente debido a que la hidroxiapatita forma parte de los minerales que conforman el hueso y es utilizada en dispositivos para regeneración ósea, por otra parte distintos óxidos metálicos ($BaTiO_3$, ZnO, SiO_2 y/o Fe_2O_3) han demostrado excelentes propiedades de biocompatibilidad. Es así que, la combinación de estos dos elementos podría mejorar propiedades como la conductividad y la piezoelectricidad en sistemas HAP-Mox. Los cuales en un futuro próximo se podría utilizar en sistemas de regeneración ósea, tales como implantes en mandíbula y de oído, debido a la posibilidad de mejora en la biocompatibilidad de los materiales al modificar la conductividad dieléctrica de los mismos y trabajar a diferentes frecuencias, de manera que se aceleren los procesos de regeneración ósea; obteniéndose así excelentes beneficios para la calidad de vida de los seres humanos.</p> <p>Asociada a las líneas de investigación que soportan la viabilidad de ejecución de este proyecto la presente propuesta consolidará al grupo de investigación y a la EPN, como un importante centro de desarrollo de nuevos materiales, a la par de que contribuye en el fortalecimiento de la cultura</p>



	institucional de investigación aplicada y aporta al desarrollo de los futuros profesionales del país. Asimismo, su ejecución permitiría mejorar el equipamiento científico de la Institución, lo cual hará posible el continuar con la investigación propuesta e iniciar a futuro nuevos proyectos I+D+i.
--	---

4 Productos esperados	
Tipo de Producto:	Marcar con una "X"
a. Publicaciones científicas (obligatorio);	X
b. Disertación a la comunidad politécnica;	X
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	<p>Descripción del Proyecto:</p> <p>En las últimas décadas los avances de la biomedicina han mejorado la calidad de vida de los seres humanos, el desarrollo de nuevos materiales para prótesis o implantes constituye uno de los avances más significativos. Éstos por definición deben ser biomateriales, es decir "materiales que pueden ser usados por algún periodo, como un todo o como parte de un sistema que trata, aumenta o reemplaza algún tejido, órgano o función del cuerpo" [1]. Generalmente las aleaciones metálicas son uno de los materiales más utilizados para implantes, ya que cumplen con los requisitos de la biocompatibilidad, sin embargo no son la mejor opción para sustituir un tejido orgánico. Las cerámicas por el contrario presentan menos problemas de aceptación por el organismo y son generalmente biocompatibles, de éstas, las más utilizadas son las obtenidas a base de alúmina, zirconia, vitrocerámicas y la hidroxiapatita (HAp), entre otras [2].</p> <p>La HAp ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) es considerada como uno de los materiales más idóneos para implantes óseos, debido a su semejanza en composición y características biológicas con el hueso natural [1]. Ésta ha sido ampliamente estudiada debido a sus propiedades de osteoinducción, osteointegración y osteoconducción en el sistema biológico [3]. Sus mayores aplicaciones se basan en aquellas que no requieren esfuerzos mecánicos, tales como recubrimiento de sustratos metálicos, recubrimiento de prótesis e implantes dentales y reconstrucción maxilofacial, entre otras [4]. Cuando ésta forma películas de tamaño nanométrico (10-100 nm), se adhiere a las fibras de colágeno que existen en los huesos, lo que le permite a la HAp formar una unión directa entre el tejido y el implante [5]. La deposición de hidroxiapatita ha sido ampliamente estudiada por el método biomimético [6], el cual permite simular la formación de ésta en el cuerpo, durante largos periodos que alcanzan incluso los meses. En tal sentido, se ha hecho necesario buscar alternativas científicas y tecnológicas que aceleren el proceso de formación de HAp y realizar estudios sobre nuevos materiales. Potencialmente la deposición de HAp sobre distintos sustratos ha sido poco estudiada por métodos distintos al biomimético, así por ejemplo, los métodos electroquímicos y magnéticos ofrecen una excelente oportunidad de estudio en este campo.</p> <p>Para disminuir los tiempos de formación de películas delgadas de HAp varios investigadores han utilizado soluciones con diferentes concentraciones de iones calcio y fósforo [7] y han realizado pretratamientos superficiales (químicos, de oxidación y pre-calcinación) sobre distintos sustratos metálicos a fin de obtener un mayor anclaje de la HAp [8-9]. Otros investigadores han propuesto el uso de la deposición electroquímica de HAp en sustratos de titanio, usando soluciones de calcio y fósforo, obteniendo la activación de los procesos de nucleación y crecimiento de cristales de HAp en cortos periodos de tiempo [10-11]. Asimismo, se han iniciado estudios sobre el efecto del campo magnético en recubrimientos de hidroxiapatita, observándose la formación de</p>



	<p>una película de HAp con morfología definida en el polo norte del campo, con cierta absorción de agua y carbonato [12].</p> <p>En la actualidad se han desarrollado películas delgadas de óxido de titanio, nitruro de tantalio y tantalio sobre distintos sustratos metálicos, que son materiales muy promisorios para lograr alta biocompatibilidad y protección al implante [13], donde los métodos de deposición de HAp han sido poco estudiados. Solo existe un estudio donde muestran la deposición biomimética de HAp en una aleación Ti-Al-V, con una película de tantalio [14]. Asimismo, no existe mayor información científica acerca del uso de métodos como los electroquímicos para formación de HAp o estudios sobre la influencia de los campos magnéticos y/o eléctricos dentro de un rango que soporte el cuerpo humano, para mejorar la deposición de la misma. En la Escuela Politécnica Nacional parte del equipo de investigadores proponentes de este proyecto, ha obtenido resultados preliminares bastantes interesantes, relacionados con el uso de métodos electroquímicos y el efecto de la aplicación de campos magnéticos y/o eléctricos en la deposición de HAp, sobre diferentes sustratos metálicos [15-16].</p> <p>Por otro lado, en los últimos años ha surgido nuevas investigaciones que buscan incrementar las aplicaciones y propiedades de la hidroxiapatita, entre están las propiedades eléctricas, piezoeléctricas y luminiscentes. Los óxidos de BaTiO₃, ZnO, SiO₂ y Fe₂O₃ son materiales electrocerámicos de fácil sinterizado, que presentan buena estabilidad tanto química como mecánica. Estudios recientes han demostrado la bioactividad y las propiedades piezoeléctricas de compuestos cerámicos HAp-MO_x, combinados con las propiedades de la hidroxiapatita [17-19]. La HAp presenta propiedades piezoeléctricas débiles, las cuales son de gran importancia para la regeneración ósea, este fenómeno piezoeléctrico ocurre cuando se somete un cuerpo esfuerzos mecánicos y se polariza, además de que se produce un acortamiento o estiramiento dependiendo del signo del campo, el cual varía según sea el esfuerzo de compresión [20-22].</p> <p>Son pocas las investigaciones que se han realizado en sistemas hidroxiapatita-MO_x. Algunos autores han señalado, a partir del estudio de las propiedades ópticas y eléctricas de estos sistemas, que el aumento de concentración de hidroxiapatita conduce a la disminución de la densidad y constante dieléctrica de la película compuesta [23]. Asimismo por ejemplo, la adición de BaTiO₃ conduce a un aumento de la conductividad del material, atribuyéndose a la presencia de la fase ferroeléctrica, aunque en composiciones menores a 80% de BaTiO₃ no se consiguió ningún efecto piezoeléctrico [17]. Otros, demostraron que los compuestos de hidroxiapatita-titanato de bario son biocompatibles a corto plazo en estudios in vitro [18] y que una mayor cantidad de titanato de bario puede ser útil para producir compuestos de hidroxiapatita polarizada, debido al aumento de la permitividad y valores de disipación reducidos [19].</p> <p>En los últimos años ha surgido nuevas demandas donde se busca incrementar las aplicaciones y propiedades de la hidroxiapatita como biomaterial, surge así la necesidad de plantearse el estudio y desarrollo de sistemas de hidroxiapatita dopados con óxidos metálicos biocompatibles, para uso potencial en aplicaciones biomédicas, los cuales permitirán la satisfacción de éstas demandas en un futuro cercano.</p>
5.2	<p>Metodología y diseño del proyecto:</p> <p>La investigación planteada se ha dividido en las siguientes fases, en función de los objetivos específicos planteados:</p> <ul style="list-style-type: none">• Estudio de la deposición de películas delgadas de hidroxiapatita dopada con óxidos metálicos biocompatibles sobre sustratos metálicos, mediante métodos químicos y electroquímicos.• Síntesis de compuestos de hidroxiapatita dopados con BaTiO₃, ZnO, SiO₂ y/o Fe₂O₃ a partir de mezclas cerámicas.• Evaluación de las propiedades estructurales eléctricas y ópticas de los compuestos sintetizados de hidroxiapatita dopados con BaTiO₃, ZnO, SiO₂ y/o Fe₂O₃.• Evaluación de las propiedades bioactivas in vitro de los compuestos sintetizados mediante reacción ante fluido corporal simulado. <p>Estas fases se desarrollarán de manera armónica y en paralelo a fin de cumplir con los objetivos previstos. En el caso de las fases uno y dos se emplearán diseños experimentales que involucren combinaciones de 3x2 y 2x2 variables, a fin de determinar las mejores condiciones experimentales de trabajo y obtener los mejores productos, así tenemos:</p> <p>5.2.1 Estudio de la deposición sobre sustratos metálicos de películas delgadas de hidroxiapatita dopada con óxidos metálicos biocompatibles, mediante métodos químicos y electroquímicos.</p> <p>En esta fase de la investigación se utilizarán como sustratos metálicos para aplicaciones biomédicas el acero inoxidable tipo bionline SS316LVM y titanio puro, sobre estos se estudiará la formación de películas de HAp dopada con BaTiO₃, ZnO, SiO₂ y/o Fe₂O₃, mediante el método biomimético con y sin presencia de campos magnéticos y por métodos electroquímicos. Los sustratos se someterán superficialmente a una preparación metalográfica hasta alcanzar un acabado final tipo espejo, basada en la norma ASTM E03-1:2007 <i>Preparation of metallographic specimen</i> [24]. Posteriormente serán sometidos a ataque químico, con el fin de mejorar la</p>



adhesión de la hidroxiapatita, un ataque ácido con una mezcla de HCl al 18 % y H₂SO₄ al 48 % en peso, en un volumen 1:1 [5] y un ataque alcalino con una solución de NaOH 10 M [9].

Para la deposición de HAp dopada por el método biomimético, por el método electroquímico y bajo la presencia de un campo magnético controlado se utilizará una solución de fluido corporal simulado (SBF), enriquecido en calcio y fósforo, éste tiene una composición similar a la composición inorgánica del plasma sanguíneo [6]. En primer lugar se realizará la preparación de un fluido corporal simulado, luego se realizará la inmersión de los diferentes sustratos, bajo diferentes condiciones experimentales.

En el caso de método biomimético los sustratos se colocarán en inmersión en el fluido corporal simulado durante 2, 4 y 7 días, manteniendo el pH de la solución entre 7,2 -7,4 a 37 °C, estas muestras servirán como blanco de comparación para el estudio de sustratos sometidos a campos magnéticos. Para la aplicación de los campos magnéticos se utilizarán imanes de neodimio, los cuales permitirán obtener dos valores de campo que encuentren en el rango soportado por el cuerpo humano (0,1-0,3 Tesla). El valor y distribución del campo magnético, en Teslas, se controlará con el tamaño y número de imanes, y con la distancia muestra-imites. Se realizará un diseño experimental 3x2, donde las variables de entrada serán dos intensidades de campo magnético y el tiempo de exposición de los sustratos al mismo y las variables de salida la masa de película de HAp dopada formada y la relación Ca/P. Para llevar a cabo la deposición electroquímica de la HAp dopada primero se realizará un análisis de los sustratos por medio de la técnica de voltametría cíclica, la cual permite determinar en qué intervalos de potencial se realizará la deposición [25]. Para esta parte, se utilizará una celda electroquímica de 3 electrodos y como electrolito la solución SBF a 37 °C, el proceso se monitoreará y controlará por medio de un potencioestato. La deposición de HAp dopada se realizará electroquímicamente por la técnica de cronoamperometría, la cual consiste en aplicar un potencial constante (determinado a través de la voltametría cíclica) al sistema durante diferentes tiempos [25-26]. Para determinar las mejores condiciones de formación se trabajará con un diseño experimental de 2 x 2, donde se tomará en cuenta el potencial electroquímico dentro de la zona estable de trabajo (seleccionada del voltograma) y tiempos de 3 000 s y 6 000 s y como las variables de salida la masa formada de película de HAp dopada y la relación Ca/P.

5.2.2 Síntesis a partir de mezclas cerámicas de polvos compuestos de hidroxiapatita dopados con BaTiO₃, ZnO, SiO₂ y/o Fe₂O₃.

Para dar cumplimiento a esta fase estudio, se utilizarán polvos comerciales grado analítico de hidroxiapatita y BaTiO₃, ZnO, SiO₂ y/o Fe₂O₃, a partir de los cuales se prepararan por triplicado los sistemas 100% HAp - 10/90 - 30/70 - 50/50 - 70/30 - 90/10 - 100% BaTiO₃, ZnO, SiO₂ y/o Fe₂O₃. Se realizará el mezclado en seco de los sistemas por molienda convencional en morteros y por molienda de alta energía, se elaboraran por prensado uniaxial pastillas de 1 cm de diámetro x 0,5 mm de espesor, a continuación los compactos obtenidos serán sometidos ciclos de sinterización de 900-1000-1100 °C [20, 27]. Posteriormente los compactos sinterizados serán sometidos a un proceso de polarización y posterior evaluación de las propiedades ópticas y eléctricas [20-23], asimismo serán sometidos al proceso de biomineralización en el SBF, descrito en el apartado anterior [6], así como a la evaluación de las características estructurales.

5.2.3 Evaluación de las propiedades estructurales eléctricas y ópticas de los compuestos sintetizados de hidroxiapatita dopados con BaTiO₃, ZnO, SiO₂ y/o Fe₂O₃.

Las características estructurales tanto de los sustratos, como de los óxidos metálicos, la hidroxiapatita y los compuestos obtenidos, antes y después de ser sometidos a los distintos procesos de obtención de nuevos materiales, serán estudiadas mediante Microscopía Electrónica de Barrido, análisis elemental (SEM-EDX), Difracción de rayos X, análisis de infrarrojo, (FTIR) y Fluorescencia de rayos X, estas técnicas permitirán definir la morfología, los compuestos y elementos que constituyen estos materiales. Todas las muestras serán pesadas antes y después de la deposición de HAp, a fin de determinar los niveles de deposición. Para la evaluación de la formación de las películas de HAp, todas las muestras serán analizadas mediante impedancia electroquímica. Ésta técnica permite determinar las propiedades de capacitancia y conductividad de las muestras a ser estudiadas, lo cual da información sobre posibles mecanismos de resistencia a la corrosión, además ayuda a interpretar los procesos de transferencia de carga entre el electrolito (SBF) y el sustrato, lo cual influye en la deposición de la película de HAp [25, 27].

5.2.4 Evaluación de las propiedades bioactivas in vitro de los compuestos sintetizados mediante reacción ante fluido corporal simulado.

Se realizarán pruebas de hidrofiliicidad sobre los diferentes sustratos, el método consiste en determinar el ángulo de contacto producido por una gota de agua en un ambiente de temperatura y presión controladas [28-29]. Las características de hidrofiliicidad juegan un papel importante en la interacción del biomaterial con el tejido, debido a que determinan la absorción de proteínas e influyen en la adhesión celular [28]. A fin de evaluar la bioactividad in vitro de los sustratos metálicos recubiertos con HAp dopada y los compuestos HAp-MO_x obtenidos. El SBF ha demostrado ser un medio eficaz para evaluar la bioactividad [6]. El procedimiento experimental se realiza sumergiendo totalmente los materiales en la SBF a 37 °C, en recipientes muy limpios y esterilizados, durante



	<p>tiempos comprendidos entre seis horas a al menos seis semanas a temperatura ambiente. La solución debe cambiarse cada tres días, para mantener concentración constante. El área de la muestra debe ser calculada (A mm²) y el volumen de SBF en el cual se coloca la muestra por inmersión debe ser: $V = A/10$; V = volumen en mL; si el material es denso; si el material es poroso el volumen es mucho mayor. Al final del periodo de inmersión, la muestra se lava suavemente con agua destilada. Seguidamente el sólido se seca en un desecador sin calentar. La muestra una vez retirada del SBF no debe ser sumergida de nuevo. Los cambios en la superficie de las muestras con el tiempo de inmersión, para observar el crecimiento de la capa de hidroxiapatita, se siguen a través de las técnicas antes descritas [30-31].</p>
5.3	<p>Referencias</p> <ol style="list-style-type: none">1. Martínez, A., Esparza, H., Carbajal, G., & Ortiz, J. (2008). Caracterización estructural y morfológica de hidroxiapatita nanoestructurada: estudio comparativo de diferentes métodos de síntesis. <i>Sociedad Mexicana de Ciencia Y Tecnología de Superficies Y Materiales</i>, 21(3), 18–21.2. Hernández, R., Palma, R., & Piña, M. (1999). Hidroxiapatita y aplicaciones. <i>Revista Mexicana De Física</i>, 45(s1), 144–147.3. García, M., & Reyes, J. (2006). La hidroxiapatita, su importancia en los tejidos mineralizados y su aplicación biomédica. <i>Revista Especializada En Ciencias Químico-Biológicas</i>, 9(2), 90–95. https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2003.10.0454. Martinelli, A., Novoa, M. C., Oldani, C., & Corominas, A. (2011). Síntesis y caracterización de hidroxiapatita para implantes biomédicos. En <i>XVIII Congreso Argentino de Bioingeniería SABI</i>. Mar de Plata, Argentina. Recuperado de http://www.sabi2011.fi.mdp.edu.ar/proceedings/SABI/Pdf/SABI2011_4.pdf (Agosto, 2017)5. Meenakshi Sundaram, N., Girija, E. K., Ashok, M., Anee, T. K., Vani, R., Suganthi, R. V., ... Kalkura, S. N. (2006). Crystallisation of hydroxyapatite nanocrystals under magnetic field. <i>Materials Letters</i>, 60(6), 761–765. https://doi.org/10.1016/j.matlet.2005.10.0346. Kokubo, T., & Takadama, H. (2006). How useful is SBF in predicting in vivo bone bioactivity? <i>Biomaterials</i>, 27(15), 2907–2915. https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2006.01.0177. Pecheva, E., Pramatarova, L., Maitz, M. F., & Pham, M. T. (2003). Study of the calcium phosphate layer grown on AISI 316 stainless steel from a simulated body fluid. <i>J Mater Sci Mater Electron</i>, 14, 775–776. https://doi.org/10.1023/A:10261928020378. Baker, K. C., Anderson, M. A., Oehlke, S. A., Astashkina, A. I., Haikio, D. C., Drelich, J., & Donahue, S. W. (2006). Growth, characterization and biocompatibility of bone-like calcium phosphate layers biomimetically deposited on metallic substrata. <i>Materials Science and Engineering C</i>, 26(8), 1351–1360. https://doi.org/10.1016/j.msec.2005.08.0159. Thirugnanam, A., Sampath Kumar, T. S., & Chakkingal, U. (2009). Bioactivity enhancement of commercial pure titanium by chemical treatments. <i>Trends in Biomaterials and Artificial Organs</i>, 23(2), 76–85.10. Zhang, Y., Tao, J., Pang, Y., Wang, W., & Wang, T. (2006). Electrochemical deposition of hydroxyapatite coatings on titanium. <i>Transactions of Nonferrous Metals Society of China</i>, 16(3), 633–637. https://doi.org/10.1016/S1003-6326(06)60112-X11. Isa, N. N. C., Mohd, Y., & Yury, N. (2012). Electrochemical Deposition and Characterization of Hydroxyapatite (HAp) on Titanium Substrate. <i>APCBEE Procedia</i>, 3(May), 46–52. https://doi.org/10.1016/j.apcb.2012.06.04412. Siddharthan, A., Sampath Kumar, T. S., & Seshadri, S. K. (2006). Effect of magnetic field on biomimetic coating of hydroxyapatite on titanium. <i>Trends in Biomaterials and Artificial Organs</i>, 20(1), 12–15.13. Jara, A., Fraisse, B., Flaud, V., Fréty, N., & Gonzalez, G. (2016). Thin film deposition of Ta, TaN and Ta/TaN bi-layer on Ti and SS316-LVM substrates by RF sputtering. <i>Surface and Coatings Technology</i>. https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2016.10.06714. Liu, L., Xu, J., & Jiang, S. (2016). Nanocrystalline β-Ta Coating Enhances the Longevity and Bioactivity of Medical Titanium Alloys. <i>Metals</i>, 6(221), 1–27. https://doi.org/10.3390/met609022115. G. González, R. Uribe, E. Irribarra, A. Uvillus, V. Guerrero, L. Lascano (2017). Hydroxyapatite deposition induced by magnetic and electric fields on different substrates. (ESB2017) 28th European Society for Biomaterials.16. A. Uvillus, G. González, R. Uribe, L. Fernández, P. Espinosa, L. Lascano, P. Carrera (2017). Electrochemical deposition of hydroxyapatite on different metal substrates. Nanoscience and Nanotechnology Week Ecuador.17. Bowen, C. R., Gittings, J., Turner, I. G., Baxter, F., & Chaudhuri, J. B. (2006). Dielectric and piezoelectric properties of hydroxyapatite-BaTiO₃ composites. <i>Applied Physics Letters</i>, 132906(89), 8–11. https://doi.org/10.1063/1.235545818. Baxter, F. R., Turner, I. G., Bowen, C. R., Gittings, J. P., & Chaudhuri, J. B. (2009). An in vitro study of electrically active hydroxyapatite-barium titanate ceramics using Saos-2 cells. <i>Journal of Materials Science: Materials in Medicine</i>, 20(8), 1697–1708. https://doi.org/10.1007/s10856-009-3734-019. Panda, A. K. (2011). <i>Preparation and characterization Of Hydroxyapatite- Barium Titanate Preparation and characterization Of Hydroxyapatite- Barium Titanate</i>. National Institute of Technology, Rourkela, India.20. Asesnsi, J. (2005). Caracterización de materiales piezoeléctricos. Recuperado de http://www.ub.edu/gilafa/web_dielec/005/practica5.pdf (Agosto, 2017)



21. Frutos J. y Fernández F. (2003). Introducción a la Electrocerámica. <i>Programa CYTED materiales electrocerámicos</i> , 19, 1-11.
22. Alves, H. (2010). Cerámicas piezoeléctricas : funcionamiento y propiedades. <i>ATCP Engenharia Física</i> , 1-7.
23. Almeida, A. F. L., Fechine, P. B. A., Sasaki, J. M., Ayala, A. P., & Góes, J. C. (2004). Optical and electrical properties of barium titanate-hydroxyapatite composite screen-printed thick films. <i>Solid State Sciences</i> , 6, 267-278.
24. ASTM. (2010). E3-01 Standard Guide for Preparation of Metallographic Specimens. Current, 1(Reapproved 2007), 1-13. https://doi.org/10.1520/E0003-01R07E01.Copyright
25. Baeza, A., & García, A. (2011). Principios de Electroquímica Analítica. Retrieved from http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/DOC_APOY_FUNDAMENTOS ELECTROANALITICA 2011_16333.pdf
26. UROA. (2007). Electroquímica experimental. Retrieved from https://www.fing.edu.uy/iq/cursos/ipeq/teorico/2007/6-9.pdf
27. R. Uribe, C. Baudín. (2000). Formación de titanato de aluminio por reacción en estado sólido de alúmina y titania. <i>Bol. Soc. Esp. Cerám. y Vidrio</i> , 39 □2□ 221-228
28. Burgués, J. T. (2013). Report : Medida del ángulo de contacto.
29. Fernández, A. (2013). Estudio de la Hidrofobicidad y Autolimpieza en Materiales con Nanotratamientos Superficiales.
30. A.Oyame, H.-M. Kim, T. Furuya, T. Kokubo, T. Miyazaki, T. Nakamura (2003). "Preparation and assessment of revised simulated body fluid". <i>J. Biomed. Mater. Res.</i> 65A. 188-195
31. M. Bohner, J. Lemaître (2009). "Can bioactivity be tested in vitro with SBF solution? <i>Biomaterials</i> , 30, 2175-2179.

6	Infraestructura, equipos y fondos adicionales.
----------	---

6.1 Infraestructura y equipos

Infraestructura	Equipos	
	Nombre del Equipo	Ubicación del Equipo
Laboratorio Cerámica	Auto-clave acero inoxidable de 15 l.	Departamento de Ingeniería Química
	Balanza Ohaus capacidad 21.2 kg.	
	Balanza de torsión cap. 45kg.	
	Casa grande metálico (Solitest) (a/n) Límite líquido	
	Celda de flotación metálico (Denver)	
	Estufa metálica (Netzsch9) 200°C	
	Horno de cocción metálico (Naber Therm) 1600°C.	
	Molino centrífugo metálico (Fritsch)	
	Molino centrifugo cono metálico (Marcy Gyroll)	
	Molino de mandíbulas metálico (Woodsrock)	
	Mufla eléctrica metálica (Naberthrtm) 1100°C	
	Mufla programable metálica (Nabertherm) 1200°C	
	Planta piloto metálica (Netzsch) f-1530	
	Pulverizador de disco metálico	
	Separador magnético metálico (carpo) (a/n) 110v.	
Tamices ASTM: 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 14, 40, 200, 230, 270, 325, 400 fondo y tapa.		
Torno metálico automático para aisladores.		
Viscosímetro metálico (Brookfield)		
Laboratorio de Electrocerámica		Departamento de Física
	Horno programable hasta 1300°C.	



	Horno programable hasta 1700°C.	
	Potenciostato	
CICAM-EPN	Espectrofotómetro UV-Vis	CICAM
	Centrifugas	
	pH –metro	
	Balanza analítica	
	Desionizador de agua	
	Electrodos de diamante dopado con boro	
	Potenciostato	
	Electrodos de Referencias	
	Electrodos de Pt ó C	
	Electrodos de trabajo de carbono	
	Celdas Electroquímicas	
	Cromatógrafo iónico	
	Horno Microondas	

6.2 Breve justificación del equipo requerido

- **Equipo de Difracción de rayos X (XRD), ubicación Departamento de Ingeniería Química (FIQA):** Este equipo permitirá en las muestras policristalinas desarrolladas abordar la identificación de fases cristalinas tanto en su aspecto cualitativo como cuantitativo. Asimismo, permitirá dentro del marco de este proyecto y otros proyectos de I+D+i el estudio de polimorfismo, transiciones de fase, y soluciones sólidas, medida del tamaño de partícula, determinación de diagramas de fase, etc.
- **Equipo de fluorescencia de rayos X (XRF), ubicación Departamento de Ingeniería Química (FIQA):** Este equipo tiene una de las mejores técnicas analíticas para realizar análisis elementales en cualquier tipo de muestras, independientemente de que se deban analizar líquidos, sólidos o polvos sueltos. Asimismo, permitirá dentro del marco de este proyecto y otros proyectos de I+D+i el análisis de elementos, que incluyen desde el berilio (Be) hasta el uranio (U) y en una gama de concentración desde el 100% hasta el subnivel de ppm.

Ambos equipos serán una herramienta básica y poderosa de investigación, que permitirá ejecutar con fluidez tanto el análisis del importante número de muestras generadas en el presente proyecto, como la demanda institucional y nacional de distintos centros de educación universitaria e investigación.

6.3 Fondos Adicionales

- *NO APLICA.*

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Proyecto Interno Proyecto Semilla Proyecto Junior Proyecto Multi e Inter Disciplinario

Título del proyecto:

“Desarrollo de sistemas de hidroxiapatita dopados con óxidos metálicos biocompatibles para aplicaciones biomédicas”

ANEXO 03

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DEL PROYECTO

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Proyecto Interno Proyecto Semilla Proyecto Junior Proyecto Multi e Inter Disciplinario

Título del proyecto:

“Desarrollo de sistemas de hidroxiapatita dopados con óxidos metálicos biocompatibles para aplicaciones biomédicas”

ANEXO 04

PRESUPUESTO PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN



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



AÑO 1

Director del proyecto	Título del proyecto
CHICO PROAÑO ANDRÉS GABRIEL	“Desarrollo de sistemas de hidroxiapatita dopados con óxidos metálicos biocompatibles para aplicaciones biomédicas”

Lista de Items	Cantidad	Unidad	Precio Unitario Referencial	Precio Total Referencial	Precio Unitario Referencial +Aporte IESS	Precio Total Referencial con IVA + Aporte del IESS
1 Contratación de servicios personales por contrato						
1.1 Ayudantes de investigación	6	mes	\$ 125,00	\$ 750,00	\$ 136,44	\$ 818,63
1.2				\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 1			\$ 125,00	\$ 750,00	\$ 136,44	\$ 818,63
Lista de Items	Cantidad	Unidad	Precio Unitario Referencial sin IVA	Precio Total Referencial sin IVA	Precio Unitario Referencial con IVA	Precio Total Referencial con IVA
2 Maquinaria equipos						
2.1 Equipo para cuantificación e identificación de fases cristalinas por difracción de rayos X	1	N/A	\$ 73.756,00	\$ 73.756,00	\$ 82.606,72	\$ 82.606,72
2.2 Equipo de análisis elemental por fluorescencia de rayos X	1	N/A	\$ 63.515,00	\$ 63.515,00	\$ 71.136,80	\$ 71.136,80
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			\$ 137.271,00	\$ 137.271,00	\$ 153.743,52	\$ 153.743,52
3 Reactivos y materiales de laboratorio						
3.1 Reactivos para preparación de muestras	1		\$ 1.240,00	\$ 1.240,00	\$ 1.388,80	\$ 1.388,80
3.2 Pigmentos inorgánicos	1		\$ 267,28	\$ 267,28	\$ 299,35	\$ 299,35
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			\$ 1.507,28	\$ 1.507,28	\$ 1.688,15	\$ 1.688,15
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				\$ 139.528,28		\$ 156.250,30

AÑO 2

Director del proyecto	Título del proyecto
CHICO PROAÑO ANDRÉS GABRIEL	"Desarrollo de sistemas de hidroxiapatita dopados con óxidos metálicos biocompatibles para aplicaciones biomédicas"

Lista de Items	Cantidad	Unidad	Precio Unitario Referencial	Precio Total Referencial	Precio Unitario Referencial +Aporte IESS	Precio Total Referencial con IVA + Aporte del IESS
1 Contratación de servicios personales por contrato						
1.1 Ayudantes de investigación	12	mes	\$ 125,00	\$ 1.500,00	\$ 136,44	\$ 1.637,25
1.2 Prestación de servicios profesionales (Homologado Escala de remuneración de servidores publicos) ASISTENTES DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL	6	mes	\$ 986,00	\$ 5.916,00	\$ 1.104,32	\$ 6.625,92
Subtotal 1			\$ 1.111,00	\$ 7.416,00	\$ 1.240,76	\$ 8.263,17
Lista de Items	Cantidad	Unidad	Precio Unitario Referencial sin IVA	Precio Total Referencial sin IVA	Precio Unitario Referencial con IVA	Precio Total Referencial con IVA
2 Maquinaria equipos						
2.1 Bomba peristáltica	1		\$ 6.013,15	\$ 6.013,15	\$ 6.734,73	\$ 6.734,73
2.2 Balanza	1		\$ 400,00	\$ 400,00	\$ 448,00	\$ 448,00
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			\$ 6.413,15	\$ 6.413,15	\$ 7.182,73	\$ 7.182,73
3 Reactivos y materiales de laboratorio						
3.1 Materiales para elaboración de electodos	1		\$ 1.164,00	\$ 1.164,00	\$ 1.303,68	\$ 1.303,68
3.2 Jarra de porcelana	2		\$ 3.570,00	\$ 7.140,00	\$ 3.998,40	\$ 7.996,80
3.3 Reactivos para preparación de muestras	1		\$ 1.240,00	\$ 1.240,00	\$ 1.388,80	\$ 1.388,80
3.4 Material de vidrio para análisis de laboratorio	1		\$ 755,78	\$ 755,78	\$ 846,47	\$ 846,47
3.5 Pigmentos inorgánicos	1		\$ 267,28	\$ 267,28	\$ 299,35	\$ 299,35
Subtotal 3			\$ 6.997,06	\$ 10.567,06	\$ 7.836,71	\$ 11.835,11
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	1		\$ 200,00	\$ 200,00	\$ 224,00	\$ 224,00
5.2 Viaticos al interior	1		\$ 300,00	\$ 300,00	\$ 336,00	\$ 336,00
Subtotal 5			\$ 500,00	\$ 500,00	\$ 560,00	\$ 560,00
6 Presentación de ponencias en congresos internacionales y publicaciones						
6.1 Pasajes al exterior	1		\$ 2.000,00	\$ 2.000,00	\$ 2.240,00	\$ 2.240,00
6.2 Viaticos al exterior	1		\$ 600,00	\$ 600,00	\$ 672,00	\$ 672,00
6.3 Pago de inscripción y publicaciones	1		\$ 800,00	\$ 800,00	\$ 896,00	\$ 896,00
Subtotal 6			\$ 3.400,00	\$ 3.400,00	\$ 3.808,00	\$ 3.808,00
TOTAL				\$ 28.296,21		\$ 31.649,01



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

PRESUPUESTO PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN



AÑO 3

Director del proyecto	Título del proyecto
CHICO PROAÑO ANDRÉS GABRIEL	"Desarrollo de sistemas de hidroxiapatita dopados con óxidos metálicos biocompatibles para aplicaciones biomédicas"

Lista de Items	Cantidad	Unidad	Precio Unitario Referencial	Precio Total Referencial	Precio Unitario Referencial +Aporte IESS	Precio Total Referencial con IVA + Aporte del IESS
1 Contratación de servicios personales por contrato						
1.1 Ayudantes de investigación	6	mes	\$ 125,00	\$ 750,00	\$ 136,44	\$ 818,63
Prestación de servicios profesionales (Homologado Escala de remuneración de servidores publicos) ASISTENTES DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL	4	mes	\$ 986,00	\$ 3.944,00	\$ 1.104,32	\$ 4.417,28
Subtotal 1			\$ 1.111,00	\$ 4.694,00	\$ 1.240,76	\$ 5.235,91
Lista de Items	Cantidad	Unidad	Precio Unitario Referencial sin IVA	Precio Total Referencial sin IVA	Precio Unitario Referencial con IVA	Precio Total Referencial con IVA
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 Advances in Ceramic Biomaterials	1		\$ 470,00	\$ 470,00	\$ 526,40	\$ 526,40
4.2 Orthopaedic Biomaterials	1		\$ 304,00	\$ 304,00	\$ 340,48	\$ 340,48
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			\$ 774,00	\$ 774,00	\$ 866,88	\$ 866,88
5 Viajes técnicos y de muestreo						
5.1 Pasajes al interior	1		\$ 200,00	\$ 200,00	\$ 224,00	\$ 224,00
5.2 Viaticos al interior	1		\$ 300,00	\$ 300,00	\$ 336,00	\$ 336,00
Subtotal 5			\$ 500,00	\$ 500,00	\$ 560,00	\$ 560,00
6 Presentación de ponencias en congresos internacionales y publicaciones						
6.1 Pasajes al exterior	1		\$ 2.000,00	\$ 2.000,00	\$ 2.240,00	\$ 2.240,00
6.2 Viaticos al exterior	1		\$ 600,00	\$ 600,00	\$ 672,00	\$ 672,00
6.3 Pago de inscripción y publicaciones	2		\$ 800,00	\$ 1.600,00	\$ 896,00	\$ 1.792,00
Subtotal 6			\$ 3.400,00	\$ 4.200,00	\$ 3.808,00	\$ 4.704,00
TOTAL				\$ 10.168,00		\$ 11.366,79



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



Director del proyecto	Título del proyecto
CHICO PROAÑO ANDRÉS GABRIEL	"Desarrollo de sistemas de hidroxiapatita dopados con óxidos metálicos biocompatibles para aplicaciones biomédicas"

Presupuesto consolidado sin IVA

AÑO	Contratación de servicios personales por contrato	Maquinaria y equipo	Reactivos y materiales de laboratorio	Literatura especializada	Viajes técnicos y de muestreo	Presentación de ponencias en congresos intrenacionales y publicaciones	Total sin IVA
1	\$ 750,00	\$ 137.271,00	\$ 1.507,28	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 139.528,28
2	\$ 7.416,00	\$ 6.413,15	\$ 10.567,06	\$ -	\$ 500,00	\$ 3.400,00	\$ 28.296,21
3	\$ 4.694,00	\$ -	\$ -	\$ 774,00	\$ 500,00	\$ 4.200,00	\$ 10.168,00
TOTAL	\$ 12.860,00	\$ 143.684,15	\$ 12.074,34	\$ 774,00	\$ 1.000,00	\$ 7.600,00	\$ 177.992,49

Presupuesto consolidado con IVA

AÑO	Contratación de servicios personales por contrato	Maquinaria y equipo	Reactivos y materiales de laboratorio	Literatura especializada	Viajes técnicos y de muestreo	Presentación de ponencias en congresos intrenacionales y publicaciones	Total con IVA
1	\$ 818,63	\$ 153.743,52	\$ 1.688,15	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 156.250,30
2	\$ 8.263,17	\$ 7.182,73	\$ 11.835,11	\$ -	\$ 560,00	\$ 3.808,00	\$ 31.649,01
3	\$ 5.235,91	\$ -	\$ -	\$ 866,88	\$ 560,00	\$ 4.704,00	\$ 11.366,79
TOTAL	\$ 14.317,70	\$ 160.926,25	\$ 13.523,26	\$ 866,88	\$ 1.120,00	\$ 8.512,00	\$ 199.266,09

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Proyecto Interno Proyecto Semilla Proyecto Junior Proyecto Multi e Inter Disciplinario

Título del proyecto:

“Desarrollo de sistemas de hidroxiapatita dopados con óxidos metálicos biocompatibles para aplicaciones biomédicas”

ANEXO 05

DECLARACIÓN FINAL

DECLARACIÓN FINAL

TIPO DE PROYECTO

Proyecto Interno Proyecto Semilla Proyecto Junior Proyecto Multi e Interdisciplinario X

TIPO DE INVESTIGACIÓN

Investigación básica Investigación aplicada X

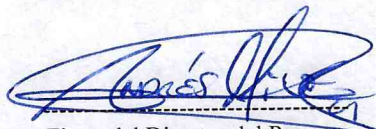
TÍTULO DEL PROYECTO

Desarrollo de sistemas de hidroxiapatita dopados con óxidos metálicos biocompatibles para aplicaciones biomédicas

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.

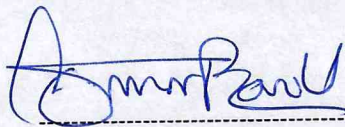


Firma del Director del Proyecto
Nombre: Andrés Gabriel Chico Proaño
C.I.: 1716589401

DECLARACIÓN DEL JEFE DE DEPARTAMENTO

Esta propuesta ha sido aprobada y avalada por el Consejo del Departamento de Ingeniería Química en sesión del día 31/08/2017 mediante resolución No. 19.....

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: Omar Fernando Bonilla Hidalgo
C.I.: 1711500122

