

Interfaz gráfica para monitoreo de vibración en puentes de concreto

José María Sánchez-Manzo¹, Víctor Iván Ruíz-Pérez²,
Héctor Crespo-Guerra¹, Jorge Luis Camas-Anzueto¹,
Joel Gómez-Pérez¹

¹ Tecnológico Nacional de México,
Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez,
México

² Universidad Autónoma de Chiapas,
Facultad de Ciencias en Física y Matemáticas,
México

{js925222, 9612715227}@gmail.com

Resumen. Las vibraciones en puentes ocurren en dirección vertical, horizontal y en algunos casos torsional, provocando deficiencia en la rigidez pueden llegar a generar desde grietas hasta que el puente colapse, una prueba de ello es el terremoto que se vivió el 7 de septiembre de 2017 en México. Por lo que es necesario contar con sensores que ayuden a monitorear el estado en que se encuentran los puentes para asegurar la funcionalidad de este [3]. El Monitoreo de Salud Estructural -SHM- se describe como el registro permanente, continuo o periódico de parámetros que reflejan la condición y el rendimiento de una estructura [5]. Con los datos recopilados se puede identificar daños, planear obras de mantenimiento, aumentar su confiabilidad, y ampliar el conocimiento de la estructura dada. Para ello se requiere contar con sistemas de medición precisos y rentables. Este artículo presenta el diseño de una interfaz gráfica aplicada al -SHM-, específicamente a la detección de vibración en puentes de concreto. Para adquirir los datos de un sensor de vibración de fibra óptica se requiere conectar a la salida un foto-detector y convertir la potencia óptica a voltaje. Este es acondicionado a una tarjeta de adquisición de datos, para poder comunicarse con la interfaz desarrollada en el entorno de Labview. Con la finalidad de observar la frecuencia de la vibración que como se menciona es un parámetro importante para el monitoreo de puentes de concreto. Finalmente se puede capturar los datos obtenidos, para análisis posteriores, diversas pruebas, o reportes de investigación en los que se requiera de ellos. Toda esta información puede ayudar a desarrollar propuestas de prevención de desastres, y así prevenir y alertar a la población en general [4].

Palabras clave: Interfaz gráfica, fotodetector óptico, transmisor óptico, vibración.

Graphical Interface for Monitoring Vibration in Concrete Bridges

Abstract. Vibrations in bridges occur in vertical, horizontal, and in some cases, torsional directions. These vibrations, if they indicate a deficiency in rigidity,

can result in issues ranging from cracks to the complete collapse of the bridge. A prime example of this was the earthquake on September 7, 2017, in Mexico. Hence, it is essential to have sensors that help monitor the condition of bridges to ensure their functionality. Structural Health Monitoring (SHM) is defined as the constant, continuous, or periodic recording of parameters reflecting the condition and performance of a structure. Using the gathered data, it's possible to identify damages, plan maintenance, increase reliability, and enhance the understanding of a given structure. This necessitates precise and cost-effective measurement systems. This article presents the design of a graphical interface applied to SHM, specifically targeting vibration detection in concrete bridges. To acquire data from an optical fiber vibration sensor, it needs to be connected to a photodetector output and convert the optical power to voltage. This is conditioned to a data acquisition card to communicate with the interface developed in the Labview environment. The aim is to observe the vibration frequency, which, as mentioned, is a crucial parameter for monitoring concrete bridges. Finally, the captured data can be used for subsequent analysis, various tests, or research reports that require them. All this information can contribute to the development of disaster prevention proposals, thus helping to warn and safeguard the general population.

Keywords: Graphical interface, optical photodetector, optical transmitter, vibration.

1. Introducción

Un puente es fundamental para el desarrollo socioeconómico del país, como el nuestro ya que debido a su geografía enlaza a diferentes lugares gracias a su red de carreteras y puentes, por ello es de vital importancia garantizar la seguridad de los usuarios porque de no ser así el deterioro o daño de estos llega a desencadenar grandes pérdidas. En los últimos años se han desarrollado distintos estudios y equipos de monitoreo para detectar anomalías o fallas estructurales. Uno de los métodos mas conocidos es el –SHM–.

Es un método no destructivo que ayuda a la identificación y detección de posibles daños en estructuras civiles, como deformaciones, fatiga, etc. por lo general esta técnica se implementa a distancia en tiempo real, usando sensores in situ, reduciendo costos de inspección y tiempo de respuesta. En años recientes debido a los constantes avances de los sensores de fibra óptica y sus mejoras contra sensores convencionales como un mejor tiempo de respuesta, durabilidad, mayor soporte a territorios hostiles [6] hacen que su uso para este tipo de monitoreo sean los ideales y tengan un mejor desempeño.

1.1. Las vibraciones

Es el fenómeno mecánico descrito por un movimiento oscilatorio de un sistema estructura lo mecánico respecto a su punto de equilibrio, está definida en términos de frecuencia, y amplitud. La vibración de una estructura implica la existencia de energía potencial que afecta su frecuencia natural. En estructuras civiles la vibración se considera un efecto indeseable, debido a que produce desgastes, fatigas o fracturas de partes o elementos, y sensación de incomodidad para los usuarios.

Tabla 1. Captura de mediciones.

Fecha	Amplitud (V)	Frecuencia (Hz)
11/7/2021 10:30:54	0.081024	3.857023
11/7/2021 10:30:54	0.040732	3.885094
11/7/2021 11:02:21	0.228978	4.113476
11/7/2021 11:02:21	6.653000	4.040936
11/7/2021 11:02:22	0.092951	3.974555

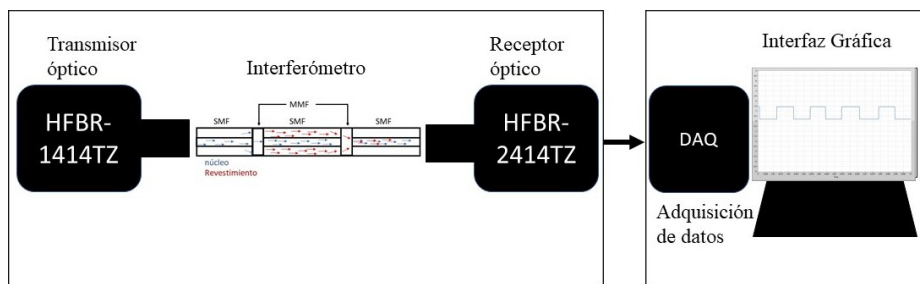


Fig. 1. Sistema de análisis de vibración.

Vibraciones estructurales. “Una estructura es una combinación de partes unidas entre ellas para crear un marco de soporte, que pueden ser parte de un edificio, barco, máquina, vehículo espacial, motor o cualquier otro sistema” [2]. Se definen 4 tipos de fuentes de vibración, libre, forzada, aleatoria y desbalance rotatorio. Para el análisis de este tipo de vibraciones es esencial el modelado matemático, que se define de la siguiente manera. La ecuación general de las vibraciones es:

$$m \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} + b \frac{\partial y}{\partial t} + ky = p(t), \quad (1)$$

donde y es la magnitud que sufre vibraciones periódicas temporales, $P(t)$ la variable de reforzamiento o fenómeno incidente de la vibración; a , b , y k son las constantes características del sistema. Utilizando la transformada de Laplace, tenemos que:

$$(as^2 + bs + k)y(s) = p(s), \quad (2)$$

$$\frac{y(s)}{P(s)} = G(s) = \frac{1}{s^2 + \frac{b}{a}s + \frac{k}{a}}. \quad (3)$$

La ecuación 3 define la función de transferencia general de un sistema de vibración, lo que facilita el modelado y diseño de simulaciones [1].

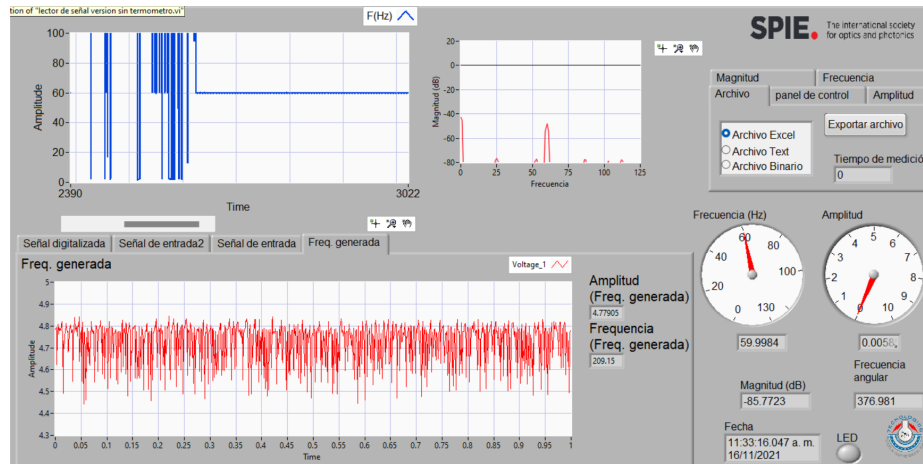


Fig. 2. Interfaz gráfica.

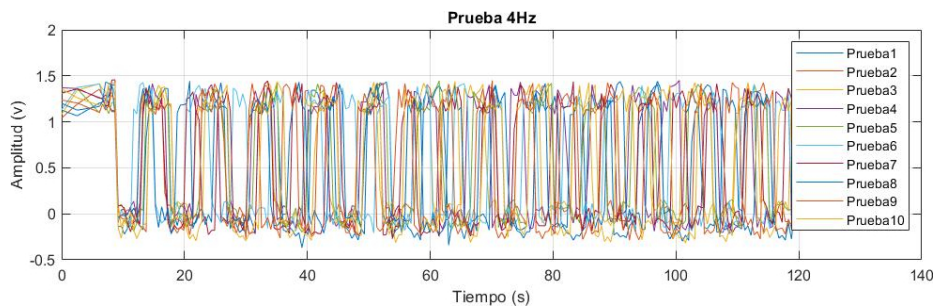


Fig. 3. Prueba a 4 Hz.

2. Desarrollo del sistema

La necesidad de garantizar la seguridad de los usuarios de los puentes es de gran importancia desde temas de investigación, monitoreo y control estructural. Las vibraciones en puentes pueden ocurrir en dirección vertical, horizontal y en algunos casos torsional, provocando deficiencias en la rigidez que pueden llegar a generar desde grietas hasta el colapso del puente [5].

Para este trabajo utilizamos un sensor de fibra óptica para detectar vibración basado en interferometría específicamente un Interferómetro Mach Zehnder -MZI-. El diagrama a bloques del sistema utilizado en este trabajo se de investigación se muestra en la Fig. 1. El sistema fue diseñado para monitorear las vibraciones y esta constituido principalmente por el Hardware de adquisición -Transmisor óptico, Interferómetro, Receptor óptico- y el software de procesamiento de la señal -Interfaz gráfica desarrollada en **Labview**-.

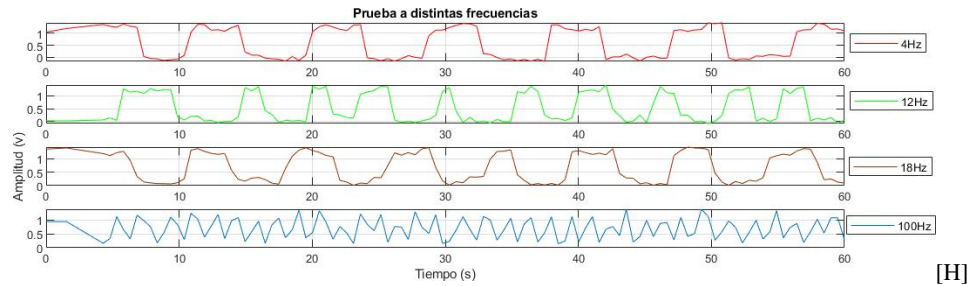


Fig. 4. Prueba a distintas frecuencias.

2.1. Sistema de adquisición

El sistema esta conformado por cuatro etapas -ver Fig. 1-, donde la primera es una etapa de transmisión -utilizando el transmisor óptico HFBR-1414TZ, y el generador de señales FG-100, emitiendo luz y viajando atravez de la -FO- hasta llegar a la segunda etapa donde se encuentra el MZI, la tercera etapa contiene un receptor óptico -HFBR-2414TZ- donde recibe la luz proveniente del -MZI- y se convierte en voltaje análogo. Finalmente la Ultima etapa consiste en recibir el voltaje del receptor en una DAQ-Ni usb 6002, y esta es procesada y visualizada en la Interfaz desarrollada.

3. Diseño de la interfaz gráfica

3.1. Interfaz gráfica

La interfaz diseñada en el entorno de Labview se observa en la Fig. 2. Esta se encarga de muestrear la señal adquirida en diferentes gráficas, la visualización de datos como la amplitud y frecuencia de la señal en todo momento, configurar los periodos de muestreo y un menú que te da la opción de almacenar los datos en archivos -.xlsx, .text- para todo tipo de análisis, de igual manera se pueden exportar las gráficas.

4. Resultados y conclusión

4.1. Resultados

En la tabla 1 se muestran algunos datos obtenidos de las mediciones realizadas datos que nos sirven para llevar un registro de las pruebas realizadas para su análisis. En la Fig. 3 se muestra una prueba a 4 Hz repetida diez veces en un lapso de 120 s, con el fin de observar el comportamiento de todo el sistema y vemos que durante las pruebas el voltaje detectado era de 1.5 V manteniéndose constante durante todas las mediciones. En la Fig. 4 se muestra el comportamiento del sensor a distintas frecuencias.

4.2. Conclusión

Con los resultados obtenidos se asegura que la interfaz mediante el uso de un MZI, es una buena alternativa para la obtención de frecuencias de vibración ya que para el tipo de aplicaciones que esta pensado se requiere de sistemas que detecten bajas frecuencias desde -2 Hz hasta 20 Hz como se reporta en la literatura que aborda el análisis de vibraciones en puentes donde en esos rangos se encuentran las frecuencias naturales de puentes estudiados [8, 7, 9].

Referencias

1. Barajas, P. O. M.: Vibraciones Mecánicas – Modelamiento Matemático (2022)
2. Beards, C. F.: Structural vibration: Analysis and damping. Elsevier Science (1996)
3. Garita, C.: Enfoques de integración de información para sistemas de monitoreo de salud estructural de puentes. Revista Tecnología en Marcha, vol. 29, no. 1, pp. 96 (2016) doi: 10.18845/tm.v29i1.2542
4. Isaza-Monsalve, C. M., Muñoz-Saldarriaga, J. E., Agudelo-Mesa, L. M.: Sistema inalámbrico detector de vibraciones sísmicas, con interfaz gráfica en el entorno industrial labview. Informe Final de Trabajo de Grado, Instituto Tecnológico Metropolitano (2018)
5. Moughty, J. J., Casas, J. R.: A state of the art review of modal-based damage detection in bridges: development, challenges, and solutions. Applied Sciences, vol. 7, no. 5, pp. 510 (2017) doi: 10.3390/app7050510
6. Navarro-Henríquez, F.: Sensores de fibra óptica FBG para el monitoreo de la salud estructural de los puentes. Revista Tecnología en Marcha, vol. 27, no. 4, pp. 3 (2014) doi: 10.18845/tm.v27i4.2080
7. Navarro-Henríquez, F., Ureña-Muñoz, D.: Mediciones y análisis de vibraciones en el puente Virilla, Ruta Nacional no 1. Tecnología en Marcha, vol. 28, no. 2, pp. 16 (2015)
8. Rodríguez, S., Gallardo, J., Araúz, O.: Estudio del período de vibración de puentes de concreto en Panamá. Revista I+D Tecnológico, vol. 13, no. 1, pp. 83-90 (2017)
9. Secretaria de Comunicaciones y Transportes: Evaluación de puentes mediante el análisis de vibraciones. Publicación Técnica, no. 132 (1999)