

**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**Estudio de 2 modelos estructurales en escala reducida  
utilizando recursos de monitoreamiento, interpretación y  
análisis numérico**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

**Autor:**

Alex Rojas Delgado

**Asesor:**

Dr. Ladislao Roger Ticona Melo

Lima, marzo del 2025

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo Dr. Ladislao Roger Ticona Melo docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“Estudio de 2 modelos estructurales en escala reducida utilizando recursos de monitoreamiento, interpretación y análisis numérico”** del autor (*Alex Rojas Delgado*) tiene un índice de similitud de 7 % verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de Lima, a los 31 días del mes de diciembre del año 2025



---

*Dr. Ladislao Roger Ticona Melo*

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Lima, Ñaña, Villa Unión, a 27 día(s) del mes de noviembre del año 2025 siendo las 15:00 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Lima, bajo la dirección del (de la) presidente(a):

Mtra. Fiorella Maira Zapata Antesana Sánchez el (la) secretario(a): Mg. Armin Quintana y los demás miembros: Ing. David Diaz Garamendi y el (la) asesor(a) Dr. Ladislao Roger Ticona Melo

con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado: "Estudio de 2 modelos estructurales en escala reducida utilizando recursos de monitoreamiento, interpretación y análisis numérico"

del(los) bachiller(es): a) Alex Rojas Delgado  
 b) .....  
 c) .....

conducente a la obtención del título profesional de: Ingeniería Civil  
(Denominación del Título Profesional)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller (a): Alex Rojas Delgado

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>15</u>	<u>B-</u>	<u>Bueno</u>	<u>Muy bueno</u>

Bachiller (b): .....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

Bachiller (c): .....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(\*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

\_\_\_\_\_  
 Presidente/a

\_\_\_\_\_  
 Asesor/a

\_\_\_\_\_  
 Bachiller (a)

\_\_\_\_\_  
 Secretario/a

\_\_\_\_\_  
 Miembro

\_\_\_\_\_  
 Miembro

\_\_\_\_\_  
 Bachiller (b)

\_\_\_\_\_  
 Bachiller (c)

Esta sustentación fue realizada de manera virtual u online sincrónica según conforme al Reglamento General de Grados y Títulos.

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a Dios por estar conmigo de guía a lo largo de toda mi carrera, por darme la fuerza y capacidad para llevar a cabo este trabajo de investigación. También quiero dedicarle este logro a mi familia, en especial a mi padre Marino Rojas Vasquez, mi madre Consuelo Delgado Chilon, quienes siempre me han brindado su apoyo incondicional en todos en mis proyectos académicos. También mencionar el apoyo de mi asesor Dr. Ladislao Ticona Melo por su dedicación y paciencia para llegar a la meta.

# INDICE

1.	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	3
2.	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	3
2.1.	<b>Construcción de los modelos</b> .....	3
2.2.	<b>Instrumentación de los 2 modelos</b> .....	4
2.3.	<b>Procedimientos experimentales</b> .....	4
2.4.	<b>Adquisición, visualización e interpretación de datos</b> .....	5
2.5.	<b>Simulación numérica</b> .....	5
3.	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	6
3.1.	<b>Pórtico de Concreto Armado</b> .....	6
3.1.1.	Verificación de la Deflexión de la losa.....	6
3.1.2.	Identificación de Modos de Vibración Vertical de la Losa .....	6
3.2.	<b>Puente Reticulado de Aluminio</b> .....	9
3.2.1.	Carga Incremental .....	9
3.2.2.	Línea de Influencia Experimental .....	9
3.1.4.	<b>Identificación de Modos de Vibración en la Parte Inferior del Tablero</b> .....	11
4.	<b>CONCLUSIONES</b> .....	14
5.	<b>ANEXOS</b> .....	15

# Estudio de 2 modelos estructurales en escala reducida utilizando recursos de monitoreamiento, interpretación y análisis numérico

## *Study of 2 structural models on a reduced scale using monitoring, interpretation and numerical analysis resources*

Alex Rojas Delgado (\*), Ladislao Roger Ticona Melo (\*\*)

### RESUMEN

Este artículo se centra en la caracterización dinámica de un pórtico de concreto armado y un puente reticulado de aluminio, ambos en escala reducida. A través de ensayos experimentales, se analizaron los modos de vibración, frecuencias y deformaciones estructurales bajo diversas condiciones de carga. En el pórtico, se aplicó una carga puntual de 58 kg en el centro de la losa, obteniéndose una deformación de 0.079 mm, con una diferencia de solo 0.005 mm respecto al modelo simulado en SAP2000. En los ensayos dinámicos, las frecuencias naturales registradas variaron entre 50.98 Hz y 74.36 Hz, dependiendo de la intensidad de excitación, y coincidieron con el modo de vibración N°4 simulado a 55.34 Hz. En el puente de aluminio, las deformaciones registradas en los ensayos de carga incremental fueron consistentes con el modelo computacional, confirmando una respuesta lineal elástica. Los resultados validan la eficacia de los métodos de análisis empleados y demuestran que la combinación de monitoreo experimental y simulación numérica permite evaluar con precisión el comportamiento estructural, aportando al diseño seguro y mantenimiento predictivo en ingeniería civil.

**Palabras clave:** modos de vibración; frecuencias de oscilación; deformaciones; monitoreo; análisis estructural.

### ABSTRACT

This article focuses on the dynamic characterization of a reinforced concrete frame and an aluminum truss bridge, both built at a reduced scale. Through experimental testing, the vibration modes, frequencies, and structural deformations were analyzed under various loading conditions. In the frame, a point load of 58 kg was applied at the center of the slab, resulting in a deflection of 0.079 mm, with only 0.005 mm difference compared to the SAP2000 simulation model. In dynamic tests, the natural frequencies recorded ranged from 50.98 Hz to 74.36 Hz, depending on the intensity of excitation, and aligned with the simulated mode N°4 at 55.34 Hz. In the aluminum truss bridge, deformations measured during the incremental load tests showed a linear elastic response consistent with the numerical model. The results validate the effectiveness of the analysis methods used and demonstrate that combining experimental monitoring and numerical simulation enables accurate assessment of structural behavior, contributing to safe design and predictive maintenance in civil engineering.

**Keywords:** vibration modes; oscillation frequencies; deformations; monitoring; structural analysis.

(\*) Ingeniería Civil. Universidad Peruana Unión, Lima (Perú).

(\*\*) Docente. Ingeniería civil. Universidad Peruana Unión, Lima (Perú).

Persona de contacto/Corresponding author: alex.rojas@upeu.edu.pe (N. Apellido/A. Rojas Delgado)

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9287-1935> (A. Rojas Delgado); <http://orcid.org/0000-0003-4975-4535> (L. Ticona Melo)