

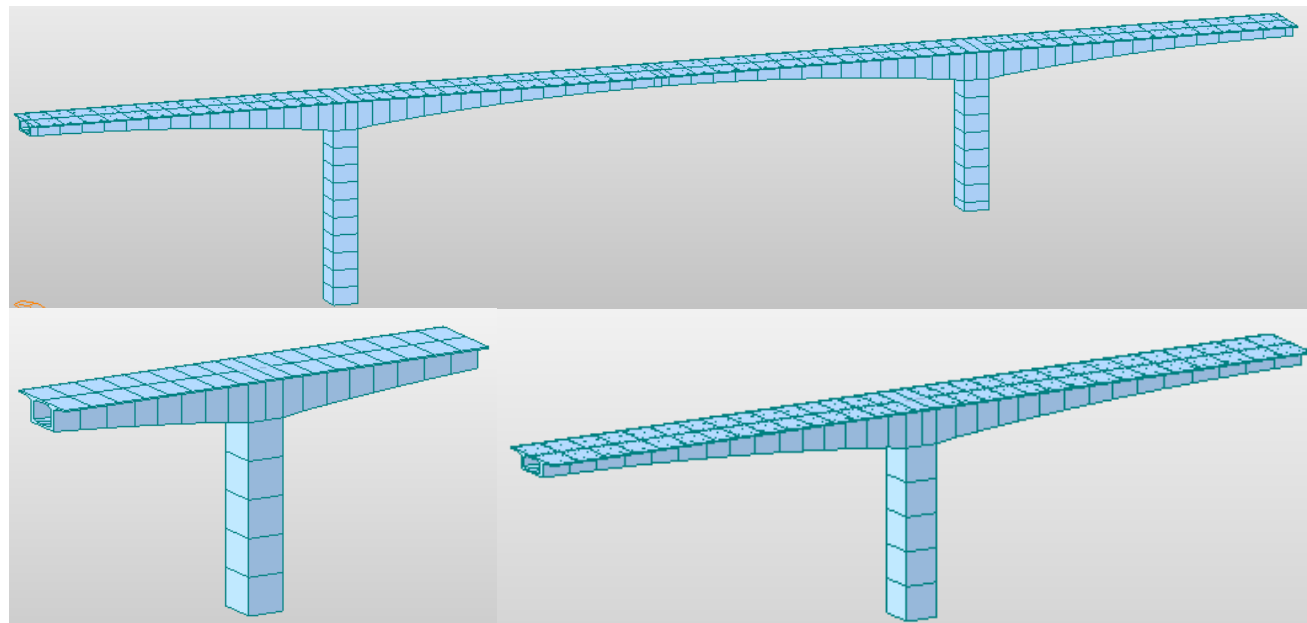


# Jornadas XX GEOTÉCNICAS XXIII ESTRUCTURALES

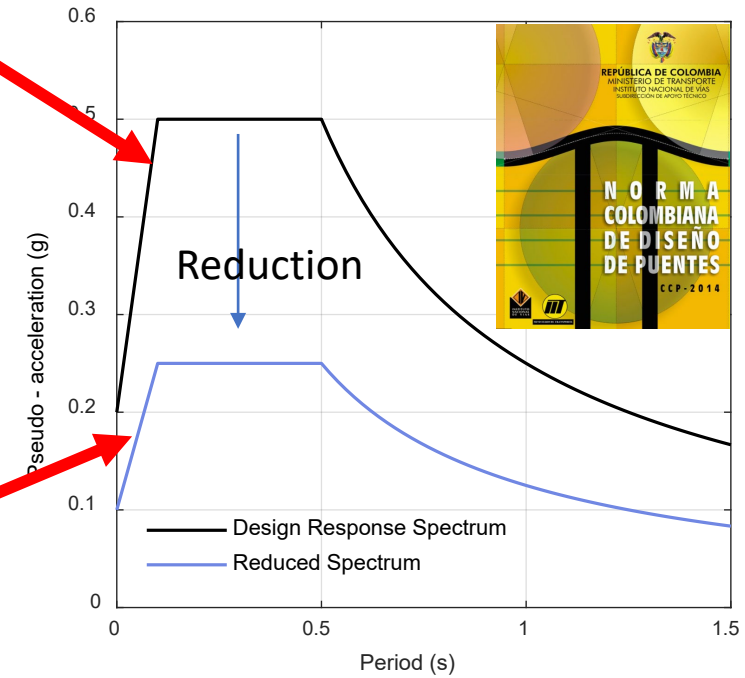
## **Comparación de la Respuesta Sísmica No Lineal de un Puente Viga Cajón de Columnas Asimétricas en la Condición Completa y Durante la Construcción por Voladizos Sucesivos**

M.Sc. (c) Juan David Bravo Rivera  
Ph.D. José M. Benjumea  
Ph.D. Fabián A. Consuegra

**Universidad Industrial de  
Santander**

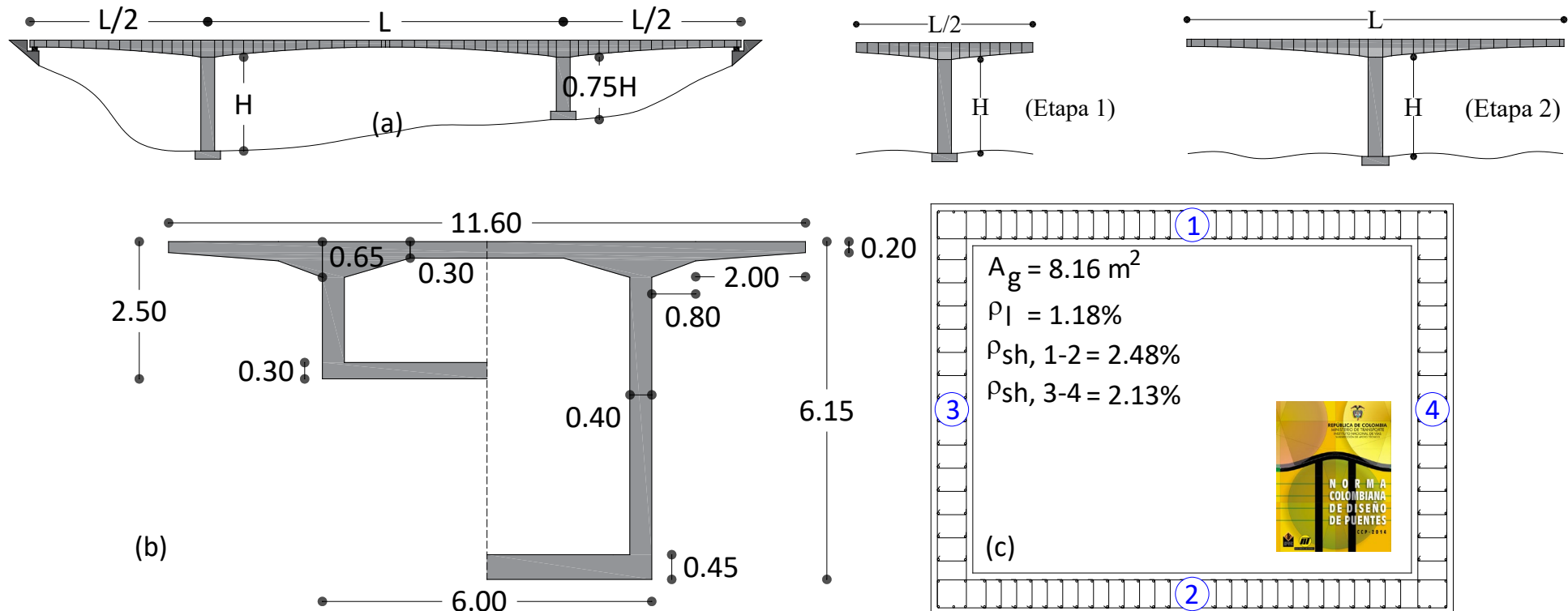


# 1. Introducción



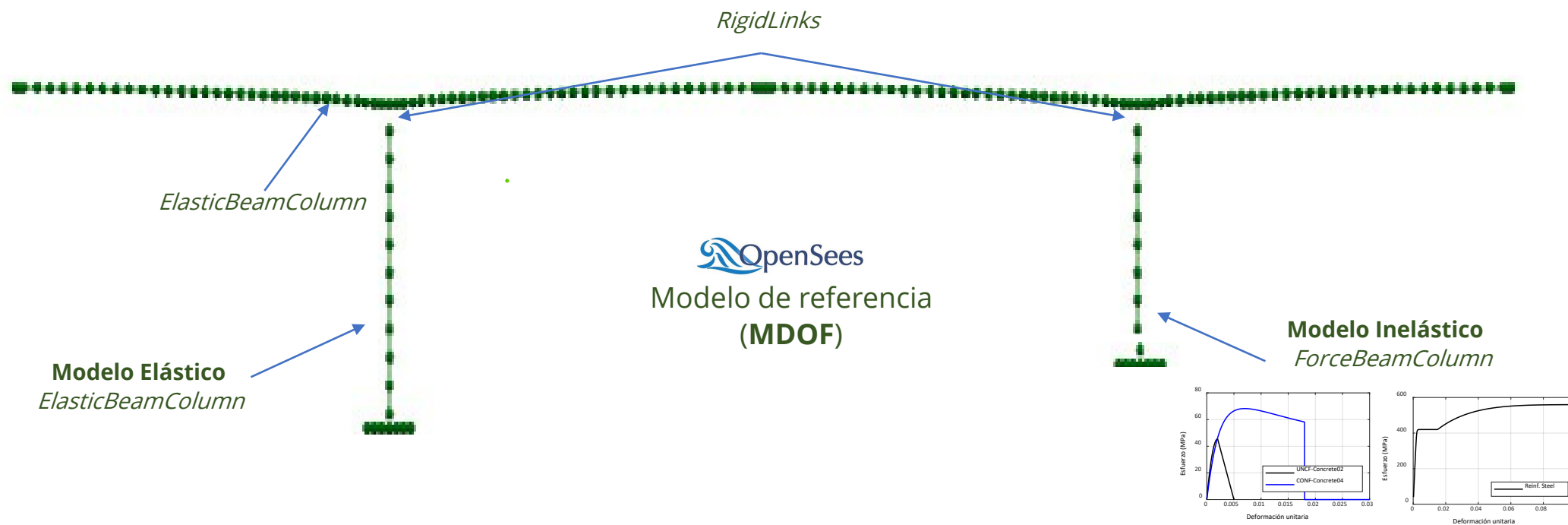
# 2. METODOLOGÍA

## 2.1. Descripción del caso de estudio



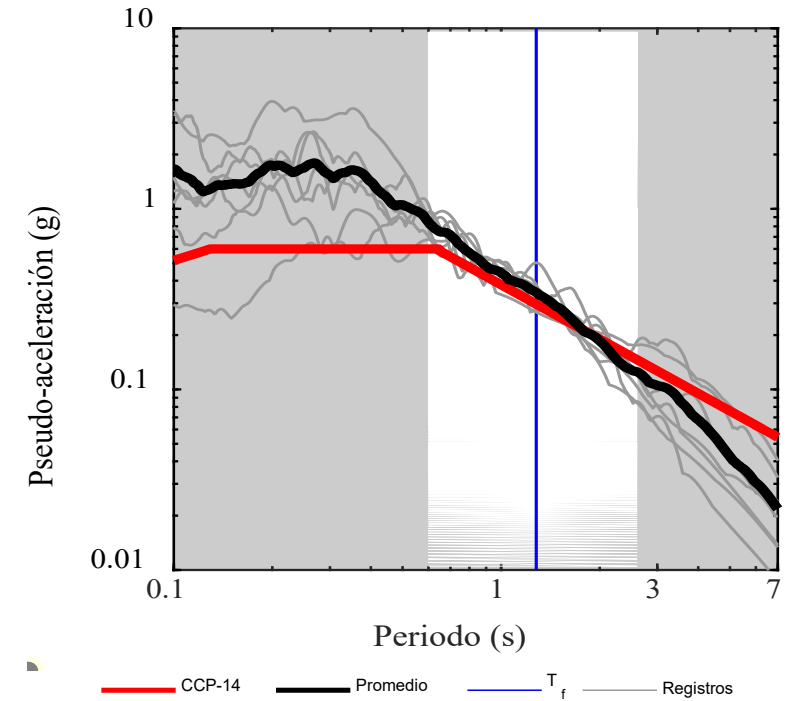
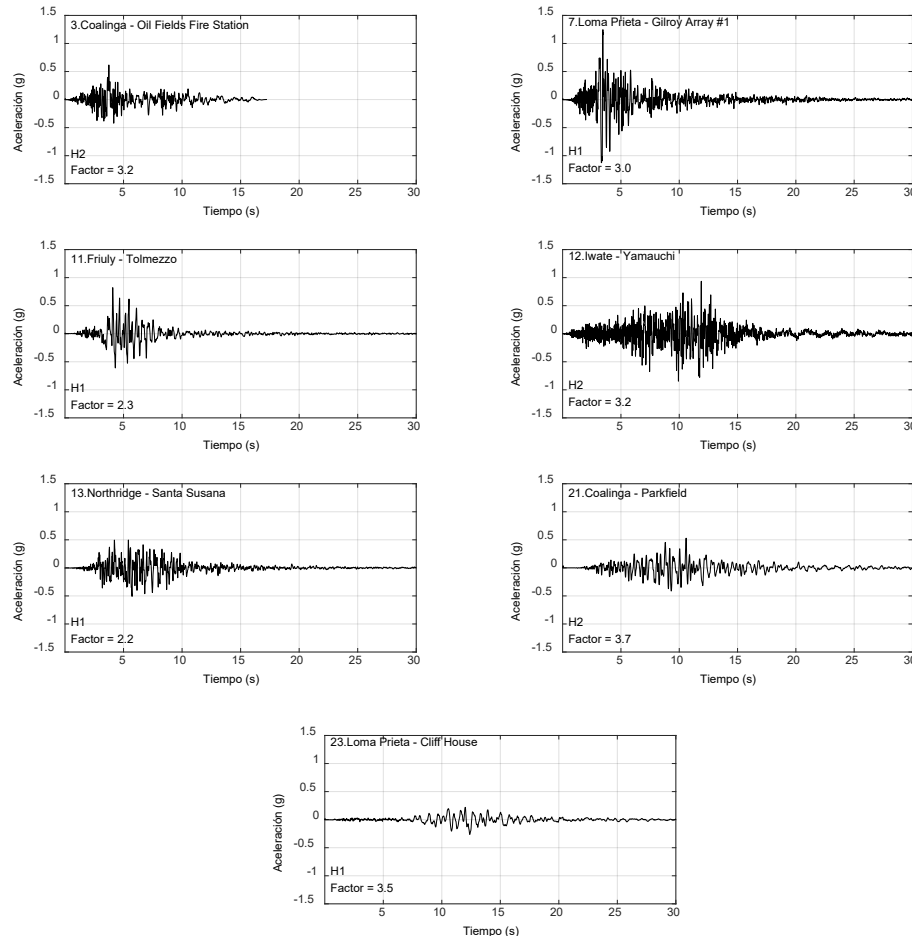
# 2. METODOLOGÍA

## 2.2. Modelos detallados



# 2. METODOLOGÍA

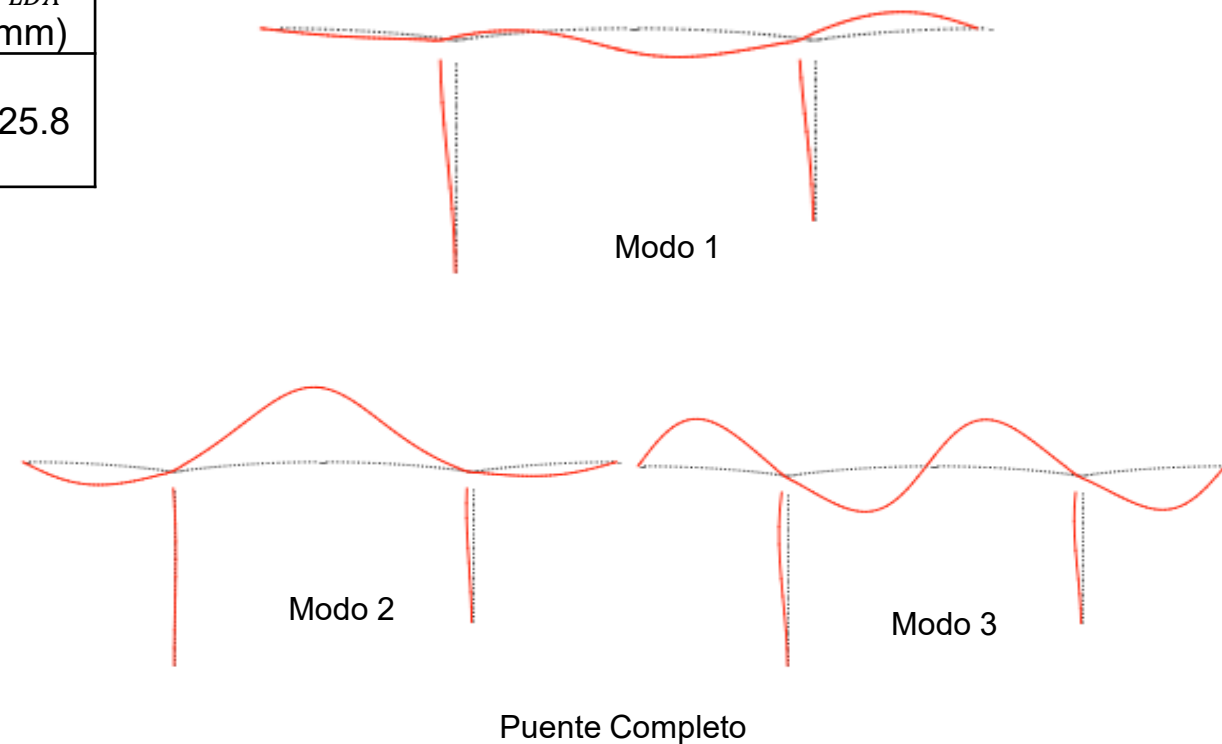
## 2.3. Selección de los registros sísmicos



# 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

## 3.1. Análisis multimodal espectral y lineal dinámico

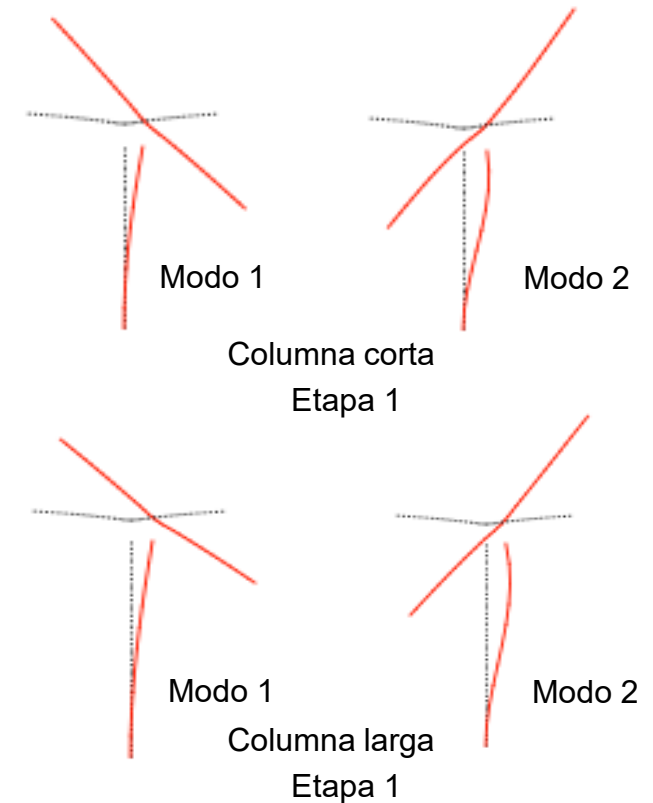
Condición	Modo	$T$ (s)	$\omega$ (rad/s)	% Masa (Long.)	$\Delta_D$ (mm)	$\Delta_{LDA}$ (mm)
Completa	1	1.28	4.91	83.8	111.5	125.8
	2	0.95	6.63	4.8		
	3	0.47	13.49	5.8		



# 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

## 3.1. Análisis multimodal espectral y lineal dinámico

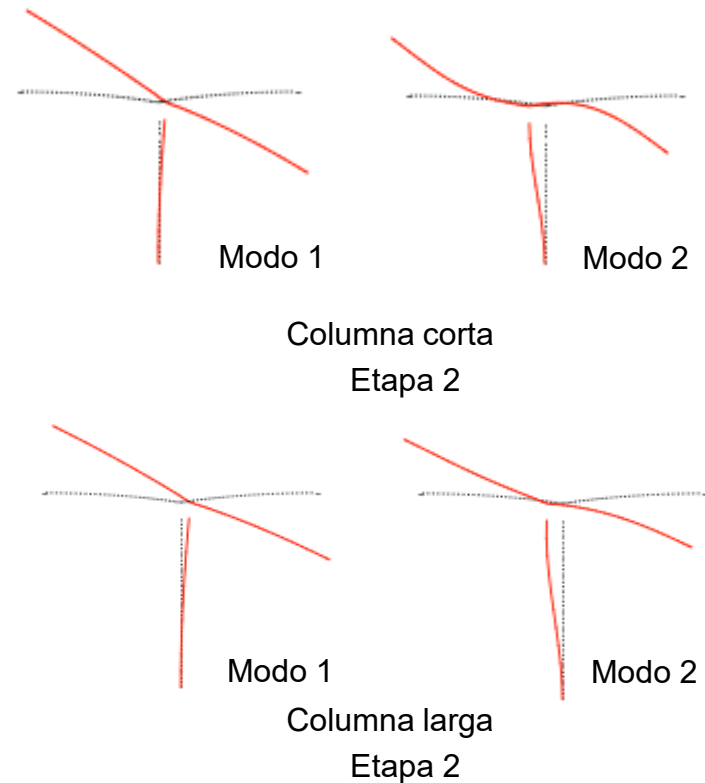
Condición	Modo	$T$ (s)	$\omega$ (rad/s)	% Masa (Long.)	$\Delta_D$ (mm)	$\Delta_{LDA}$ (mm)
Completa	1	1.28	4.91	83.8	111.5	125.8
	2	0.95	6.63	4.8		
	3	0.47	13.49	5.8		
Columna corta Etapa 1	1	2.18	2.89	50.6	58.4	64.1
	2	0.49	12.94	42.4		
	3	0.05	136.59	2.4		
Columna larga Etapa 1	1	2.93	2.14	60.3	97.6	96.4
	2	0.64	9.77	31.1		
	3	0.09	70.27	3.5		



# 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

## 3.1. Análisis multimodal espectral y lineal dinámico

Condición	Modo	$T$ (s)	$\omega$ (rad/s)	% Masa (Long.)	$\Delta_D$ (mm)	$\Delta_{LDA}$ (mm)
Completa	1	1.28	4.91	83.8	111.5	125.8
	2	0.95	6.63	4.8		
	3	0.47	13.49	5.8		
Columna corta Etapa 1	1	2.18	2.89	50.6	58.4	64.1
	2	0.49	12.94	42.4		
	3	0.05	136.59	2.4		
Columna larga Etapa 1	1	2.93	2.14	60.3	97.6	96.4
	2	0.64	9.77	31.1		
	3	0.09	70.27	3.5		
Columna corta Etapa 2	1	4.31	1.46	20.4	53.4	46.7
	2	0.86	7.29	72.8		
	3	0.30	21.24	2.0		
Columna larga Etapa 2	1	5.33	1.18	29.4	88.8	66.3
	2	1.20	5.24	63.8		
	3	0.31	20.48	0.8		

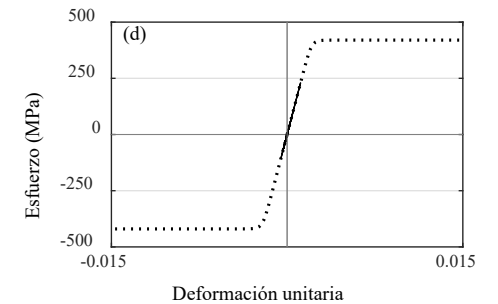
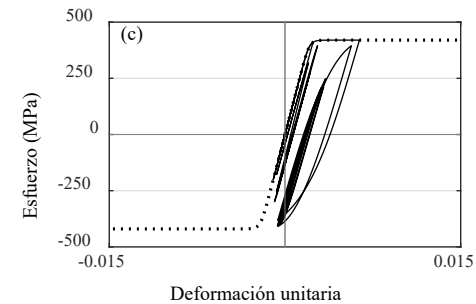
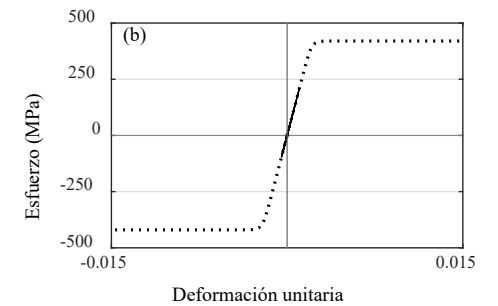
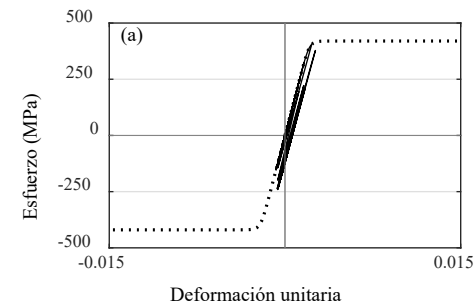
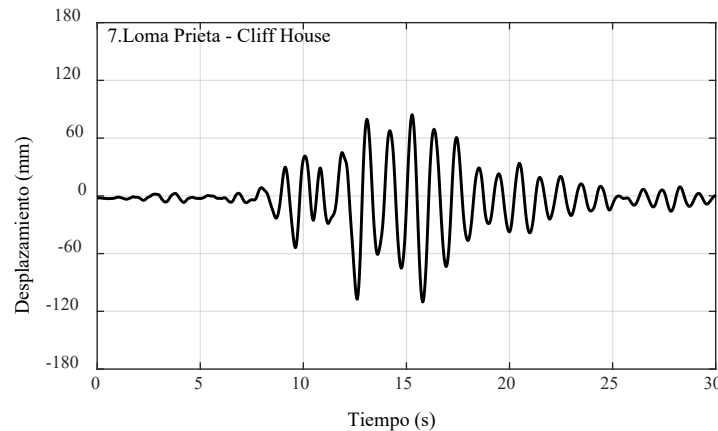
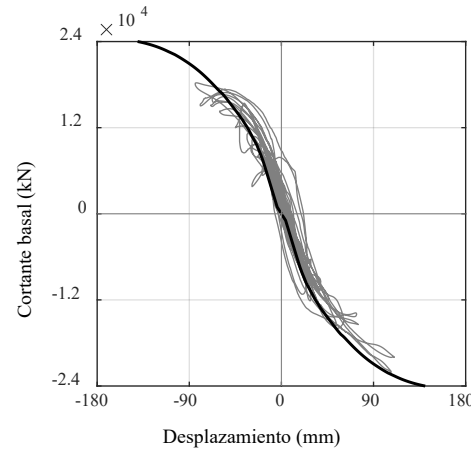




# 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

## 3.2. Análisis no lineal en los modelos detallados

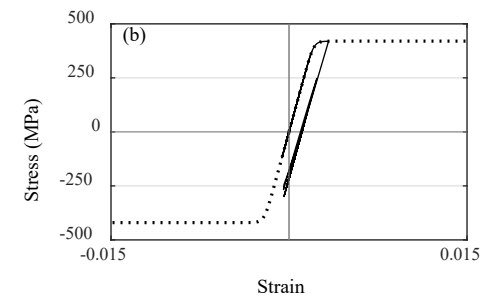
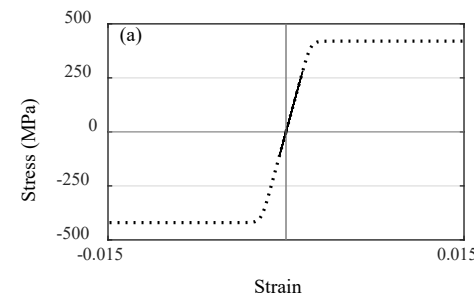
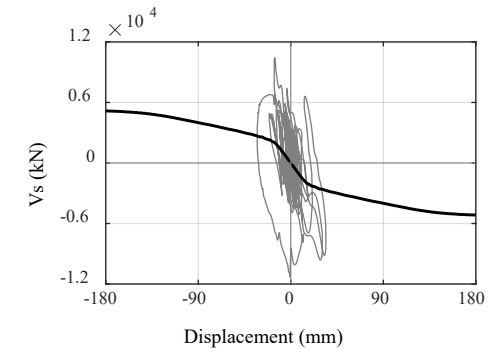
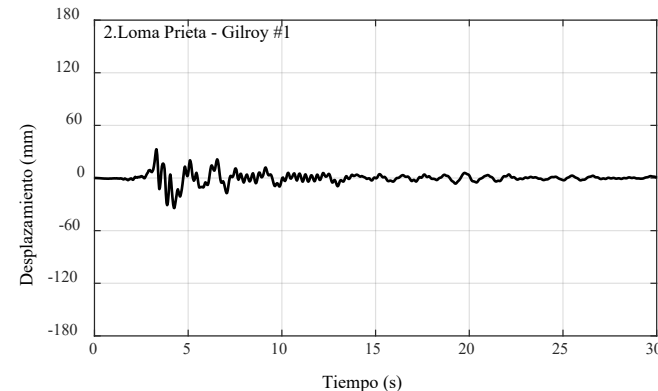
Registros	Puente completo	
1	98.4	(0.0007) (0.0046)
2	74.7	(0.0014) (0.0034)
3	91.4	(0.0012) (0.0055)
4	93.5	(0.0009) (0.0045)
5	80.0	(0.0024) (0.0010)
6	74.0	(0.0010) (0.0027)
7	110.3	(0.0011) (0.0064)
$\Delta_{NLDA}$	88.9	



# 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

## 3.2. Análisis no lineal en los modelos detallados

Registros	Puente completo	Columna corta	Columna larga
		Etapa 1	Etapa 1
1	98.4 (0.0007) (0.0046)	56.0 (0.0003) (0.0009)	71.9 (0.0010) (0.0012)
2	74.7 (0.0014) (0.0034)	34.3 (0.0033) (0.0014)	55.0 (0.0019) (0.0011)
3	91.4 (0.0012) (0.0055)	64.6 (0.0026) (0.0018)	90.9 (0.0020) (0.0020)
4	93.5 (0.0009) (0.0045)	41.8 (0.0016) (0.0013)	77.1 (0.0008) (0.0013)
5	80.0 (0.0024) (0.0010)	37.7 (0.0010) (0.0009)	92.2 (0.0008) (0.0012)
6	74.0 (0.0010) (0.0027)	51.7 (0.0011) (0.0014)	83.0 (0.0010) (0.0013)
7	110.3 (0.0011) (0.0064)	43.3 (0.0003) (0.0008)	73.1 (0.0003) (0.0009)
$\Delta_{NLDA}$	88.9	47.1	77.6



# 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

## 3.2. Análisis no lineal en los modelos detallados

Registros	Puente completo	Columna corta	Columna larga	Columna corta	Columna larga
		Etapa 1	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 2
1	98.4 (0.0007) (0.0046)	56.0 (0.0003) (0.0009)	71.9 (0.0010) (0.0012)	29.9 (0.0006) (0.0007)	57.1 (0.0011) (0.0010)
2	74.7 (0.0014) (0.0034)	34.3 (0.0033) (0.0014)	55.0 (0.0019) (0.0011)	48.5 (0.0009) (0.0014)	75.4 (0.0010) (0.0011)
3	91.4 (0.0012) (0.0055)	64.6 (0.0026) (0.0018)	90.9 (0.0020) (0.0020)	27.2 (0.0003) (0.0008)	53.0 (0.0008) (0.0009)
4	93.5 (0.0009) (0.0045)	41.8 (0.0016) (0.0013)	77.1 (0.0008) (0.0013)	34.4 (0.0010) (0.0010)	49.9 (0.0005) (0.0006)
5	80.0 (0.0024) (0.0010)	37.7 (0.0010) (0.0009)	92.2 (0.0008) (0.0012)	40.2 (0.0011) (0.0013)	41.1 (0.0005) (0.0006)
6	74.0 (0.0010) (0.0027)	51.7 (0.0011) (0.0014)	83.0 (0.0010) (0.0013)	37.2 (0.0006) (0.0010)	30.2 (0.0005) (0.0004)
7	110.3 (0.0011) (0.0064)	43.3 (0.0003) (0.0008)	73.1 (0.0003) (0.0009)	23.9 (0.0006) (0.0005)	51.8 (0.0011) (0.0009)
$\Delta_{NLDA}$	88.9	47.1	77.6	34.5	51.2

## 4. CONCLUSIONES

- El modo predominante de vibración del puente en la condición completa es el modo fundamental mediante el cual las columnas se deforman en doble curvatura y la superestructura presenta desplazamientos longitudinales acompañados de ligeras deformaciones verticales. La contribución de los modos de vibración de orden superior sobre los desplazamientos laterales no es significativa.
- En las etapas constructivas, el segundo modo de vibración presenta un porcentaje de participación significativo (entre 22% y 42% en las etapas 1 y entre 48% y 72% en las etapas 2) que aumenta con el avance en la longitud de los voladizos y la reducción de la altura de las columnas. Este modo de vibración se caracteriza por presentar deformaciones verticales y opuestas en los extremos de los voladizos.
- El puente estudiado en este trabajo es más propenso a presentar mayores desplazamientos en la condición completa que a lo largo de su proceso constructivo.
- Los análisis no lineales dinámicos revelaron que las deformaciones unitarias en los materiales de las columnas son mayores durante la etapa 1 que en la etapa 2, lo que indica que la primera es una condición de mayor vulnerabilidad sísmica.



## **Frase de cierre**

Solo se vive una vez, pero si se hace bien, una es suficiente.