



## INFORME CIENTIFICO DE BECA

Legajo N°: 4286

**TIPO DE BECA** Beca Doctoral 3er año

**PERIODO** 2016 - 2017

### 1. DATOS PERSONALES

*APELLIDO: Mesa Yandy*

*NOMBRES: Angelica Maria*

*Dirección Particular: Calle: 17 N°: 2423*

*Localidad: Manuel B. Gonnet CP: 1897 Tel: 221-15-6358054*

*Dirección electrónica (donde desea recibir información, que no sea "Hotmail"):  
ammye8576@gmai.com*

### 2. TEMA DE INVESTIGACION (Debe adjuntarse copia del plan de actividades presentado con la solicitud de Beca)

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE SENSORES DE FIBRA ÓPTICA PARA MONITOREO DE ESTRUCTURAS CIVILES

**PALABRAS CLAVE (HASTA 3)** Sensores de fibra óptica    Redes de Bragg  
Estudio de materiales y estructuras

### 3. OTROS DATOS (Completar lo que corresponda)

**BECA DOCTORAL 1° AÑO** (ex ESTUDIO 1° AÑO): *Fecha inicio:*

**BECA DOCTORAL 2° AÑO** (ex ESTUDIO 2° AÑO): *Fecha inicio:*

**BECA DOCTORAL 3° AÑO** (ex PERFECCIONAMIENTO 1° AÑO): *Fecha inicio:*  
01/08/2016

**BECA DOCTORAL 4° AÑO** (ex PERFECCIONAMIENTO 2° AÑO): *Fecha inicio:*

### 4. INSTITUCION DONDE DESARROLLA LA TAREA

*Universidad y/o Centro: Centro de Investigaciones Ópticas - CIOp*

*Facultad:*

*Departamento:*

*Cátedra:*

*Otros:*

*Dirección: Calle: Camino centenario y 506 N°: S/N*

*Localidad: Manuel B. Gonnet CP: 1897 Tel: 221-484-0280*

### 5. CARGO UNIVERSITARIO (si existe, especificar categoría, dedicación, condición de ordinario, regular o interino):

### 6. CARGOS EN OTRAS INSTITUCIONES:

### 7. DIRECTOR DE BECA



*Apellido y Nombres: Russo, Nélide Araceli*

*Dirección Particular: Calle: 18 N°: 2648*

*Localidad: Manuel B. Gonnet CP: 1897 Tel: 4715249*

*Dirección electrónica: nelidar@ciop.unlp.edu.ar*

## **8. RESUMEN DE LA LABOR QUE DESARROLLA**

*Descripción para el repositorio institucional. Máximo 150 palabras.*

Análisis, diseño e implementación de sensores de fibras ópticas para el estudio de materiales y monitoreo de estructuras, utilizando sistemas interferométricos y dispositivos basados en redes de Bragg en fibra. Específicamente pueden mencionarse las siguientes actividades:

- Estudio e implementación experimental de sistemas de grabado de diferentes tipos de redes en fibra óptica (uniformes, con chirp y de periodo largo). Caracterización de la respuesta espectral de los dispositivos fabricados.
- Análisis de la evolución dimensional de pastas de cemento desde el estado fresco empleando técnicas ópticas de sensado, en particular interferométricas y basadas en redes de Bragg en fibra.
- Aplicación de esquemas de sensado basados en fibra óptica para analizar el proceso de curado de materiales poliméricos de uso dental, con el objeto de evaluar el nivel de contracción experimentado por los mismos.
- Modelado utilizando el método de la matriz de transferencia, de un sistema para la detección de grietas o fisuras en materiales, basado en redes de Bragg con Chirp.

## **9. EXPOSICION SINTETICA DE LA LABOR DESARROLLADA EN EL PERIODO.**

*Debe exponerse la orientación impuesta a los trabajos, técnicas empleadas, métodos, etc., y dificultades encontradas en el desarrollo de los mismos, en el plano científico y material. Si corresponde, explicita la importancia de sus trabajos con relación a los intereses de la Provincia.*

Las tareas realizadas en el período tuvieron por objeto básicamente completar la escritura de la Tesis para optar al título de Doctor en Ingeniería de la UNLP, realizar cursos de postgrado, así como también continuar con la tarea de investigación científica en el área de sensores de fibra óptica para estudio de materiales y monitoreo de estructuras. La metodología empleada fue esencialmente de tipo experimental, complementada con el modelado teórico de los dispositivos estudiados y/o implementados. Los resultados alcanzados dieron lugar a la presentación de trabajos en congresos científicos internacionales que se indican más adelante en este informe, y a la escritura de trabajos enviados para su publicación.

Con el objetivo final de desarrollar un sistema capaz de detectar la formación de fisuras en materiales cementicios y estructuras, empleando redes de Bragg con chirp (CFBG), se comenzó a realizar el estudio y modelado teórico correspondiente. Se verificó que es posible determinar la posición de defectos generados dentro de la red (debido a la aparición de la fisura en el material al cual está adherida), analizando su espectro de reflexión y retardo de grupo. Se realizaron simulaciones usando el Método de la Matriz de Transferencia, para diferentes posiciones de los defectos y los resultados obtenidos fueron presentados en un congreso científico internacional (LAOP 2016) y publicados en el proceeding de la reunión (ver puntos 10.1 y 12 del presente informe).

Continuando con este tema, se amplió el modelo desarrollado con el objetivo de establecer una técnica para determinar inequívocamente la posición y el tamaño (en decimas de milímetro a algunos mm de ancho) de grietas que pueden aparecer en el material. La idea básica es suponer que una CFBG es embebida en el material fresco y está sometida a una deformación generada por tensiones desarrolladas en el mismo, excepto en la pequeña porción de la red que se superpone con la grieta (ya que esa parte de la red no quedaría en

contacto con material). Adicionalmente, el modelo nos permite aplicar una fuerza externa y modular la deformación para realizar su caracterización. En nuestro modelo, consideramos la CFBG formada por un subconjunto de tres redes R1, R2 y R3, en la cual R2 es la red que se superpone a la grieta y está en el centro de la red total. Suponemos que esta porción de red es libre de tensión y sus propiedades espectrales permanecen inalteradas durante el endurecimiento del material. Luego, cuando se produce (o aplicamos en el caso del modelo) una deformación variable externa, las dos porciones restantes de la red (R1 y R3) son afectadas por dicha deformación, cambiando monótonamente el rango espectral de cada una de ellas. La sección no perturbada de la CFBG, define un Fabry-Perot con la red anterior (R1) y posterior (R3). En un rango determinado de deformaciones, la respuesta que se observa es una escalera, donde cada escalón tiene pendientes diferentes y para poder analizar esta respuesta, se consideran Fabry-Perot locales. Cada ventana espectral en la que opera el Fabry-Perot local, está limitada por el solapamiento de la reflectividad de las redes laterales, donde normalmente se ve una sola resonancia. El FSR (free spectral range) del Fabry-Perot se corresponde con cada ciclo, determinando el inicio y fin de una resonancia de la ventana espectral del Fabry-Perot y el comienzo de una nueva hacia longitudes de onda más largas, lo que produce cada uno de los escalones. Tanto la amplitud como el retardo de grupo de la red, proporcionan información útil para la caracterización de la grieta. La posición de la grieta se puede determinar gracias al chirp de la red que fija una correlación entre la posición espacial, la longitud de onda y el retardo de grupo. Además, si a los efectos del modelado se aplica una deformación externa controlable a la red embebida, se puede estimar la anchura de la grieta. Una vez que se obtienen los resultados numéricos, se puede establecer un modelo simple que explique la respuesta de la red en presencia de una grieta, sometida a una deformación variable. Este Trabajo, se está llevando a cabo con la colaboración del Dr. Miguel V. Andrés Bou del Laboratorio de Fibras Ópticas del Departamento de Física Aplicada. En este momento, se está haciendo la escritura del correspondiente trabajo científico para su publicación, siendo su título tentativo "IDENTIFICATION OF CRACKS POSITION IN MATERIALS BY USING A CHIRPED FIBER BRAGG GRATING: ANALYSIS OF A SIMPLE MODEL", Angélica Mesa Yandy, Ricardo Duchowicz, Nélide A. Russo, José L. Cruz and Miguel V. Andrés.

Por otro lado, y con el objeto de resolver una serie de indeterminaciones que surgían de la comparación entre resultados previamente obtenidos, se continuó con el estudio del proceso de fotocurado de materiales poliméricos aplicables en odontología como material de obturación. Para ello se realizó la medición simultánea tanto en el dominio temporal como en el espectral mediante un interferómetro de Fizeau. Esto permitió concluir que ambos enfoques se complementan, ya que la medida temporal permite determinar distancias con alta resolución, mientras que la medida espectral quita la ambigüedad del desconocimiento de la dirección del proceso además de proveer información absoluta de la distancia real al objeto bajo estudio. Las conclusiones obtenidas fueron presentadas en un congreso científico internacional (RIAO 2016) y el trabajo en extenso fue enviado para su publicación, encontrándose actualmente en proceso de revisión. Ver puntos 10.3 y 12 del presente informe.

Además, también se está estudiando la implementación de un sistema de grabado de redes de periodo largo (LPG), ya que estas pueden ser aplicadas en el desarrollo de sensores. Las LPG tienen periodos de decenas o cientos de micrones y longitud de unos pocos centímetros, y acoplan modos co-propagantes del núcleo y del revestimiento, por lo que sus resonancias sólo pueden medirse en el espectro de transmisión. Es decir, a diferencia de las FBG, las LPG no reflejan luz. Sin embargo, su respuesta espectral puede usarse para el sentido de diferentes parámetros. El grabado de este tipo de redes en fibra óptica, consiste básicamente en la generación de una perturbación periódica del índice de refracción en el núcleo, el revestimiento o ambos a lo largo de la fibra. De esta manera, las diferentes propiedades físicas del vidrio de la fibra óptica se pueden usar para producir una perturbación periódica del índice de refracción. Por ejemplo, puede explotarse la



fotosensibilidad al UV, el esfuerzo térmico residual, la fotoelasticidad y la modulación geométrica de la estructura del revestimiento.

En nuestro caso, se quiere implementar un sistema de grabado utilizando la técnica "punto a punto" para generar la variación de índice en cada periodo de la red. Para ello se utiliza un láser (Spectra-Physics) de titanio zafiro con pulsos de 150 fs, una frecuencia de 1 KHz y una longitud de onda central de 800 nm. Se utilizan una combinación de una placa de media onda y un polarizador para reducir la potencia del láser. El haz del láser es enfocado sobre la fibra, a la que previamente se le removió el acrilato. La fibra es además colocada en la estación de micromaquinado con que cuenta el CIOp, permitiendo su posicionamiento y desplazamiento de acuerdo al periodo que se requiera. Para monitorear el grabado se utiliza un interrogador de redes (que posee una fuente laser sintonizable) o un analizador de espectro óptico en conjunción con una fuente de banda ancha en la región de 1550 nm.

Se realizaron diferentes pruebas variando parámetros claves para el grabado, como son: el periodo, la potencia del láser y el tiempo de exposición, para de esta manera evaluar el daño requerido para el grabado de este tipo de redes.

Con el fin de discernir el valor adecuado del periodo a utilizar y así lograr el acople de modos en la zona espectral deseada, se empleó un sistema de presión mecánica que produce temporalmente la modulación del índice en el núcleo y revestimiento por el efecto de la fotoelasticidad. Para ello se emplearon cilindros de acero o de grafito, cuyos diámetros oscilaron entre 500 y 700 micrones, y sirvieron para definir el periodo de la LPG. Los mismos fueron colocados paralelos y entre dos discos, en donde se dispuso la fibra perpendicular al eje de los cilindros con el objeto de ser presionada. De esta manera, se generaron curvaturas periódicas de diferente espaciado, que originaron redes de distinto periodo. Para optimizar la respuesta en transmisión de la red, también se varió el número de cilindros y la presión que se ejerció sobre los discos, mientras la misma era monitoreada.

Además de generar este tipo de LPG temporales con un periodo determinado por el diámetro de los cilindros, también es posible variar el periodo cambiando el ángulo en el cual se coloca la fibra. En las pruebas realizadas éste fue variado entre 0 y 40 grados, lo que permitió sintonizar la longitud de onda de transmisión entre 1532.6 y 1581.8 nm.

Por otro lado, se realizaron pruebas variando la potencia del laser de fs con el que se irradió la fibra, con el objeto de encontrar una potencia que le hiciera un daño pero que no la cortara. Para ello, se observaron los daños producidos en un microscopio. También se ensayaron diferentes tiempos de exposición. Como no se lograba grabar la red a pesar de utilizar los parámetros que se suponían apropiados, se modificó la forma de irradiar la fibra, sin lograr aún una respuesta adecuada correspondiente a la generación de una LPG.

Actualmente se están analizando nuevas alternativas tendientes a la fabricación de redes de periodo largo.

Como se mencionó previamente, también se ha finalizado la redacción de la Tesis, la cual está siendo evaluada por los directores, y se completaron los cursos requeridos para la carrera de Doctorado en Ingeniería de la Universidad Nacional de la Plata. A continuación se transcribe el Resumen de la Tesis:

"En el desarrollo de la Tesis se diseñaron y aplicaron diferentes técnicas que incorporan sensores basados en fibra óptica para evaluar su rendimiento al ser utilizados en el estudio de materiales compuestos poliméricos y cementicios. En particular se utilizaron dispositivos de tipo interferométrico, debido a su alta sensibilidad y por su precisión sub-micrométrica. Por otro lado, la tecnología de fibra óptica permite desarrollar sensores poco invasivos que pueden embeberse en el material bajo estudio durante su elaboración, sin modificar sus propiedades. Tal es el caso de las redes de Bragg grabadas en fibra óptica fotosensible. De esta manera, para caracterizar el proceso de curado y endurecimiento de materiales como los mencionados, se estudió su evolución dimensional mediante el empleo de sensores interferométricos tipo Fizeau (IF) y sensores basados en redes de Bragg (FBG). Además, en el caso del monitoreo del curado de resinas poliméricas, se analizaron tanto la respuesta espectral como la temporal del interferómetro, determinándose que ambas se complementan entre sí. La medición temporal permite determinar distancias con alta resolución, mientras que la medición espectral elimina la ambigüedad de no conocer la



dirección del proceso (es decir, si el material se expande o se contrae), así como también proporciona información completa acerca de la distancia real al objeto bajo estudio.

Las resinas fotocurables analizadas son de aplicación en odontología, por lo que resulta de sumo interés evaluar el grado de contracción del material durante el curado, ya que eso puede generar grietas que dan lugar a la formación de caries.

En el caso de los materiales cementicios, los avances realizados en el desarrollo de nuevas formulaciones mediante la introducción de diversos aditivos a las mezclas, han dado origen a líneas de investigación que requieren técnicas de caracterización cada vez más precisas y más sensibles. En este tipo de materiales, no se pueden evaluar los cambios dimensionales durante el estado fresco con los métodos mecánicos utilizados normalmente, ya que éstos pueden ser empleados solo cuando el material ha alcanzado algún grado de solidificación. En los estudios realizados, la aplicación de técnicas ópticas hizo posible llevar a cabo el seguimiento del proceso completo de fraguado del cemento, a partir del momento de elaboración de la mezcla. Cuando la muestra alcanzó cierto grado de rigidez, se realizó la medición simultánea con técnicas ópticas y mecánicas con el objeto de contrastar los resultados obtenidos, encontrándose una perfecta correspondencia entre los mismos. Sin embargo, la medición empleando técnicas ópticas permitió determinar la existencia de un nivel de contracción en el material que generalmente es ignorado, pero que puede dar lugar a la generación de tensiones internas que originan la formación de grietas microscópicas en edad temprana las cuales causan problemas a largo plazo.

Finalmente, la monitorización de cambios de temperatura, del desarrollo de tensiones y la detección de grietas, su progresión y cualquier deterioro de las propiedades elásticas de un material, tiene un interés tecnológico permanente en áreas como la aeronáutica y la obra civil. Por ello, se planteó una propuesta de detección de grietas basada en el uso de redes de Bragg con chirp (CFBG), para lo cual se simuló su comportamiento mediante el método de la matriz de transferencia y se planteó un esquema experimental de medición."

## 10. TRABAJOS DE INVESTIGACION REALIZADOS O PUBLICADOS EN ESTE PERIODO.

**10.1 PUBLICACIONES.** *Debe hacer referencia exclusivamente a aquellas publicaciones en la cual se haya hecho explícita mención de su calidad de Becario de la CIC (Ver instructivo para la publicación de trabajos, comunicaciones, tesis, etc.). Toda publicación donde no figure dicha mención no debe ser adjuntada ya que no será tomada en consideración. A cada trabajo asignarle un número e indicar el nombre de los autores, en el mismo orden en que aparecen en la publicación, informe o memoria técnica, lugar donde fue publicado, volumen, página y año si corresponde. En cada trabajo que el becario presente -si lo considerase de importancia- agregará una nota justificando el mismo y su grado de participación. Asimismo, en cada caso deberá indicar si el trabajo se encuentra depositado en el repositorio institucional CIC-Digital.*

1) "DETERMINATION OF THE POSITION OF DEFECTS GENERATED WITHIN A CHIRPED FIBER BRAGG GRATING BY ANALYZING ITS REFLECTION SPECTRUM AND GROUP DELAY"; Angélica M. Mesa Yandy, José L. Cruz, Nélica A. Russo, Ricardo Duchowicz and Miguel V. Andrés. En: "Latin America Optics & Photonics Conference" (Optical Society of America, 2016), paper LTu4A.36.

ISBN: 978-1-943580-16-3

<https://doi.org/10.1364/LAOP.2016.LTu4A.36>

Se adjunta una copia en papel de la publicación.

**10.2 TRABAJOS EN PRENSA Y/O ACEPTADOS PARA SU PUBLICACIÓN.** *Debe hacer referencia exclusivamente a aquellos trabajos en los que haya hecho explícita mención de su calidad de Becario de la CIC (Ver instructivo para la publicación de trabajos, comunicaciones, tesis, etc.). Todo trabajo donde no figure dicha mención no debe ser adjuntado porque no será tomado en consideración. A cada trabajo, asignarle un número e indicar el nombre de los autores en el mismo orden en que aparecen en la*



*publicación y el lugar donde será publicado. A continuación, transcribir el resumen (abstract) tal como aparecerá en la publicación. La versión completa de cada trabajo se presentará en papel, por separado, juntamente con la constancia de aceptación. En cada trabajo, el becario deberá aclarar el tipo o grado de participación que le cupo en el desarrollo del mismo y, para aquellos en los que considere que ha hecho una contribución de importancia, deberá escribir una breve justificación.*

**10.3 TRABAJOS ENVIADOS Y AUN NO ACEPTADOS PARA SU PUBLICACION.** *Incluir un resumen de no más de 200 palabras de cada trabajo, indicando el lugar al que ha sido enviado. Adjuntar copia de los manuscritos.*

Un manuscrito correspondiente a la versión extendida del trabajo presentado en la IX Reunión Iberoamericana de Óptica y XII Reunión Iberoamericana de Óptica, Láseres y Aplicaciones (RIAO/OPTILAS 2016), ha sido enviado para publicación como artículo en la revista Óptica Pura y Aplicada (OPA) de España. Se adjunta copia papel del manuscrito.

Título del trabajo: "SPECTRAL FIZEAU INTERFEROMETER APPLIED TO DENTAL POLYMERIC RESINS EARLY SHRINKAGE DETERMINATION"

Autores: J. Antonacci, A. M. Mesa Yandy, N. A. Russo, R. Duchowicz, G. F. Arenas

Resumen:

In this work it is presented a variant of the well know Fiber Optic Fizeau Interferometer analyzed in the spectral domain and applied to the study of the shrinkage experimented by photocured polymeric resins. This approach, which maintains its main characteristics of being non invasive and intrinsically self-calibrated, is sensitive to changes in the direction of evolution of the interferometric cavity length which is being measured. The Spectral Domain Fiber Optic Interferometer (SDFFOI) generates typical response curves that must to be processed in order to obtain the measurement related to the cavity length for every moment in time. The cavity is formed between the sample under test and the fiber optic tip itself. In particular, this sensor is used to determine whether or not exothermal effects from photocuring reactions affect the net shrinkage measured in the samples.

**10.4 TRABAJOS TERMINADOS Y AUN NO ENVIADOS PARA SU PUBLICACION.** *Incluir un resumen de no más de 200 palabras de cada trabajo.*

**10.5 COMUNICACIONES.** *Incluir únicamente un listado y acompañar copia en papel de cada una. (No consignar los trabajos anotados en los subtítulos anteriores).*

**10.6 INFORMES Y MEMORIAS TECNICAS.** *Incluir un listado y acompañar copia en papel de cada uno o referencia de la labor y del lugar de consulta cuando corresponda. Indicar en cada caso si se encuentra depositado en el repositorio institucional CIC-Digital.*

## **11. PUBLICACIONES Y DESARROLLOS EN:**

### **11.1 DOCENCIA**

### **11.2 DIVULGACIÓN**

### **11.3 OTROS**



En cada caso indicar si se encuentran depositados en el repositorio institucional CIC-Digital.

**12. PARTICIPACION EN REUNIONES CIENTIFICAS.** *Indicar la denominación, lugar y fecha de realización, tipo de participación que le cupo, títulos de los trabajos o comunicaciones presentadas y autores de los mismos.*

En los trabajos consignados a continuación, se participó en la realización de las actividades vinculadas a su implementación experimental, análisis e interpretación de los resultados, modelado de los fenómenos estudiados, y escritura del correspondiente artículo científico.

1) "Latin America Optics & Photonics Conference - LAOP 2016", realizada en la ciudad de Medellín, Colombia, del 22 al 25 de agosto de 2016. Se presentó el siguiente trabajo: "DETERMINATION OF THE POSITION OF DEFECTS GENERATED WITHIN A CHIRPED FIBER BRAGG GRATING BY ANALYZING ITS REFLECTION SPECTRUM AND GROUP DELAY", Angélica Mesa Yandy, José L. Cruz, Nélide A. Russo, Ricardo Duchowicz and Miguel V. Andrés. Se adjunta una copia en papel del póster.

2) "IX Reunión Iberoamericana de Óptica y XII Reunión Iberoamericana de Óptica, Láseres y Aplicaciones (RIAO/OPTILAS 2016)", realizada en Pucón, Región de la Araucanía, Chile, del 21 al 25 de noviembre de 2016. Se presentó el siguiente trabajo: "INTERFERÓMETRO DE FIZEAU ESPECTRAL APLICADO A LA DETERMINACIÓN DE CONTRACCION INICIAL EN RESINAS POLIMÉRICAS DENTALES", J. Antonacci, A. M. Mesa Yandy, N. A. Russo, R. Duchowicz, G. F. Arenas. Se adjunta una copia en papel del trabajo publicado en el libro de resúmenes del congreso.

3) Se asistió al TERCER CONGRESO INTERNACIONAL CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO DE LA PCIA. DE BUENOS AIRES: "Investigación, Desarrollo e Innovación para una Provincia en Crecimiento". Lugar: Teatro Argentino, La Plata, Argentina. Fecha: 1 de septiembre de 2016. Organizado por la Comisión de Investigaciones Científicas de la Pcia. de Bs. As. Se adjunta copia del correspondiente Certificado de Asistencia.

**13. CURSOS DE PERFECCIONAMIENTO, VIAJES DE ESTUDIO, ETC.** *Señalar características del curso o motivo del viaje, período, instituciones visitadas, etc, y si se realizó algún entrenamiento.*

Los cursos de perfeccionamiento realizados durante el periodo de la Beca, que permitieron completar los requisitos del doctorado en Ingeniería son:

1."Tecnologías de fibras ópticas aplicadas al desarrollo de sensores", curso valido para carreras de postgrado, con una duración de 40 horas. Coordinador del curso: Dr. Ricardo Duchowicz. Docentes: Dr. Ricardo Duchowicz, Dr. Enrique Sicre, Dra. Nelida Russo e Ing. Sergio Noriega. Curso de postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de la Plata, dictado en el Centro de Investigaciones Ópticas. Fecha inicio: 12 de septiembre de 2016. Calificación obtenida: 9 puntos.

Este curso brinda conocimiento directamente relacionado con el tema de Tesis. Está enfocado en el análisis de las propiedades de diferentes dispositivos basados en la tecnología de fibras ópticas y su aplicación en el área de sensores. Se adjunta una copia en papel del Certificado de Aprobación del curso.

2."LABVIEW: entorno de programación básica para sistemas de medición, automatización y control", es un curso de formación continua, con una duración de 48 horas. El Docente a cargo del curso fue el Ing. José Gialonardo. El Curso fué dictado en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de la Plata. Calificación obtenida: 9 puntos.



Este curso brinda conocimientos relacionados con la herramienta LabVIEW, explorando el entorno y permitiendo desarrollar aplicaciones de adquisición y control de equipos de laboratorio. Se adjunta una copia en papel del Certificado de Aprobación del curso.

- 14. SUBSIDIOS RECIBIDOS EN EL PERIODO.** *Indicar institución otorgante, fines de los mismos y montos recibidos.*
- 15. DISTINCIONES O PREMIOS OBTENIDOS EN EL PERIODO.**
- 16. TAREAS DOCENTES DESARROLLADAS EN EL PERIODO.** *Indicar el porcentaje aproximado de su tiempo que le han demandado.*
- 17. OTROS ELEMENTOS DE JUICIO NO CONTEMPLADOS EN LOS TITULOS ANTERIORES.** *Bajo este punto se indicará todo lo que se considere de interés para la evaluación de la tarea cumplida en el período.*

Se participó en la "FERIA DE ÓPTICA Y COMUNIDAD ASOCIADA A LA LUZ - FOCAL", donde se expusieron diferentes aplicaciones de sensores basados en fibra óptica. En particular, se realizaron demostraciones experimentales vinculadas a la medición de deformaciones y temperatura a través del monitoreo de la respuesta espectral de redes de Bragg. Lugar: Edificio Central de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata. Fecha: 19 y 20 de Agosto de 2016.

**18. DESCRIPCION DEL AVANCE EN LA CARRERA DE DOCTORADO.**

*Debe indicarse los logros alcanzados en la carrera de Doctorado en relación a los requisitos particulares de la misma (cursos, seminarios, trabajos de campo, etc), así como el porcentaje estimado de avance en la tesis.*

En cuanto al estado de avance de la Carrera de Doctorado en Ingeniería, la tarea de investigación que se presenta en la Tesis está completada en un 100%, al igual que la escritura de la misma. En este momento, la Tesis se encuentra en proceso de revisión por parte del Director y la Co-Directora de la misma. Asimismo, se ha completado la realización de los cursos de postgrado requeridos. Se prevee en corto plazo elevar el trabajo de tesis desarrollado, a las autoridades de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata, a fin de proceder a la defensa oral y publica del mismo.

**19. TITULO Y PLAN DE TRABAJO A REALIZAR EN EL PROXIMO PERIODO.** *Deberán indicarse claramente las acciones a desarrollar.*

Se continuarán realizando las actividades oportunamente comprometidas al momento de presentar la solicitud de Beca en el marco de la convocatoria a Proyectos para el Fortalecimiento de Centros CIC - FCCIC16.

A continuación se indican las actividades a realizar en el próximo período, dado que el Plan de Trabajo oportunamente presentado estaba diseñado para ser llevado a cabo en dos años de beca.

**TITULO DEL TEMA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño e implementación de sensores de fibra óptica para monitoreo de estructuras civiles

**PLAN DE TRABAJO:**

Los sensores basados en fibras ópticas son extensamente utilizados en aplicaciones de sensado remoto tales como: monitoreo de estructuras civiles (puentes, edificios, carreteras, túneles, vías ferroviarias, etc.), testeo no destructivo en procesos de fabricación, evaluación





de diferentes parámetros en la industria automotriz y aeroespacial (esfuerzo, temperatura, presión, vibraciones, desplazamiento, etc.), entre otras. Una de sus principales ventajas radica en que permiten resolver situaciones de medición en las cuales los sensores convencionales no son apropiados, por ej. cuando deben utilizarse en un ambiente corrosivo, radiactivo, explosivo, en condiciones de temperaturas extremas o en presencia de interferencias electromagnéticas. Además, son compactos y livianos, no-invasivos y pueden multiplexarse en una única red de fibra para su interrogación, permitiendo el sensado en una gran cantidad de puntos de una estructura con una única fuente luminosa y un único equipo de detección y procesamiento. También pueden ser embebidos en diversos materiales sin degradar su resistencia, admitiendo su integración en grandes estructuras donde se requiere una supervisión continua y periódica del estado de salud del sistema.

Así por ej., las redes de Bragg (FBG) y las redes de período largo (LPG) grabadas en fibra óptica fotosensible constituyen sensores extremadamente sensibles, en los que la información se extrae a partir del monitoreo de las variaciones producidas sobre sus características espectrales por el parámetro a sensar. Esto permite el monitoreo de cambios de temperatura o del desarrollo de tensiones en el material, el seguimiento de cargas distribuidas, la detección temprana de fallas (grietas o fisuras), su progresión y cualquier deterioro de las propiedades elásticas del material, por lo que resultan herramientas fiables y precisas para supervisar el estado de elementos estructurales en obras civiles.

En este contexto, en una primera etapa, una vez finalizado el proceso de corrección, se concretará la defensa oral y publica del trabajo de Tesis Doctoral en Ingeniería, redactada en el primer año de beca.

Posteriormente, se continuará con el diseño e implementación de sensores basados en diferentes tipos de redes de difracción (uniformes, chirpeadas, de período largo, etc.) grabadas en fibra óptica, o en técnicas interferométricas, para el estudio de materiales o monitoreo de estructuras. Los mismos estarán destinados por ejemplo a la medición de parámetros relevantes en el mantenimiento de estructuras civiles, tales como deformación, tensión, localización de grietas en hormigón, etc. De ser posible, se analizarán además posibles esquemas para la medición de cargas dinámicas (por ej. detección de vibraciones). En particular, se desarrollarán sensores basados en redes de Bragg con chirp para la monitorización de perturbaciones distribuidas en materiales cementicios o poliméricos, tanto durante su curado como debido a la aplicación de cargas. En este sentido, se realizarán las acciones tendientes a implementar experimentalmente el sistema de detección de fallas o fisuras en un material, que comenzó a modelarse en el primer año de beca. Además, será necesario investigar y experimentar diferentes formas de fijación del sensor a la muestra, o de protección del transductor cuando el mismo deba embeberse en el material. También será necesaria la caracterización previa del mismo y el análisis de los procesos transitorios generados durante el fijado. Posteriormente, se solicitará la colaboración de investigadores del LEMIT con el objeto de posibilitar la aplicación de carga a muestras de hormigón y así generar fisuras en el material bajo estudio.

Por otro lado, se continuará investigando la posibilidad de grabado de redes de período largo en fibra óptica, con el objeto de generar elementos transductores aplicables en nuevos esquemas de sensado. Se realizará la caracterización espectral de estos elementos y se simulará su comportamiento con vistas a desarrollar diferentes aplicaciones.

Además, se implementarán los dispositivos ópticos y electrónicos necesarios para el acondicionamiento de la señal óptica, su detección y procesamiento, lo que incluye los algoritmos de cálculo necesarios para la obtención de los parámetros a sensar.

Firma del Director

Dra. Nélida A. Russo

Firma del Becario

Ing. Angelica Maria Feri Ferri