

---

# Desarrollo de un sistema semiautomatizado para la fabricación de redes de período largo en fibras ópticas mediante la técnica de inducción por arco eléctrico

---

**Diego Horacio Alustiza**

1. Grupo Fibras Ópticas, Centro de Investigaciones Ópticas (CONICET, CIC, UNLP). 2. Grupo IEC, Depto. de Ciencias Básicas (UTN FRLP), Argentina  
dalustiza@frlp.utn.edu.ar

**Marcos Mineo**

Grupo Fibras Ópticas, Centro de Investigaciones Ópticas (CONICET, CIC, UNLP), Argentina

**Juan José Carrillo Pavón**

Grupo IEC, Depto. de Ciencias Básicas (UTN FRLP), Argentina

**Paulina Rabatin**

Grupo IEC, Depto. de Ciencias Básicas (UTN FRLP), Argentina

**Narella Ghiglino**

Grupo IEC, Depto. de Ciencias Básicas (UTN FRLP), Argentina

**Ingenio Tecnológico**

vol. 7, e056, 2025

Universidad Tecnológica Nacional, Argentina

ISSN-E: 2618-4931

Periodicidad: Frecuencia continua

ingenio@frlp.utn.edu.ar

Recepción: 18 febrero 2025

Aprobación: 10 marzo 2025

URL: <https://portal.amelica.org/ameli/journal/266/2665247003/>

**Resumen:** Una red de período largo en una fibra óptica es un dispositivo que puede ser empleado tanto en el campo de las comunicaciones como en el del sensado de una gran variedad de magnitudes físicas y químicas. En este último ámbito de aplicación, presenta características que la posicionan convenientemente frente a otros sensores que están basados en principios de funcionamiento no ópticos (eléctricos o electroquímicos, por ejemplo). En el Centro de Investigaciones Ópticas se han realizado exitosamente pruebas de fabricación de este tipo de dispositivos empleando la técnica llamada "inducción por arco eléctrico". Para ello se implementó un arreglo experimental de características fundamentalmente manuales, cuyos resultados fueron oportunamente publicados. En este artículo se describe la arquitectura de un nuevo arreglo experimental implementado para la fabricación de redes de período largo que surgió como una evolución natural del arreglo manual previamente ensayado. El nuevo sistema emplea conceptos de automatización en la fase más sensible del proceso de generación de las redes. Se reportan los resultados preliminares obtenidos luego de su implementación en el laboratorio, discutiendo las diferencias operativas y de desempeño respecto del arreglo experimental manual del cual proviene.

**Palabras clave:** Fibras Ópticas, Red de Período Largo, Fabricación, Método de Inducción por Arco Eléctrico.

**Abstract:** A long-period grating in an optical fiber is a device that can be used both in the field of communications and in the sensing of a wide variety of physical and chemical magnitudes. In the last mentioned application field, it has characteristics that position it conveniently compared to sensors based on non-optical operating principles (electrical or electrochemical, for example). At the Centro de Investigaciones Ópticas, manufacturing tests of this type of device have been successfully carried out using the technique called "electric arc induction." For this purpose, an experimental arrangement with fundamentally manual characteristics was implemented, the results of which were duly published. This article describes the architecture of a new experimental setup implemented for the fabrication of long-period gratings that emerged as a natural evolution of the manual setup previously tested. The new system employs

automation concepts in the most sensitive phase of the grating generation process. Preliminary results obtained after its implementation in the laboratory are reported, discussing its operational and performance differences compared to the manual experimental setup from which it originates.

**Keywords:** Optical Fiber, Long Period Grating, Fabrication, Electric Arc Induction Technique.

## INTRODUCCIÓN

Desde su aparición, los sistemas basados en el uso de fibras ópticas han evolucionado sistemáticamente año tras año tanto en el campo de las comunicaciones como en el del sensado de distintas magnitudes de interés en actividades científicas e ingenieriles (Anusha, 2015; Ferdinand, 2014). Si bien los principales avances fueron producidos a causa de los requerimientos fundamentalmente asociados al auge de las comunicaciones, la implementación de sistemas de sensado basados en el uso de fibras ópticas también experimentó un gran progreso. Esto es en esencia debido a que las tecnologías aplicadas en los sistemas de comunicación son plenamente usables en los sistemas de sensado y monitoreo de magnitudes. Por lo mencionado, la actual existencia de dispositivos y componentes de fibra óptica disponibles en el mercado para el diseño de sistemas de medición posibilita la implementación de una gran variedad de arquitecturas.

Durante las últimas tres décadas se verificó un notorio crecimiento de las aplicaciones tecnológicas y científicas en las que se emplean sensores de fibra óptica (OFS, Optical Fiber Sensors) debido a una serie de características que los posicionan ventajosamente frente a sensores basados en principios convencionales de funcionamiento (mecánicos, eléctricos, químicos, electroquímicos, etc) (Lecler y Meyrueis, 2012).

Uno de los dispositivos de fibra óptica, que despertó gran interés en el mundo científico, es el denominado red de período largo (LPG, Long Period Grating). Debido a que su comportamiento óptico es sensible a la temperatura, a la deformación axial de la fibra óptica y al índice de refracción del medio circundante, un dispositivo de este tipo puede emplearse como sensor de cualquier magnitud relacionada de alguna manera con las tres magnitudes mencionadas.

Existen diferentes técnicas para la generación de LPG en fibras ópticas (Alustiza et al., 2023). En el Centro de Investigaciones Ópticas (CIOp, dependiente de CONICET – CIC – UNLP) se experimentaron varias de ellas. En tal contexto se desarrolló un arreglo de fabricación de LPGs que emplea la técnica llamada “inducción por arco eléctrico” que fue mejorado sistemáticamente alcanzándose un elevado punto de madurez debido a que involucra procesos que son altamente compatibles con las facilidades instaladas y disponibles en los laboratorios de la institución mencionada. Las pruebas realizadas al respecto evidenciaron resultados positivos que fueron publicados oportunamente (Alustiza et al., 2021; Alustiza et al., 2023).

En este artículo se describe la arquitectura de un nuevo arreglo experimental desarrollado en el CIOp para la fabricación de LPGs empleando la técnica de inducción por arco eléctrico. El mismo surgió como una evolución natural del arreglo previamente articulado, pero con la diferencia de que el nuevo sistema emplea conceptos de automatización en la fase más sensible del proceso de generación de las LPGs. Así mismo, se reportan los resultados preliminares obtenidos luego de su implementación en el laboratorio, discutiendo sus diferencias operativas y de desempeño respecto del arreglo experimental manual del cual proviene.

## MARCO TEÓRICO

Una fibra óptica es un elemento óptico con forma cilíndrica cuyo principal atributo es que posee la propiedad de guiar radiación lumínica conservando significativamente su intensidad en un rango determinado de longitudes de onda. Desde el punto de vista estructural se encuentra constituida por dos regiones cilíndricas y concéntricas caracterizadas por diferentes índices de refracción de forma tal que una de ellas (núcleo) se encuentra contenida por la otra (revestimiento). El fenómeno de propagación de luz (cuyo abordaje teórico puede ser realizado a través de la aplicación del modelo asociado al fenómeno de reflexión interna total) se verifica fundamentalmente en el núcleo de la fibra debido al desbalance de índices mencionado (Mitschke, 2009).

En términos simples, una LPG es una estructura generada dentro de una fibra óptica que presenta un cambio periódico del índice de refracción en el sentido longitudinal. La Fig. 1 muestra una imagen que simboliza la existencia de una LPG en un segmento de fibra óptica. El conjunto de zonas mostradas en color oscuro (marcas) representan pequeñas regiones de la fibra óptica en las que se disminuyó el diámetro mediante el empleo de una acción conjunta de tracción mecánica y elevación de temperatura debido a un arco eléctrico (técnica conocida como “inducción por arco eléctrico”). La generación de una secuencia de marcas separadas longitudinalmente una distancia fija ( $\Lambda$ , período de red) resulta en la conformación de una LPG debido a que el índice de refracción se ve alterado en las regiones en las que se generan las marcas.

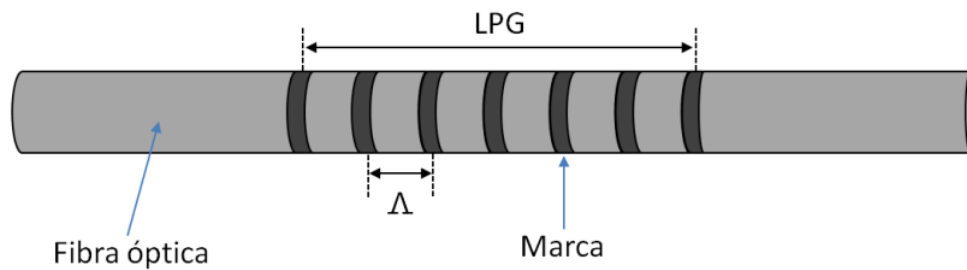


Fig. 1.  
Segmento de fibra óptica que contiene una LPG.

La existencia de esta alteración periódica del índice de refracción a lo largo de un segmento de fibra óptica, hace que esta región se comporte como una red de difracción alterando la dirección de propagación de la luz para determinadas longitudes de onda. Por lo anterior, dado un tramo de fibra óptica en el que se encuentra una estructura del tipo LPG e inyectado un haz de luz de banda ancha por un extremo del tramo (puerto de entrada), se observa en el extremo opuesto (puerto de salida) que la potencia lumínica asociada a ciertas longitudes de onda es fuertemente atenuada (Alustiza et al., 2023). La Fig. 2 muestra un esquema que representa tal efecto. El segmento de color azul señala la existencia de la LPG dentro de la fibra. Sólo a modo de ejemplo y suponiendo que la composición espectral del haz inyectado en la fibra óptica contiene todos los colores del rango visible, la distribución de la potencia óptica en el rango de longitudes de onda del haz de salida presenta espacios con “falta” de luz (o luz cuya intensidad es fuertemente reducida) que están esquematizados a través de zonas de color negro en el degradé de colores de la figura.

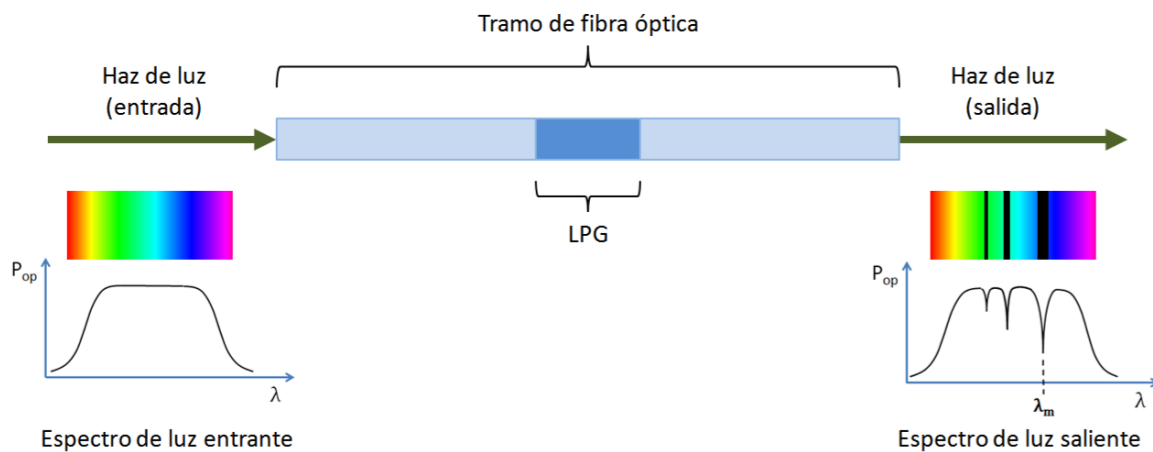


Fig. 2.

Descripción espectral de los haces de entrada y salida a un tramo de fibra óptica en el que se encuentra una LPG.

Como se exhibe en la Fig. 2, la característica espectral del haz de salida presenta picos de atenuación (*dips*) en las zonas con ausencia de potencia óptica. Las posiciones espectrales de tales picos dependen fundamentalmente de las características geométricas de la LPG, y su valor numérico puede ser calculado mediante el modelo simplificado (1):

$$\lambda_m = (n_{\text{eff}}^{\text{co}} - n_{\text{eff}}^{\text{cl},m}) \Lambda \quad (1)$$

En donde,  $\lambda_m$  es la longitud de onda de resonancia del m-ésimo modo de propagación acoplado al revestimiento,  $n_{\text{eff}}^{\text{co}}$  y  $n_{\text{eff}}^{\text{cl},m}$  son los índices de refracción efectivos del núcleo y del revestimiento respectivamente, y  $\Lambda$  es el período espacial de la modulación de índice (también llamado período de red). Cabe mencionar que la expresión (1) surge de la aplicación de la llamada “condición de ajuste de fase” (Martínez-Ríos, 2012).

Como fue mencionado, las posiciones espectrales de los *dips* de atenuación dependen de tres magnitudes asociadas a la carga ambiental a la que está sometida la fibra óptica en la que se encuentra la LPG. La Fig. 3 esquematiza esta dependencia mostrando el cambio de posición espectral de un *dip* ubicado en la longitud de onda  $\lambda_m$ . La función  $f$  modela la dependencia de  $\lambda_m$  con el índice de refracción del medio que rodea a la fibra óptica ( $n_{\text{mrf}}$ ), la temperatura ( $T$ ) y el strain ( $\epsilon$ ). Este efecto es el que justifica el uso de este tipo de dispositivos ópticos como elementos sensibles para medir tales magnitudes. Se han publicado numerosos estudios tanto teóricos como experimentales que evidencian la sensibilidad de la posición espectral del *dip* de atenuación a las tres magnitudes mencionadas (Alustiza et al., 2021).

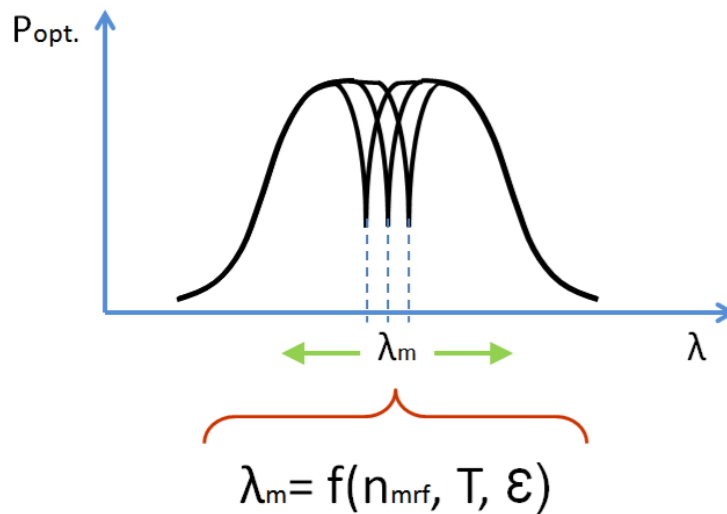


Fig. 3.

Dependencia de la posición espectral del *dip* de atenuación con el valor del índice de refracción del medio que rodea a la fibra ( $n_{\text{mf}}$ ) la temperatura (T) y el strain ( $\epsilon$ ).

## DESARROLLO

Con el objetivo de comparar la arquitectura del sistema de generación de LPGs recientemente desarrollado con el previo, se describe a continuación el concepto metodológico implementado en ambos.

La clave para la formación de una LPG es la generación de una serie de marcas extendidas en el sentido axial de la fibra. Como se mencionó, una marca puede ser generada sometiendo a la fibra óptica a la acción de un arco eléctrico durante un determinado lapso de tiempo. Si bien actualmente siguen estudiándose los mecanismos de inducción del cambio en el valor del índice de refracción por los efectos de un arco eléctrico, existen especulaciones científicas que indican que éstos son consecuencia de fenómenos térmicos que esencialmente afectan el orden estructural del material a nivel microscópico (Mendez do Rego, 2006).

Para la obtención de un arco eléctrico se empleó una máquina empalmadora de fibra óptica por fusión modelo FSM-100PM de la firma Fujikura. En ésta se desarrolló un programa que permite generar marcas en fibras ópticas a través de un algoritmo que coordina a las tres variables involucradas en el proceso: potencia del arco eléctrico, tracción axial de la fibra durante la acción del arco y finalmente la duración de la aplicación del arco. El desarrollo del algoritmo fue el resultado de un extenso estudio que implicó la puesta en práctica de una secuencia de pruebas en las que se exploró la influencia de la variación controlada de las tres variables mencionadas sobre las características de las marcas obtenidas.

La Figura 4 muestra un diagrama en bloques que esquematiza el sistema de generación de LPGs previamente desarrollado y basado en el empleo de la mencionada máquina empalmadora de fibra óptica (EFO). El bloque F representa una fuente lumínica (diodo superluminiscente de la firma Exalos) empleada para la inyección de luz en el sistema durante la generación sistemática de las marcas. La fuente lumínica fue alimentada por un driver de corriente de la empresa Newport modelo 505, y controlada en temperatura por un sistema de la misma firma, modelo 325. El bloque D de la figura representa al sistema de detección de luz que permitió monitorear (durante la generación de las marcas) la evolución de las características espectrales del haz emergente por el puerto de salida del tramo de fibra óptica. El instrumento empleado como sistema de detección fue un analizador de espectros ópticos (OSA) de la firma Yokogawa modelo AQ6370. El bloque M indica la existencia de una masa utilizada para ejercer un efecto de tracción por acción gravitatoria. El elemento usado para ello fue un holder de fibra óptica de la firma Fujikura de  $[31,14 \pm 0,01]$  g (medición realizada mediante el empleo de una balanza de precisión de la firma Sartorius modelo 1801 004). La inclusión de M permitió que durante el proceso de formación de la LPG la fibra óptica esté tensionada con la misma intensidad para cada marca efectuada. El bloque P representa a una polea que fue parte del mecanismo de tracción comentado. El diámetro de P fue tal que no generó pérdidas ópticas apreciables de potencia lumínica a causa de la curvatura a la que la fibra óptica fue sometida (radio mayor a 1 cm). La fibra óptica fue dispuesta de forma tal que ésta quedó sometida a la zona de influencia del arco eléctrico generado entre los electrodos E pertenecientes a la EFO. El bloque DL representa al elemento usado (desplazador lineal manual) para mover a la fibra en sentido axial una determinada distancia fija de marca en marca. El mismo cuenta con un comando que fue manipulado por el operador. Finalmente el bloque S representa al soporte empleado para ajustar la altura del DL en virtud de asegurar la correcta alineación vertical de la fibra.

Dirección de desplazamiento de la  
fibra óptica

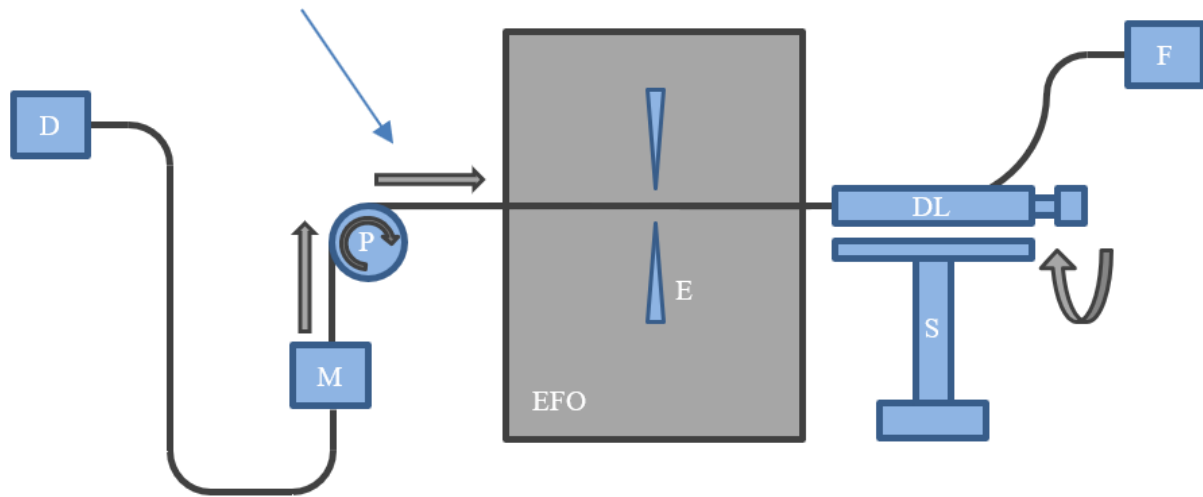


Fig. 4.

Arquitectura del sistema previamente desarrollado para la generación de LPGs.

La Fig. 5 muestra un diagrama en bloques que describe la arquitectura del nuevo sistema implementado para la generación de LPGs. Se observa que los bloques DL y S del sistema previo fueron reemplazados por una serie de bloques que cumplen con la misma función en esencia, con la diferencia de que en el nuevo sistema el desplazamiento axial es realizado mediante la acción de un motor paso a paso representado por el bloque Mt (de la firma Techno, modelo HL31SBM512040005). Éste último fue comandado por una computadora (demarcada como bloque PC) a través de una comunicación USB. El bloque CRL representa a un sistema que convierte el movimiento angular del eje del motor Mt en un movimiento lineal del vagón DL al cual fue solidarizada la fibra óptica.

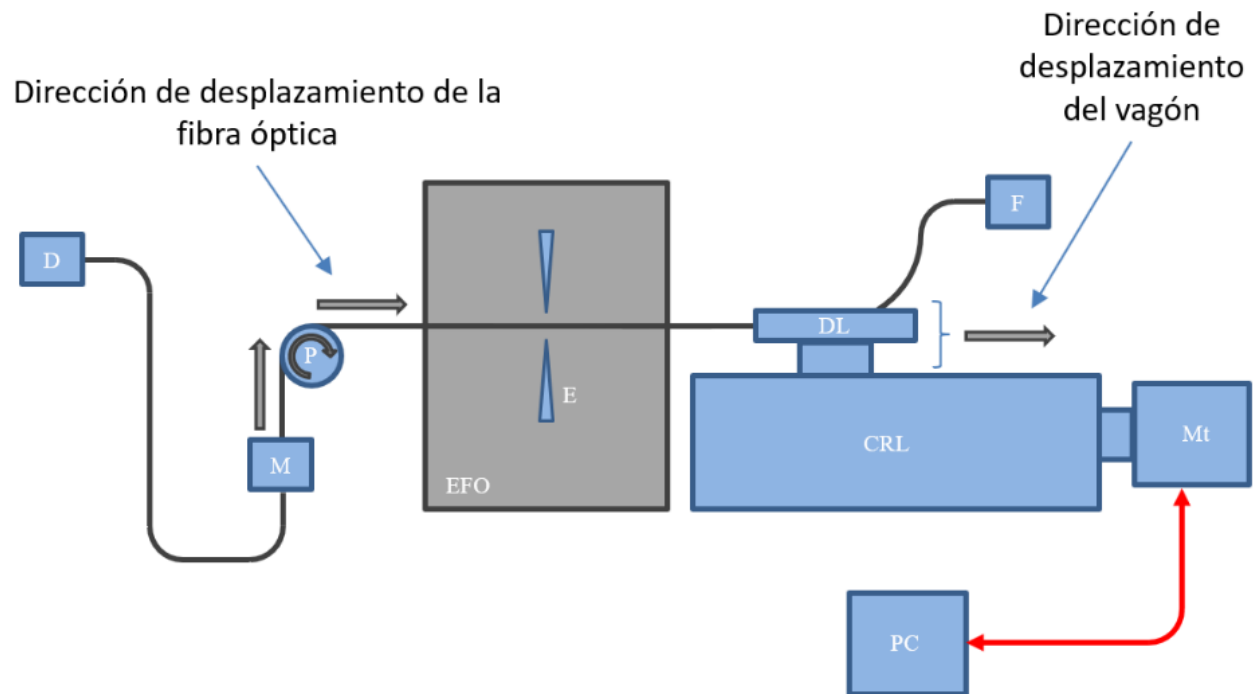


Fig. 5  
Arquitectura del nuevo sistema desarrollado para la generación de LPGs.

La Fig. 6 muestra los elementos involucrados en las modificaciones realizadas al sistema. Sobre el nivel superior de la mesa de trabajo se observa la computadora PC sobre la que corre un software desarrollado localmente. Se observa en la figura que la PC se encuentra ubicada sobre el controlador del motor Mt. En el nivel inferior de la mesa de trabajo se observa la fuente lumínica F junto con el soporte de hardware necesario para su funcionamiento. Finalmente se observa cerca del borde inferior de la mesa de trabajo, al motor Mt y al sistema CRL. La fibra óptica fue vinculada al DL mediante el uso de cinta Kapton.

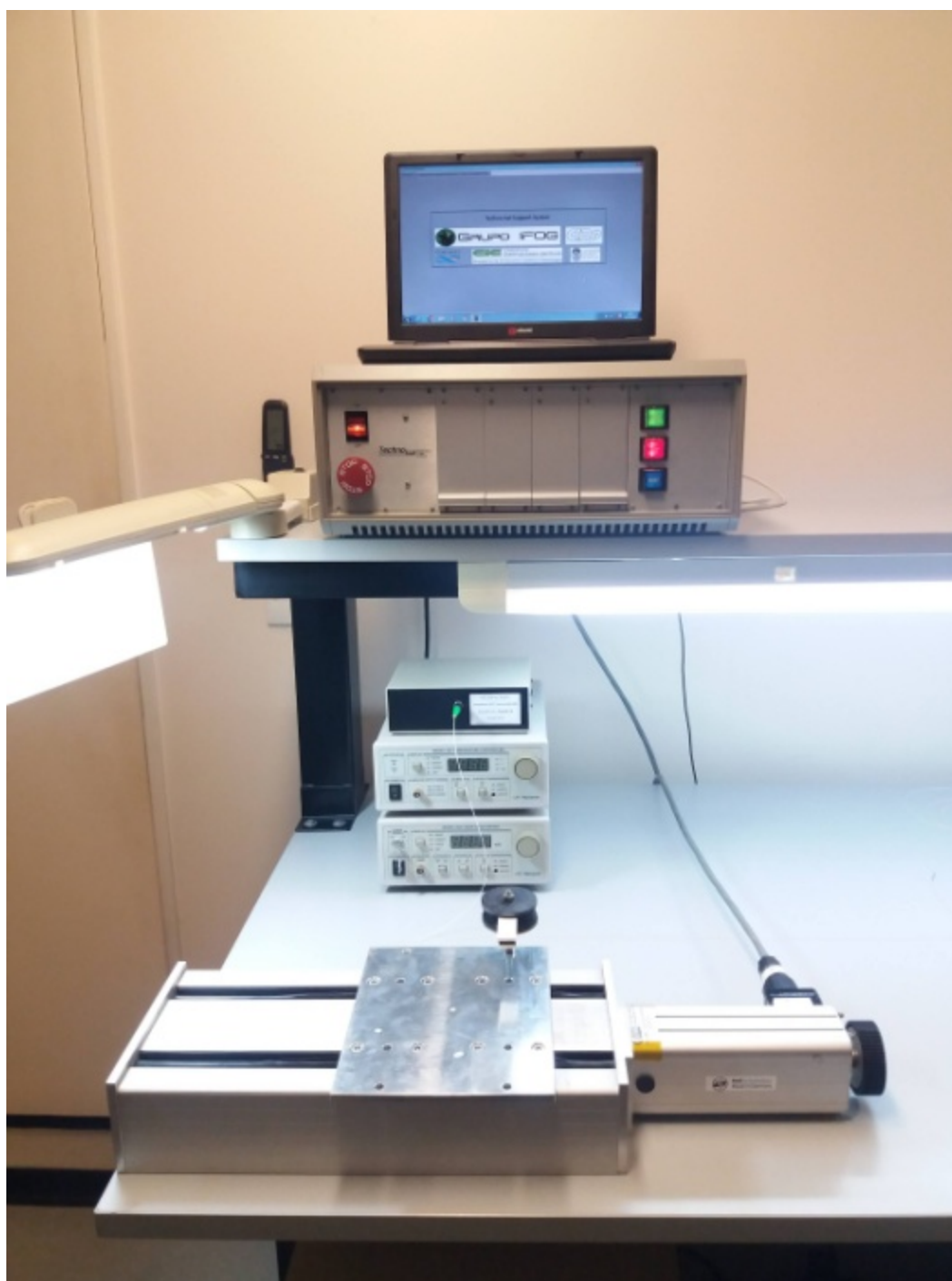


Fig. 6.

Elementos que diferencian al nuevo sistema de generación de LPGs respecto del previamente ensayado.

El software desarrollado corre sobre Windows y permite (a través de su interfaz de usuario) modificar el valor de la distancia entre marcas durante el proceso de formación de la LPG. El valor elegido para el período de la red fue de  $550\text{ }\mu\text{m}$  a fin de equalizar las características geométricas de las LPGs generadas mediante el nuevo sistema, a las características geométricas de las LPG generadas mediante el sistema previo.

La Fig. 7 muestra la disposición completa del nuevo sistema sobre la mesa de trabajo. En la esquina superior derecha de la fotografía se aprecia el OSA. En la esquina inferior derecha, el mecanismo de polea empleado y finalmente sobre la zona central y sobre el nivel inferior de la mesa de trabajo se observa a la EFO.



Fig. 7.  
Nuevo sistema para la generación de LPGs.

Con el objetivo de monitorear la formación de la LPG, el OSA fue configurado de la siguiente manera:

- Resolución: 0,04 nm
- Rango de longitudes de onda: [1346,10~1700,00] nm
- Cantidad de muestras en el rango de longitudes de onda: 8840 muestras
- Promedio móvil: no
- Filtros: no
- Suavizado de curva: no
- Ajuste automático de nube de puntos experimentales: no

Para comparar los resultados obtenidos de los ensayos involucrados en la evaluación del sistema original y del nuevo, se usó el mismo tipo de fibra óptica. Las características de ésta son listadas a continuación:

- Tipo: SM128 (acorde con ITU-T G.657.A1) fabricada por la firma Furukawa
- Atenuación (@ 1550 nm): < 0,20 dB/km
- Longitud de onda de corte: < 1260 nm
- MFD:  $(10,5 \pm 0,8) \mu\text{m}$
- Diámetro del revestimiento:  $(125 \pm 1) \mu\text{m}$
- Concentricidad núcleo/revestimiento: < 0,5  $\mu\text{m}$
- Rango operativo de temperatura: [-60; +85] °C
- Resistencia a la tracción: 100 kpsi

## RESULTADOS

Los datos recolectados luego de la aplicación del nuevo sistema son mostrados en la Fig. 8. En la gráfica se exhibe en trazo azul, la distribución de potencia óptica del haz de luz de la fuente lumínica en el rango de longitudes de onda comprendidas entre 1490 nm y 1630 nm. A su vez, se exhibe en trazo rojo la distribución espectral de potencia medida en el puerto de salida del tramo de fibra que contiene a la LPG (“Transmisión”). Se identifica un *dip* de atenuación ubicado en la posición espectral  $[1574,25 \pm 0,04] \text{ nm}$ .

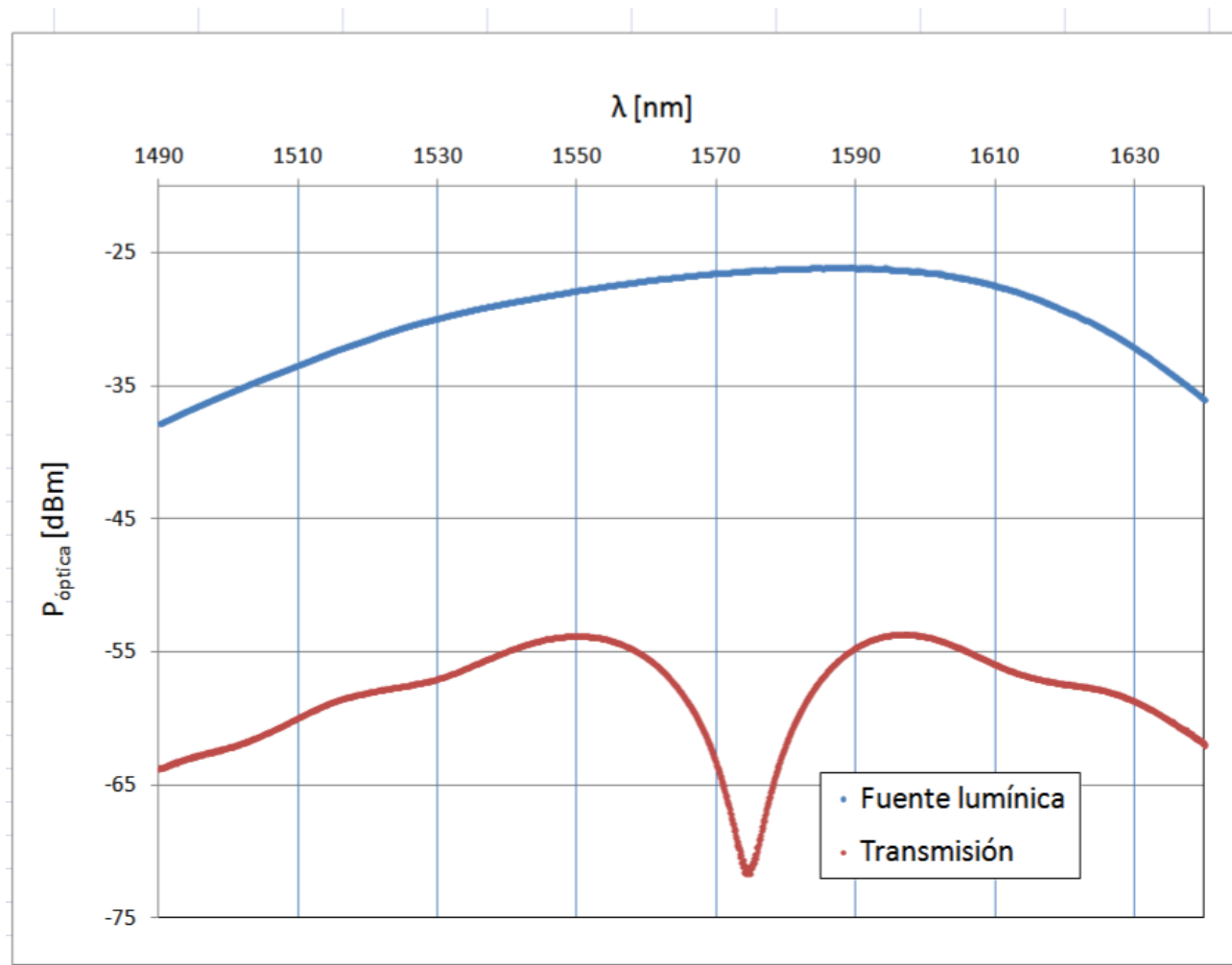


Fig. 8.  
Sistema nuevo para la generación de LPGs.

La Fig. 9 muestra la transmitancia óptica  $T_r$  que caracteriza a la LPG generada. La expresión (2) define matemáticamente a  $T_r$ , la cual implica una desafectación de la característica espectral de la fuente lumínica empleada.

$$T_r [\text{dB}] = P_{\text{Transmisión}} [\text{dBm}] - P_{\text{Fuente lumínica}} [\text{dBm}] \quad (2)$$

La profundidad del *dip* de atenuación es  $[18,5 \pm 0,4]$  dB.

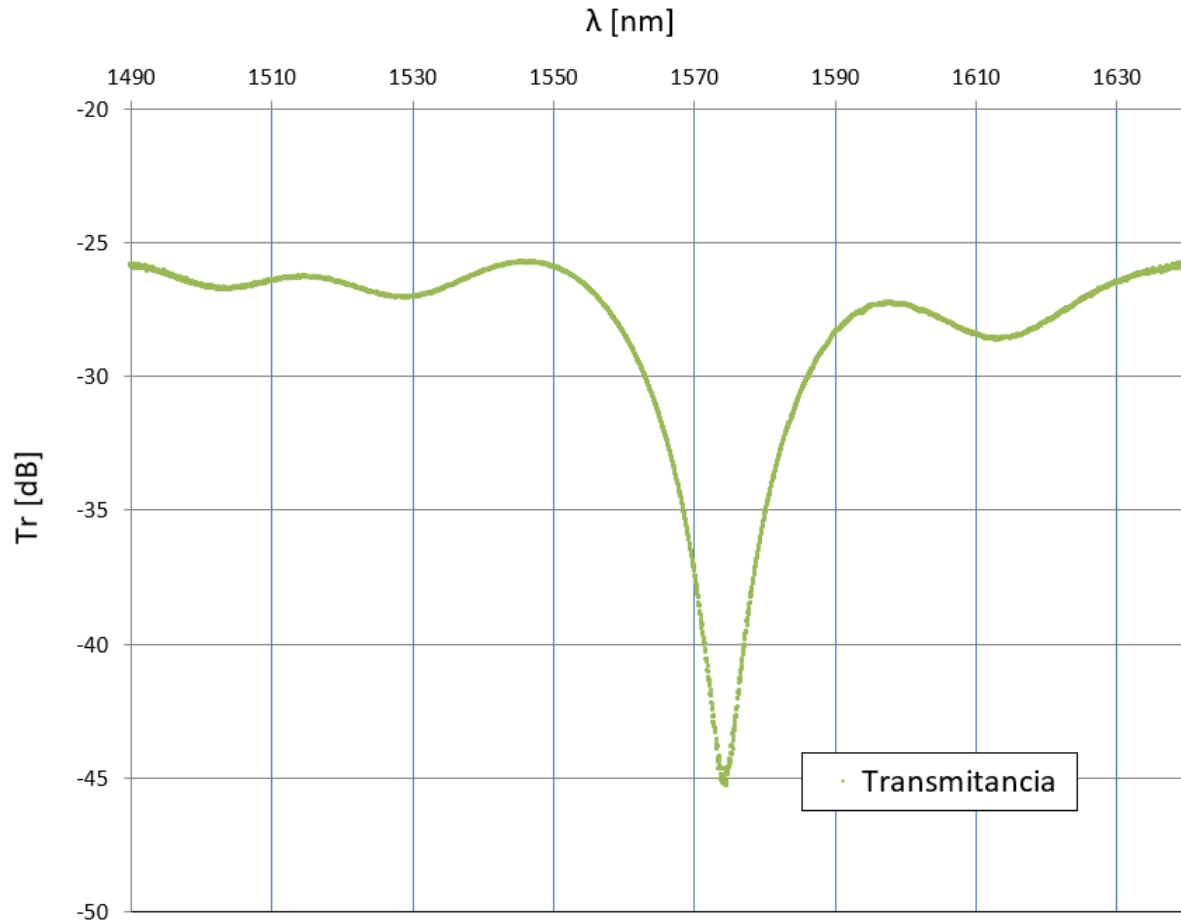


Fig. 9.  
Sistema nuevo para la generación de LPGs.

El tiempo invertido para la generación de la LPG (de 28 marcas de extensión para el espécimen expuesto) fue de aproximadamente 15 minutos, intervalo medido desde la generación de la primera marca hasta la generación de la última.

## DISCUSIÓN

El procedimiento de generación de LPGs asociado al sistema previo implicó el uso de prácticas de naturaleza manual para la ubicación longitudinal de las marcas. Si bien las LPGs generadas verificaron las metas establecidas en lo que a su desempeño óptico se refiere, en esencia el procedimiento ejecutado para su fabricación fue fuertemente condicionado por la habilidad del operador en el uso del trasladador lineal. Esta característica del procedimiento utilizado presume un potencial motivo de dispersión estadística en las propiedades ópticas de un grupo de LPGs fabricadas y caracterizadas en iguales condiciones.

La principal diferencia entre el sistema de generación de LPGs nuevo frente al anterior radica en la automatización del posicionamiento axial de la fibra óptica para la realización de las marcas. La intervención humana en el posicionamiento de la fibra para generar las marcas fue eliminada en el nuevo sistema, conllevando a una esperable mejora en la uniformidad de la distribución longitudinal de las marcas en cada LPG generada (uniformidad que es dependiente de las características y estabilidad del motor/desplazador empleado). Si bien no se han realizado mediciones que verifiquen la mejora antedicha, se espera que impacte positivamente en la estabilidad general del proceso de generación de LPGs. Como trabajo a futuro se prevé la realización de un estudio que permita comparar la estabilidad de los dos sistemas de generación de LPGs a través de métodos estadísticos.

Otro aspecto de radical importancia que establece un punto de comparación entre ambos sistemas, es el tiempo invertido para la generación de un espécimen. Mediante el empleo del sistema previo fueron necesarios aproximadamente 40 minutos (en el mejor de los casos) para la generación de una LPGs. Los resultados obtenidos durante el empleo del sistema nuevo muestran una mejora sustancial dado que fueron invertidos 15 minutos aproximadamente para la generación de una LPG con una profundidad similar del *dip* más prominente.

Cabe comentar que el motor usado para automatizar el posicionamiento de la fibra óptica en esta nueva arquitectura, impone una limitación a los posibles valores configurables del período de red de la LPG a ser generada. El paso angular del motor  $M_t$  se traduce en un paso lineal de  $12,5\ \mu\text{m}$  del desplazador DL. Lo anterior implica que el período de red de la LPG adopte un conjunto discreto de posibles valores. Luego, para alcanzar un distanciamiento entre marcas de  $550\ \mu\text{m}$ , el eje del motor debe rotar 44 pasos. Este valor de período de red produce que la ubicación espectral del *dip* más prominente sea aproximadamente centrada dentro del rango de emisión de la fuente empleada. Una rotación del eje del motor  $M_t$  que implique una cantidad de pasos mayor o menor al comentado produciría una LPG cuyo *dip* más prominente se encuentre fuertemente corrido respecto de la situación mencionada (lo cual sería contraproducente debido a que en la zona central del rango de emisión es en donde se concentra la mayor parte de la potencia óptica de la fuente usada). Es decir, el paso del motor empleado es demasiado grande para lograr un control preciso de la posición espectral del *dip* de atenuación. Como trabajo a futuro se prevé el reemplazo del motor empleado por otro cuyo paso angular se traduzca en un paso lineal que sea significativamente inferior al actual. Con este futuro cambio el sistema podría ser más ágil para lograr ajustes finos en la posición del *dip* dentro de la banda en la que la fuente lumínica disponible muestre su mejor desempeño en potencia óptica.

Se prevé a futuro la realización de un análisis que permita comparar las características del comportamiento óptico (desde el punto de vista estadístico) de un lote de LPGs fabricadas mediante el sistema original contra otro fabricado mediante el empleo del nuevo sistema. Se espera que la automatización parcial del proceso impacte en éste disminuyendo las dispersiones de los indicadores de desempeño óptico del lote fabricado usando el nuevo sistema

## CONCLUSIONES

Los resultados experimentales muestran que la LPG generada mediante el uso del sistema semiautomatizado presenta un desempeño óptico similar al de las producidas con el sistema basado en el desplazamiento manual, lo que demuestra que es adecuado para la generación sistemática de este tipo de dispositivos. Esto, habilita a la nueva arquitectura de generación de LPGs presentada en este trabajo como una opción aplicable ante los próximos emprendimientos investigativos locales que demanden el empleo de esta clase de dispositivos de fibra óptica.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo agradecen a las autoridades del CIOp (CONICET – CIC – UNLP) y de la UTN FRLP por el fuerte apoyo brindado y por agilizar el establecimiento de enlaces entre las instituciones propiciando espacios de colaboración en los que se realicen actividades de investigación, desarrollo tecnológico y formación de RRHH.

## Referencias bibliográficas

- Alustiza, D., Mineo, M., Russo N. A., (2021). "Characterization of Long Period Gratings Manufactured with Fiber Optic Fusion Splicer for Sensor Development. *Latin American Applied Research*, 51(1), pp. 21-26.
- Alustiza, D., (2023). Estudio, Fabricación y Aplicación de Redes de Período Largo en Fibras Ópticas para el Desarrollo de Sensores de Humedad Embebibles en Materiales Cementíceos. Tesis Doctoral, UTN FRLP, Argentina.
- Anusha, D., (2015). Optical Fiber Communication Evolution, Technology and Future Trends. *Journal of Advance Research in Electrical and Electronics Engineering*, 8 (2), pp. 15-22.
- Ferdinand, P., (2014). The Evolution of Optical Fiber Sensors Technologies During the 35 Last Years and Their Applications in Structural Health Monitoring. 7th European Workshop on Structural Health Monitoring. Nantes, France.
- Lecler, S., & Meyrueis, P., (2012). Intrinsic Optical Fiber Sensor. *Fiber Optic Sensors*. InTech. DOI: 10.5772/27079
- Martinez-Rios, A., Monzon-Hernandez, D., Torres-Gomez, I. & Salceda-Delgado, G., (2012). Long Period Fiber Gratings. *Fiber Optic Sensors*. InTech. DOI: 10.5772/27727
- Mendez do Rego, G., (2006). Arc-Induced Long-Period Gratings. Fabrication and Their Application in Optical Communications and Sensing. Tesis Doctoral, Universidade do Porto. Portugal.
- Mitschke, F., (2009). Fiber Optics, Physics and Technology. Springer.

## AmeliCA

### Disponible en:

<https://portal.amelica.org/ameli/ameli/journal/266/2665247003/2665247003.pdf>

Cómo citar el artículo

Número completo

Más información del artículo

Página de la revista en [portal.amelica.org](http://portal.amelica.org)

AmeliCA

Ciencia Abierta para el Bien Común

Diego Horacio Alustiza, Marcos Mineo,  
Juan José Carrillo Pavón, Paulina Rabatin, Narella Ghiglinio  
**Desarrollo de un sistema semiautomatizado para la  
fabricación de redes de período largo en fibras ópticas  
mediante la técnica de inducción por arco eléctrico**

*Ingenio Tecnológico*

vol. 7, e056, 2025

Universidad Tecnológica Nacional, Argentina

[ingenio@frlp.utn.edu.ar](mailto:ingenio@frlp.utn.edu.ar)

**ISSN-E:** 2618-4931



**CC BY-NC-SA 4.0 LEGAL CODE**

**Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-  
CompartirIgual 4.0 Internacional.**