

Evento: XXVII Seminário de Iniciação Científica - Participante ESTRANGEIRO

**ANÁLISIS DINÁMICO DE UN PUENTE PEATONAL DE MADERA DE
EUCALYPTUS GRANDIS¹
DYNAMIC ANALYSIS OF A EUCALYPTUS GRANDIS TIMBER FOOTBRIDGE**

Enrique Maximiliano Galván², García, Diego Alberto³

¹ Proyecto de Investigación realizado en el Laboratorio de Ingeniería Civil (LIC) en la Facultad de Ingeniería de Oberá (FIO-UNaM)

² Alumno de la Facultad de Ingeniería Oberá (FIO-UNaM)

³ Docente FIO-UNaM

Introducción

Este trabajo presenta un modelo numérico de un mango de madera de mafia. En primer lugar, se realizará un análisis modal de la estructura considerando las propiedades del material de acuerdo con la distribución normal que los define. Modelará las turbonas para analizar la interacción entre éstas y la estructura con el objetivo de encontrar la variación de las aceleraciones en el centro de las mismas, teniendo en cuenta el tiempo en que cambian los pisos reales. De esta manera, las aceleraciones máximas se determinan antes de que la emoción producida por el tráfico de peatones y las normas internacionales determinen el nivel de confort de la estructura [4]. Con respecto al material, la madera de la especie *Eucalyptus grandis* cultivada en Mesopotamia Argentina es una de las especies aceptadas para uso estructural en el país a través del Regimiento Argentino CIRSOC 601 [1]. Las características de este material utilizado en el campo de la Ingeniería Civil presentan una gran variabilidad en sus propiedades en relación con otros materiales de uso estructural como en García. En la relación con Puent Puentes, desde la inauguración del Puente del Milenio en Londres, el estudio de este tipo de estructura se ha convertido en un tema de creciente interés en el marco del ingenio estructural. En Strogatz y col.[3], se menciona que una de las posibles causas del fenómeno de resonancia es la sincronización entre el flujo turbulento y las características dinámicas de la estructura que lo excitarán de tal manera que las condiciones de seguridad estén seriamente involucradas.

Metodología

El análisis de un componente de la mafia de madera laminada *Eucalyptus grandis* está formado por 3 vigas longitudinales de 0,15 mx 0,60 my 5 vigas transversales con la misma sección. El panel puent consiste en un panel de 1 ½ "de grosor. En la Fig. 1 hay un esquema puent.

Evento: XXVII Seminário de Iniciação Científica - Participante ESTRANGEIRO

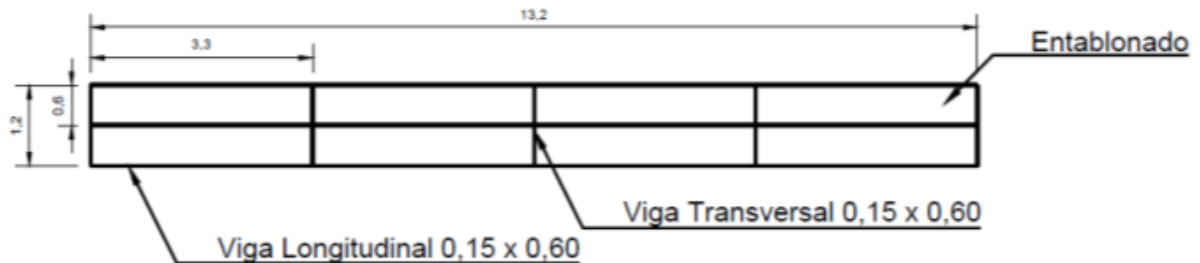


Fig. 1. Esquema estrutural del puente peatonal.

Como la madera presenta una gran variabilidad en sus propiedades mecánicas, se analizarán los modos de vibración y las aceleraciones en la estructura, teniendo en cuenta las diferentes combinaciones de módulo de elasticidad y densidad, en función de la distribución de probabilidad normal de cada una. Estos datos han sido obtenidos por el Regimiento Argentino de Estructuras de Madera CIRSOC 601 [1]. Los datos utilizados para fueron:

Módulo de elasticidad para vigas (laminados): percentil 0.05: 9000MPa; Valor promedio: 13400MPa; 0.95 percentil: 17800MPa

Densidad para vigas (laminados): percentil 0.05: 430 kg / m³; Valor medio: 640 kg / m³. ; 0.95 percentil: 850 kg / m³

Para modelar las peatones caminando sobre el puente si tengo que señalar el camino de una persona que camina, dependiendo del tiempo, y puedo representarlo a partir de la siguiente serie de Fourier:

$$F(t) = P \left[1 + \sum \alpha_i \cdot \cos (2\pi i \cdot f_s t + \varphi_i) \right]$$

Es de destacar que, para el análisis de las aceleraciones en la estructura, también es importante considerar la amortización de la misma considerando la matriz de amortización de Rayleigh. En cuanto a la canción de peatones, un número equivalente de peatones N_{eq} . Se argumenta que N_{eq} representa el número mínimo de peatonas que generalmente imitan a las peatonas que realmente están caminando sobre el puent, de modo que el modelo puede simplificarse y modelarse menos.

Resultados y discusión

Los primeros en analizar serán las debilidades naturales de la estructura para las diferentes

Evento: XXVII Seminário de Iniciação Científica - Participante ESTRANGEIRO

combinaciones de las propiedades mecánicas de la madera. Los resultados obtenidos para una densidad media fueron:

Tabla 1. Frecuencias para Densidad 640 kg/m³

Densidad: 640kg/m ³			Módulo de Elasticidad Entablonado		
			8100 MPa	12000 MPa	15900 MPa
Módulo de Elasticidad Vigas	9000 MPa	M1	5,256	5,256	5,257
		M2	13,789	13,799	13,810
		M3	19,193	20,797	20,799
	13400 MPa	M1	6,413	6,414	6,414
		M2	16,816	16,825	16,833
		M3	20,417	23,380	25,375
	17800 MPa	M1	7,391	7,392	7,392
		M2	19,375	19,383	19,391
		M3	21,255	24,451	26,923

Los resultados responden como se esperaba, de modo que, para la misma combinación de módulos elásticos, para diferentes densidades, el desminado disminuye a medida que aumenta la densidad. Si observamos una falta de coincidencia del módulo elástico de hace y densidad, la variación de la frecuencia para los diferentes valores del módulo elástico es muy baja, y se enredan en producir una gran contribución a la estructura. Finalmente, para la misma combinación de módulo de elasticidad de éxito y densidad, se puede observar que a medida que aumenta el módulo de elasticidad de las vigas, aumenta la resistencia de la estructura, por lo que presenta la estructura resistente del puent. En cuanto a las aceleraciones, en la siguiente tabla se representa la clasificación de la estructura con respecto al confort en la función de las aceleraciones obtenidas:

Evento: XXVII Seminário de Iniciação Científica - Participante ESTRANGEIRO

Tabla N°2: Nivel de confort de la estructura para distintos peatones y propiedades mecánicas

N° de Personas	Combinaciones de Propiedades Mecánicas								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	E: 9000MPa			E: 13400MPa			E: 17800MPa		
	D: 430 kg/m³	D: 640 kg/m³	D: 850 kg/m³	D: 430 kg/m³	D: 640 kg/m³	D: 850 kg/m³	D: 430 kg/m³	D: 640 kg/m³	D: 850 kg/m³
1				VERDE		VERDE			
2	VERDE	VERDE		AMARILLO		AMARILLO		VERDE	
3	VERDE	VERDE		AMARILLO		AMARILLO		VERDE	
4	AMARILLO	VERDE	VERDE	ROJO	VERDE	AMARILLO	VERDE	AMARILLO	VERDE
6	AMARILLO	VERDE	VERDE	ROJO	VERDE	AMARILLO	VERDE	AMARILLO	VERDE
8	ROJO	AMARILLO	AMARILLO	ROJO	AMARILLO	ROJO	AMARILLO	AMARILLO	AMARILLO

- **BLANCO:** nivel de confort máximo, **VERDE:** nivel de confort moderado, **AMARILLO:** nivel mínimo de confort, **ROJO:** Nivel de confort inadmisibile

Finalmente, si analizamos los myisms que se habían intercambiado antes, calculamos el número equivalente de personas que dependían de la amortización y la densidad del turton; y cambiando los valores de amortización de la estructura. Un número equivalente de personas cambia la continuación:

Tabla N°3: Nivel de confort de la estructura para distintos tipos de amortiguamientos. Densidad: 640kg/m³ E: 13.400MPa

N° de Personas	Amortiguamiento						
	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07
2		Patron	Patron	Patron	Patron	Patron	Patron
3		Patron	Patron	Patron	Patron	Patron	Patron
4		Patron	Patron	Patron	Patron	Patron	Patron
6	Patron	Patron	Patron	Patron	Patron	Patron	Patron
8	Patron	Patron	Patron	VERDE	VERDE	VERDE	VERDE

- **BLANCO:** nivel de confort máximo, **VERDE:** nivel de confort moderado, **PATRON:** no coincide con el análisis

Evento: XXVII Seminário de Iniciação Científica - Participante ESTRANGEIRO

Consideraciones finales

En el análisis modal, se observa que la frecuencia natural de la mayor probabilidad de ocurrencia es 6.41 Hz, lo que denota que es muy probable que la estructura sea flexible. Si las condiciones de confort se aceleran, está claro que para las columnas 1, 4, 6 y 8 de la TABLA No. 2, las condiciones estructurales más pobres están presentes, y está bien fundado que para las combinaciones 4, 6 y 8 La frecuencia del pastoreo del país tiene mucho que ver con la frecuencia natural de la estructura, generando una sincronización entre las turbas y la estructura, la excitación de más y generando más aceleraciones. Las listas en la columna 1, la combinación del módulo de elasticidad y la densidad dada, generalmente proporcionan buenas condiciones de confort en las estructuras. Finalmente, para las amortizaciones analizadas, las condiciones de confort de la mejor estructura. Gran parte del comportamiento esperado es que, cuando mayor es la amortización, más rápido mejorará los efectos de sincronización, mejorando las condiciones de confort que no se acelerarán.

Palabras clave: Aceleración, Eucalyptus grandis, Puente peatonal, interacción Peatón-estructura.

Palabras clave: Aceleración, Eucalyptus grandis, Pasarela, Interacción, Estructura peatonal.

Referencias

- [1] Regimiento Argentino de Estructuras de Madera CIRSOC 601, Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) - Centro de Investigación del Regimiento Nacional de Seguridad en Obras Civiles (CIRSOC), Buenos Aires; 2016
- [2] García DA (2017). "Modelos numéricos-estocásticos de elementos estructurales de madera de eucalipto grandis". Tesis Doctoral, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina. <http://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/3422>
- [3] Strogatz SH, Abrams DM, McRobie A., Eckhardt B. y Ott E. (2005). Mecánica teórica: Sincronización de multitudes en el Puente del Milenio. Nature, 438 (7064), 43-44.
- [4] EUROCODE 5, 2004, "Diseño de estructuras de madera. Parte 2: Puentes ", Comité Europeo de Normalización, Londres, Reino Unido.