

Uso de pruebas de carga para caracterización de un puente existente Caso de estudio

Ing. Giannina Ortiz Quesada

Ing. Mauricio Carranza

Introducción o antecedentes

La siguiente presentación es parte de los resultados de un caso de estudio de un puente con características típicas en Costa Rica y su análisis a través del uso de pruebas de capacidad de carga.

Es un tema que si bien es cierto se aplica al analizar una estructura de puente en países de Europa y Norteamérica, en Costa Rica la experiencia es poca.

Este es un ejemplo y un primer acercamiento al uso de este tipo de pruebas no destructivas sobre puentes.

Agenda

- Pruebas de carga
- Caso de estudio: Puente sobre el río Purires
 - Características del puente
 - Aplicación de la prueba de carga
 - Resultados principales
- Recomendaciones

Capacidad de carga de un puente

Importancia

- Calcular las condiciones físicas para determinar las necesidades de mantenimiento.

Cuando debe calcularse

- La capacidad de carga de un puente se basa en las condiciones estructurales, propiedades de los materiales, cargas, condiciones del tráfico y el sitio; existentes en el momento. Se debe calcular cada vez que se produzcan cambios en algunas de las condiciones.

Pruebas de carga

Qué son?

- Las pruebas de carga permiten medir la respuesta de un puente de forma controlada y con cargas predeterminadas sin causar cambios en la respuesta elástica de la estructura.
- Se usan para verificar tanto los componentes como el desempeño del sistema bajo cargas conocidas y es una metodología de evaluación alternativa para analizar la capacidad de carga del puente. Proveen suficientes datos para establecer de forma segura los niveles de carga viva para puentes antiguos.

Pruebas de carga

- **Pruebas de diagnóstico:** se usan para determinar la respuesta de ciertas características como cargas, distribución de cargas o validar procedimientos analíticos o modelos matemáticos.
- **Pruebas de resistencia:** se usan para establecer la capacidad máxima segura del puente, cuando el comportamiento del puente se encuentra fuera del rango elástico.

Pruebas de carga

- Las pruebas **estáticas** usan cargas estacionarias para evitar vibraciones en el puente, la intensidad y posición de la carga varía durante el ensayo. Las pruebas estáticas de diagnóstico sirven para verificar y ajustar los modelos analíticos de predicción.
- Las pruebas **dinámicas** usan cargas que varían con respecto al tiempo o cargas en movimiento que producen vibraciones en el puente. Las pruebas dinámicas incluyen el análisis con vehículos en movimiento, la respuesta del comportamiento con el tráfico normal y el análisis de vibración para relacionarlo con la carga de sismo.

Durante estas pruebas se aplican cargas suficientemente altas para propiciar un cambio en el comportamiento del puente, pero sin afectar la integridad de la estructura

Puente sobre río Purires

Caso de estudio



“Seminario sobre evaluación de estructuras
de puentes en Costa Rica”

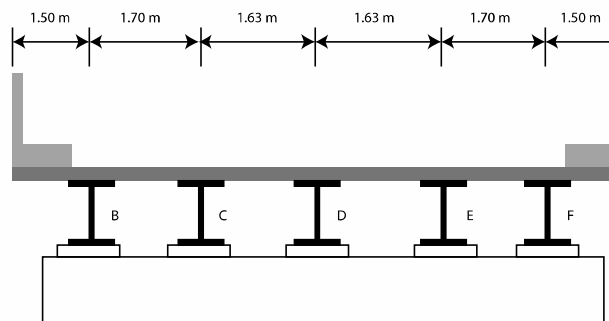
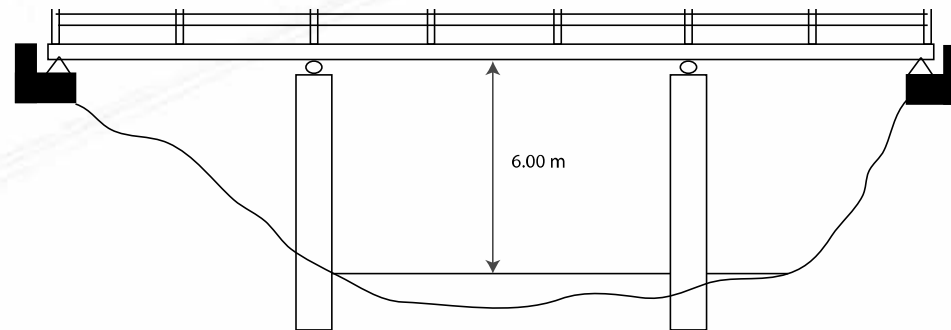
Puente sobre río Purires

Caso de estudio

- El puente en análisis denominado “Purires”, se ubica en la ruta nacional número 2, en las coordenadas $9^{\circ}50'2.98''$ (latitud) y $-83^{\circ}57'5.43''$ (longitud). Es un puente de vigas continuas de acero W27X94, de 39.45m de longitud total y distancia promedio entre apoyos menor a 15 m, cuenta con 4 puntos de apoyo. Posee una losa de concreto de 15 cm de espesor con refuerzo de acero #6 cada 15 cm de forma transversal y cada 25 cm longitudinalmente y una sobre capa de asfalto que varía entre 14 y 7 cm de espesor. Posee dos carriles y doble vía y el promedio diario de vehículos es de 11318, el ancho de de la superficie de ruedo es de 6.6m y cuenta con aceras de 1.5m. La distancia libre desde el río tiene un promedio de 5m. La fecha de construcción de dicho puentes se estima en los años 50's, pero se desconoce la fecha exacta.

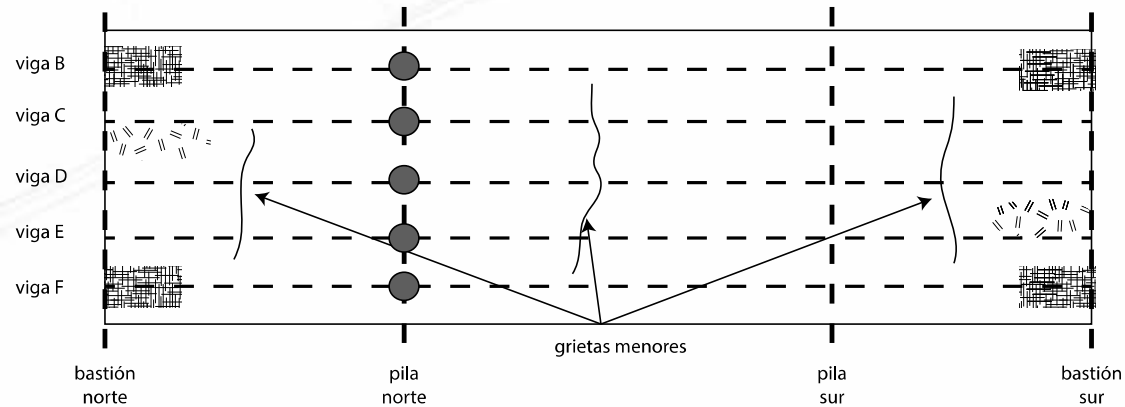
Puente sobre río Purires


Caso de estudio



Puente sobre río Purires

Caso de estudio



 Corrosión avanzada con pérdida de sección

 Efluorescencia

 Apoyo con desplazamiento importante

Puente sobre río Purires

Caso de estudio

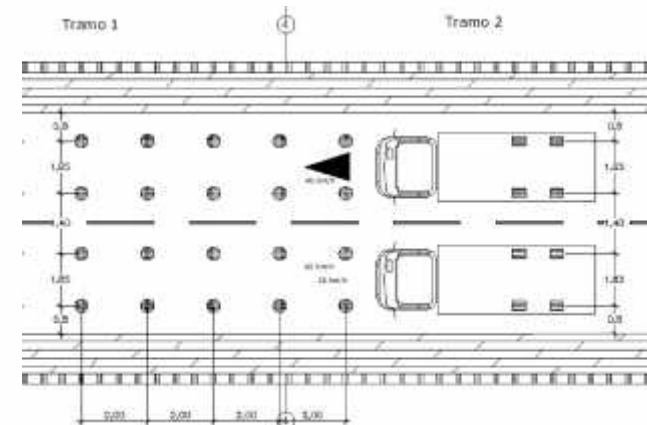
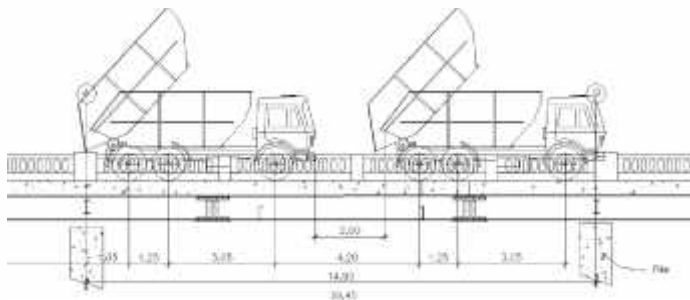
Posibles fallas en puente de viga continua de acero (FMEA Methodology [02])

Puente: Puente sobre Río Purires, ruta 2.
Configuración estructural: viga continua

Componente	función	Posible falla	Efecto de la falla	Causa de la falla	Proceso de control	O	I
Viga principal W27X94	Elemento estructural primario soporte de la estructura	elemento por flexión o cortante uniones por aplastamiento, flexión o cortante	Perdida de estabilidad y posible colapso parcial	fatiga corrosión exceso de carga	inspecciones periódicas	90%	90%
Viga secundaria W16X40	Elemento estructural secundario, para acoplar vigas principales. Compatibilizar deformaciones y disminuir vibraciones	elemento por flexión o cortante uniones por aplastamiento, flexión o cortante	pone en riesgo los elementos estructurales primarios	fatiga corrosión exceso de carga	inspecciones periódicas	40%	50%
Viga secundaria C12X20	Elemento estructural secundario, para acoplar vigas principales. Compatibilizar	elemento por flexión o cortante uniones por aplastamiento	pone en riesgo los elementos estructurales	fatiga corrosión exceso de	inspecciones periódicas	40%	50%

Pruebas aplicadas

- 5 pruebas no destructivas, según AASHTO
 - ✓ 2 pruebas estáticas – controladas
 - ✓ 2 pruebas dinámicas – controladas
 - ✓ 1 prueba dinámica de 24 horas



Variables medidas

- Variables – Pruebas estáticas
 - ✓ Deformación
 - ✓ Desplazamiento
 - ✓ Deflexión
- Variables – Pruebas dinámicas controladas
 - ✓ Deformación
 - ✓ Vibración
- Variables – Prueba dinámica 24 horas
 - ✓ Deformación
 - ✓ Vibración
 - ✓ Tránsito

Red de sensores



Desempeño
estructural



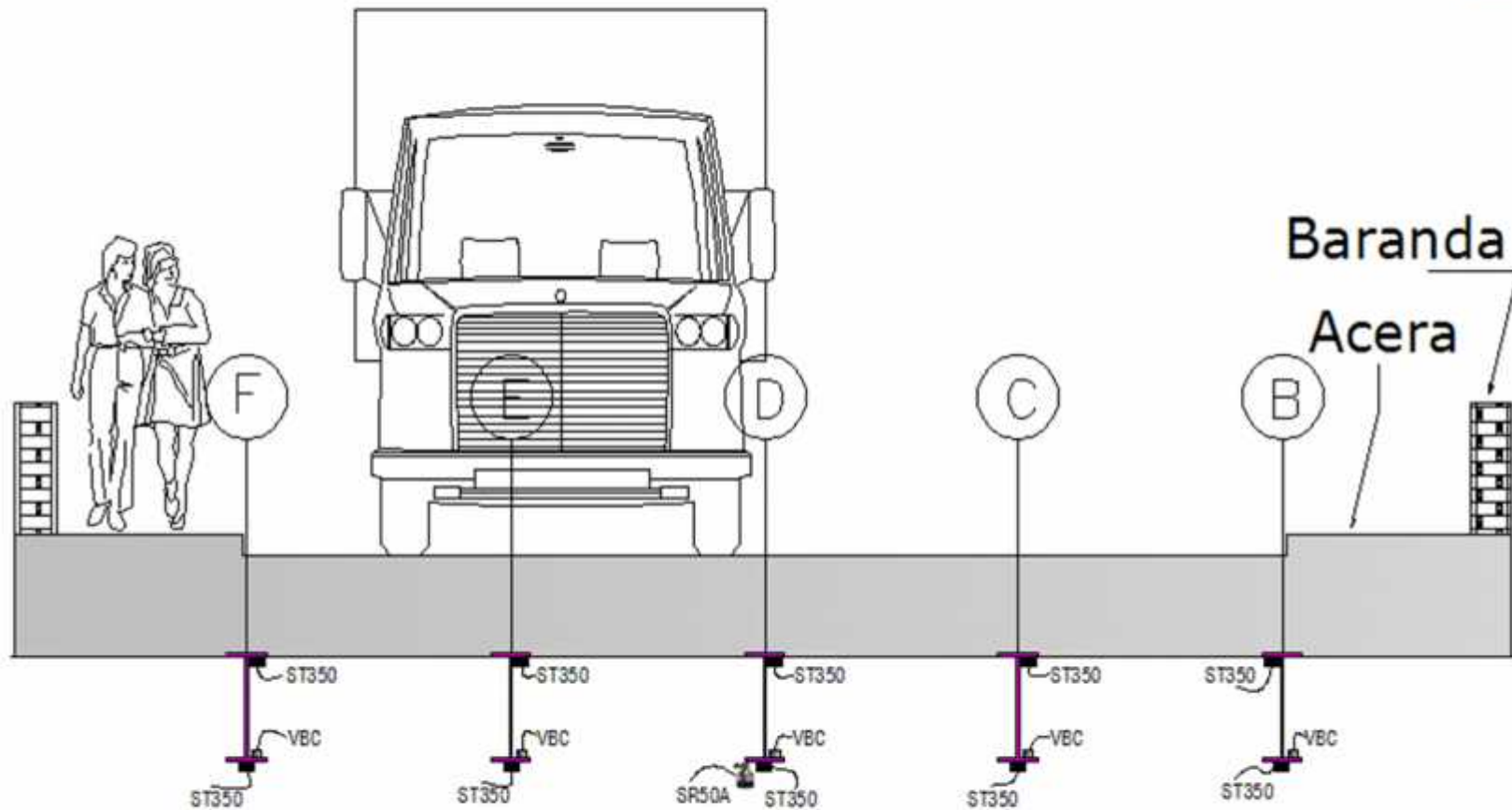
Vibración



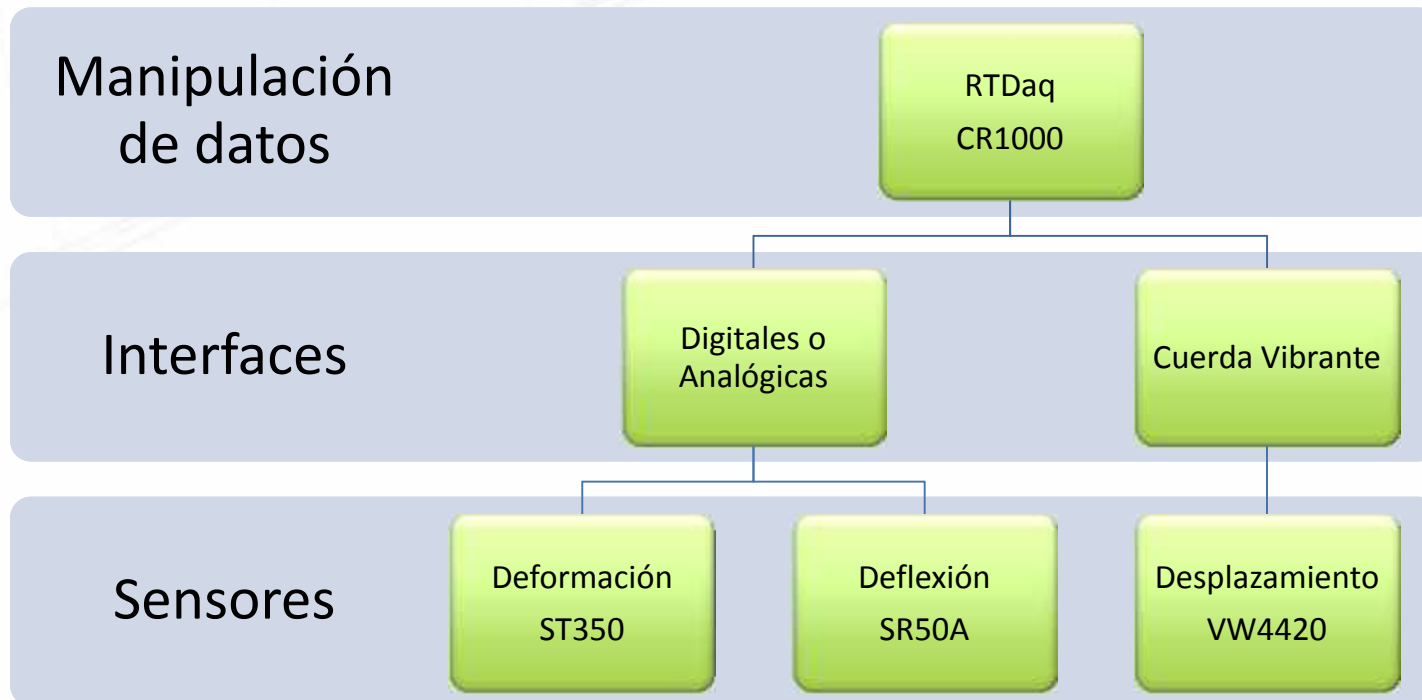
Volumen de
tránsito



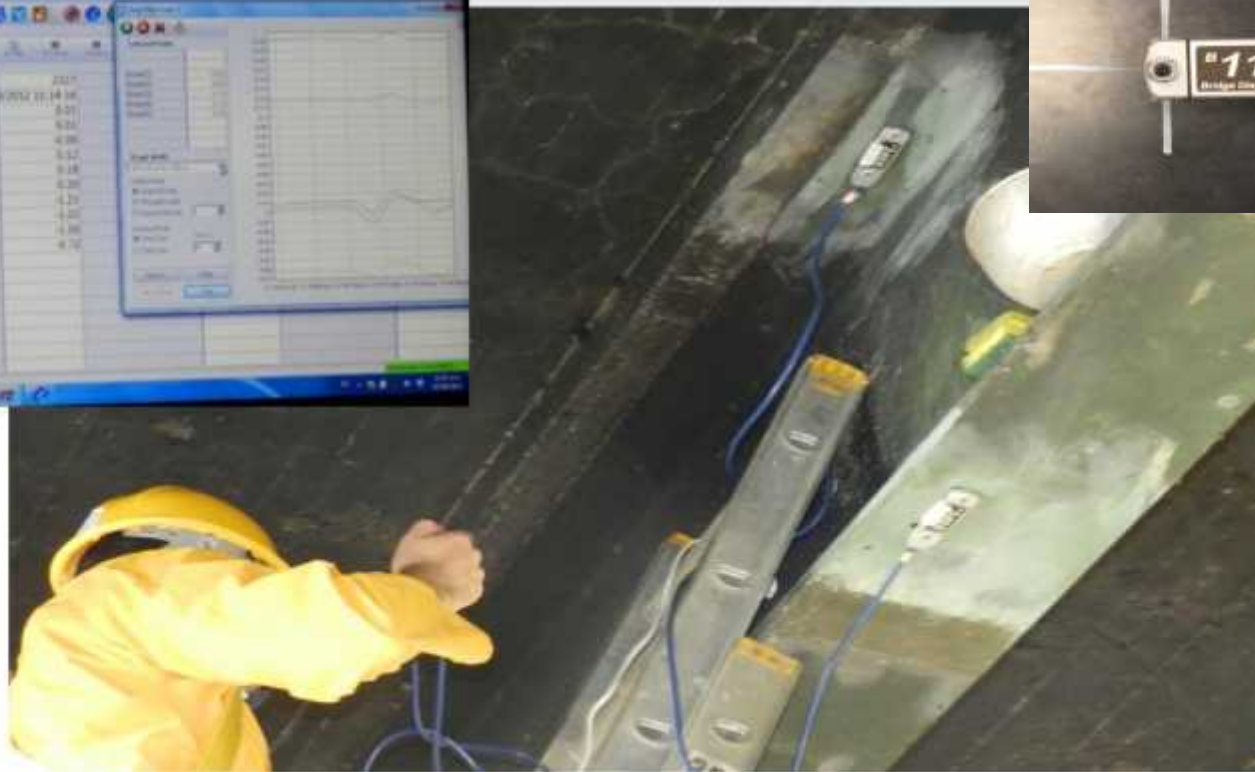
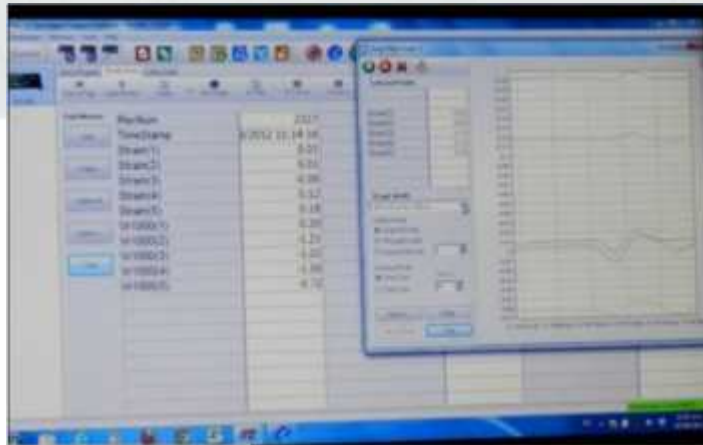
Ubicación de sensores



Sensores de desempeño estructural



ST350 Strain gages (deformación)



SR50A ultrasonic (deflexión)

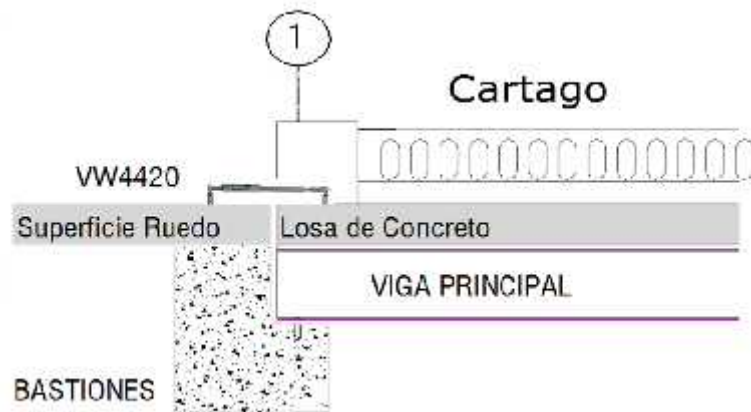
TEC | Tecnológico
de Costa Rica

ebridge



“Seminario sobre evaluación de estructuras
de puentes en Costa Rica”

4420 crackmeter (desplazamiento)



Vibración

Adquisición de datos

Processing
(open source)

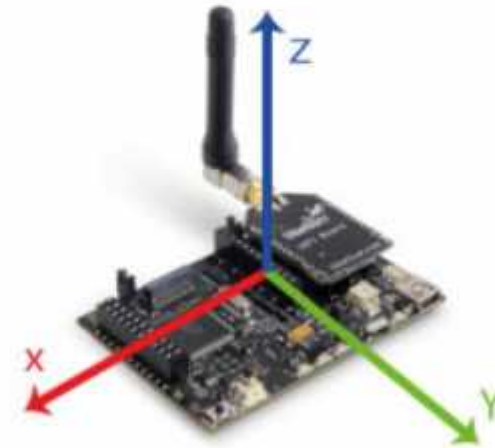
Interfaces

Digitales

Sensores

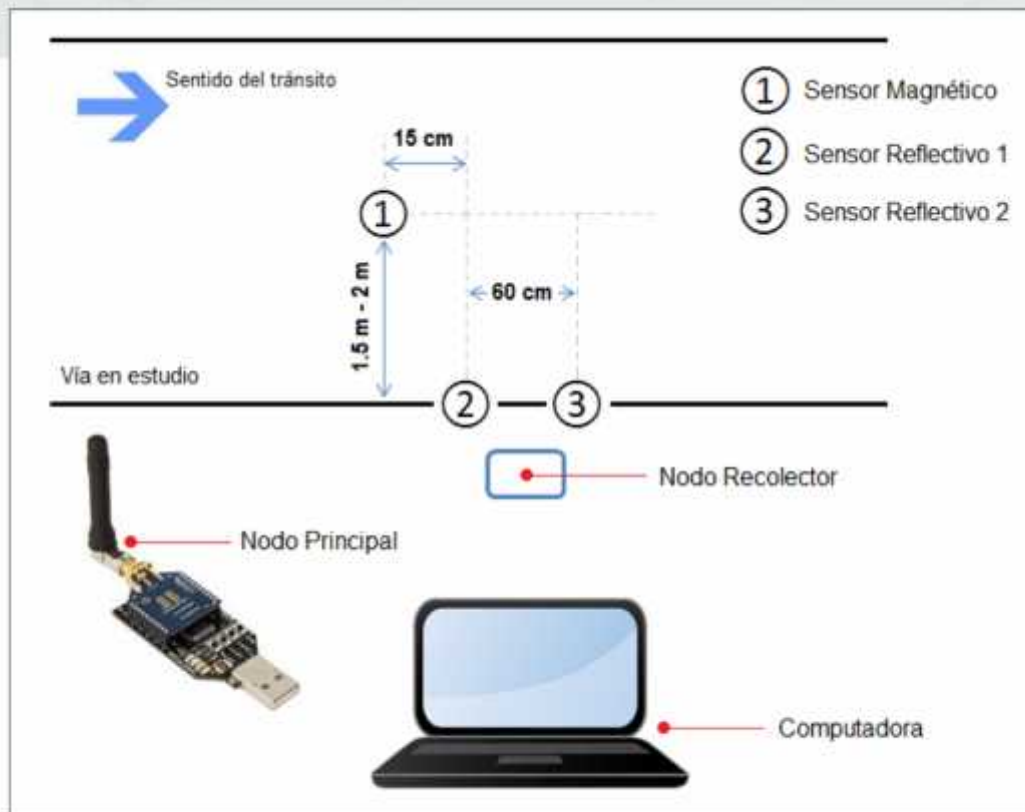
Waspnote

Vibración

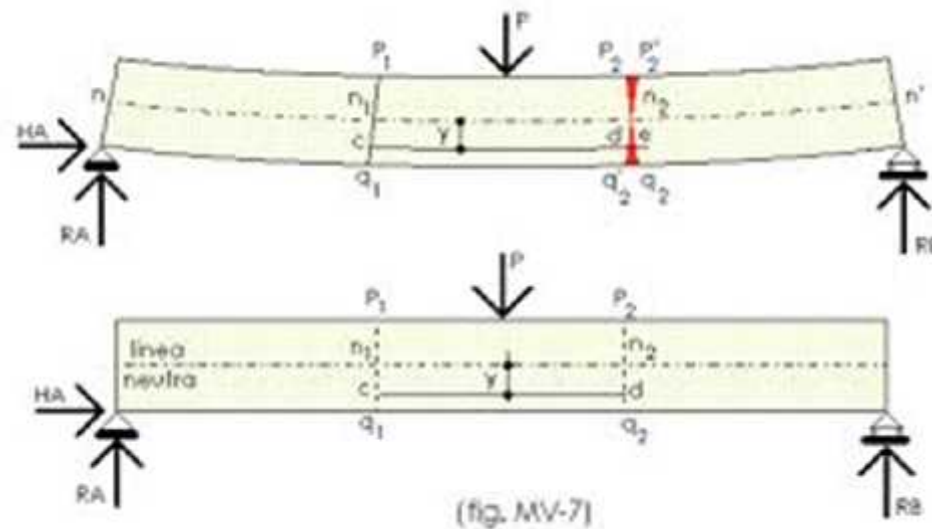


“Seminario sobre evaluación de estructuras de puentes en Costa Rica”

Medición de volumen de tránsito (diseño)



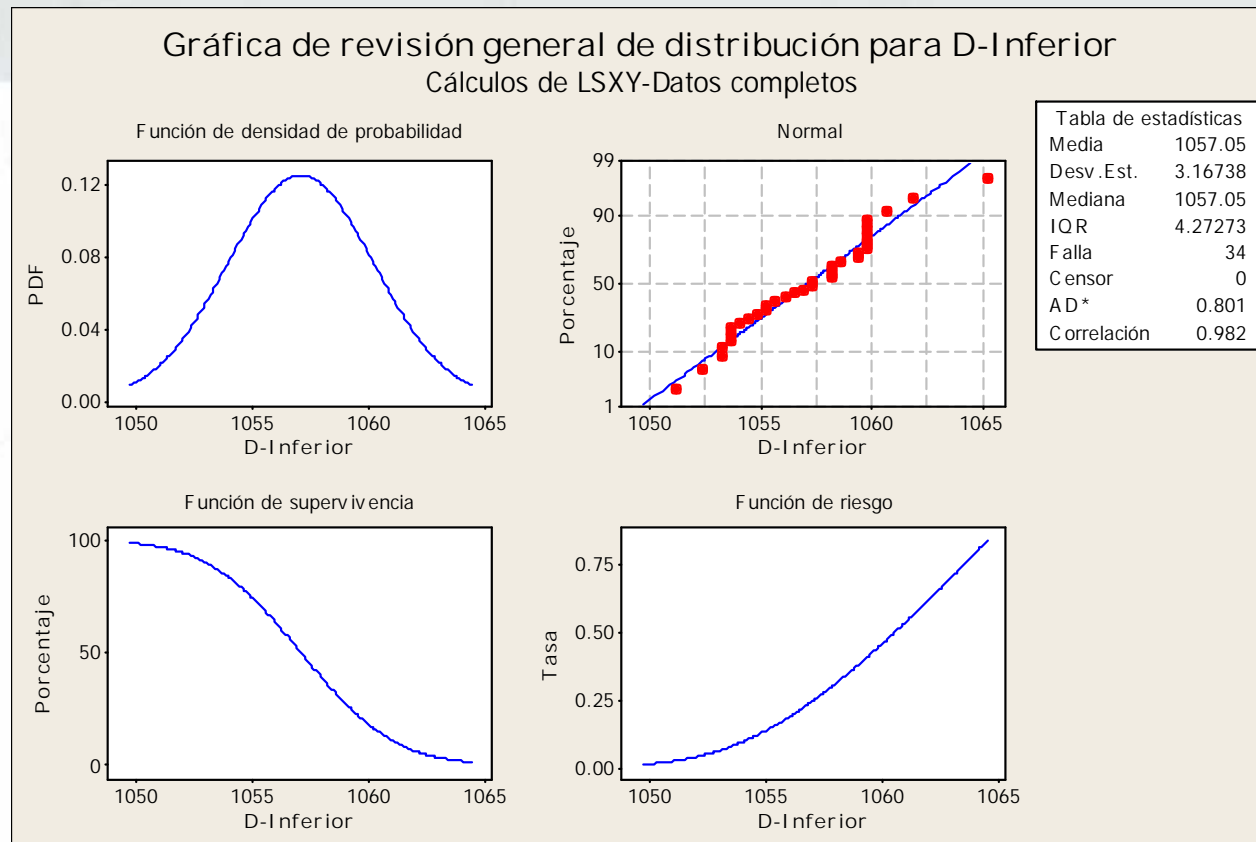
Algunos resultados (deformación)



Algunos resultados (deformación, caso I)

Viga/ala	Valor medio de deformación	Desviación estándar	Factor de correlación	Valor de deformación en percentil 95
B-Superior	15.60	3.4356	0.955	22.74
B-Inferior	419.54	2.7571	0.956	425.272
C-Superior	-272.40	1.2571	0.990	-269.763
C-Inferior	907.73	2.2116	0.986	912.362
D-Superior	-268.96	4.2697	0.803	-260.304
D-Inferior	1,057.05	3.1674	0.982	1063.67
E-Superior	-199.74	1.7744	0.695	-201.51
E-Inferior	427.51	19.6033	0.964	447.11

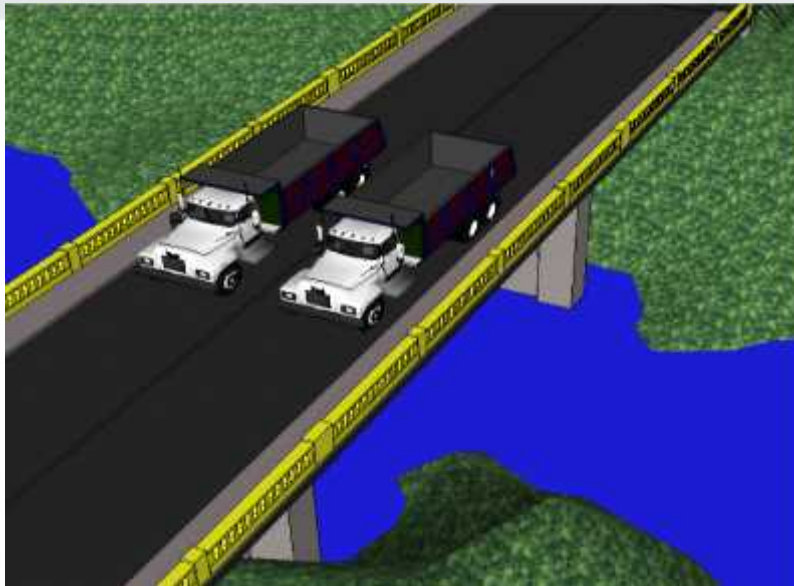
Algunos resultados (deformación, caso I)





Prueba carga

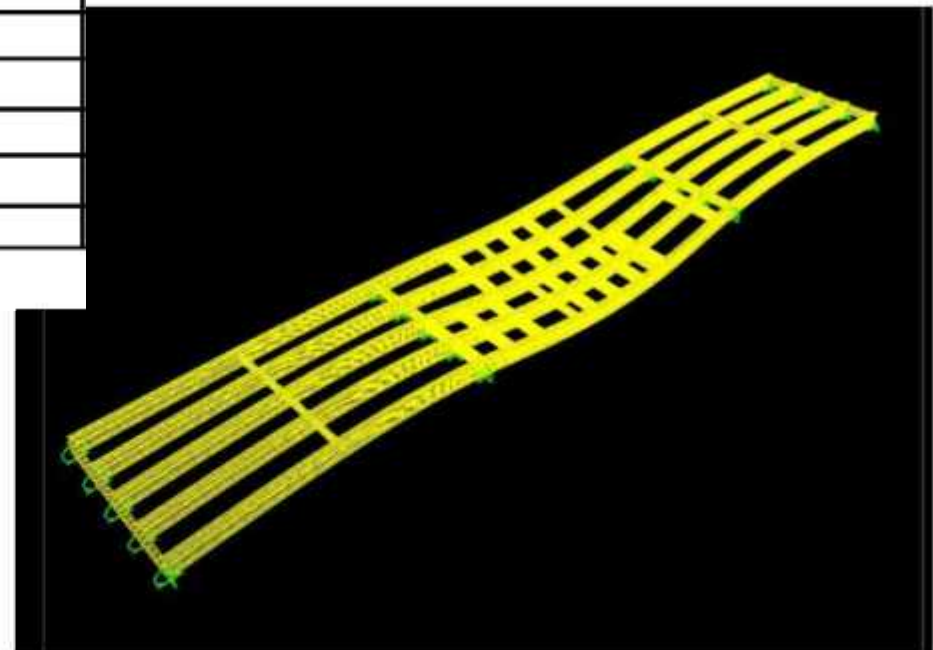
Resultados caso carga I



Comparación **deformación** real (medidas sensores) vrs modelo teórico

Algunos resultados (deformación, caso I)

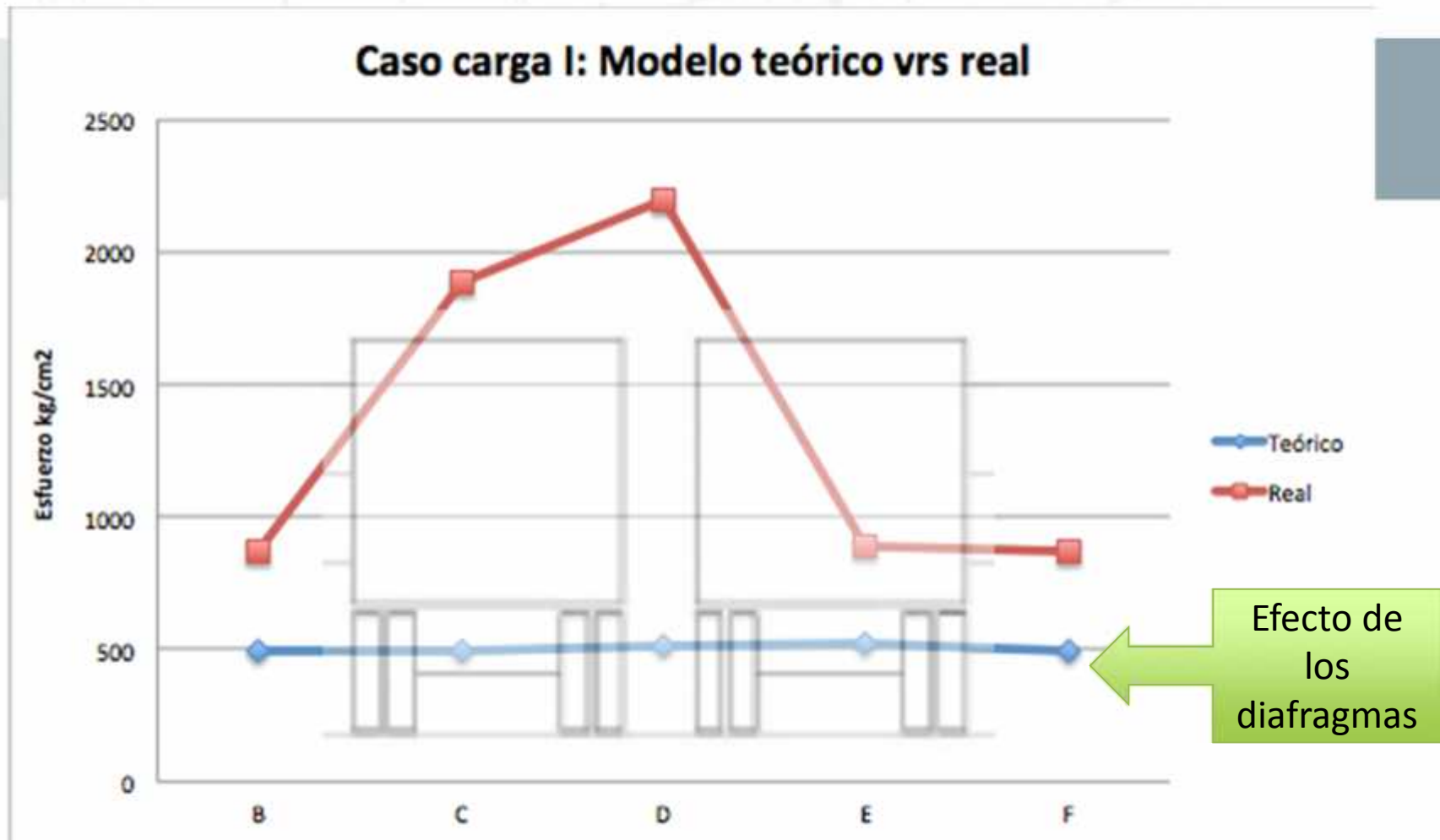
Viga/ala	Valor medio de deformación
B-Superior	15.60
B-Inferior	419.54
C-Superior	-272.40
C-Inferior	907.73
D-Superior	-268.96
D-Inferior	1,057.05
E-Superior	-199.74
E-Inferior	427.51



Comparación de esfuerzos entre el modelo teórico y los resultados de la prueba de carga

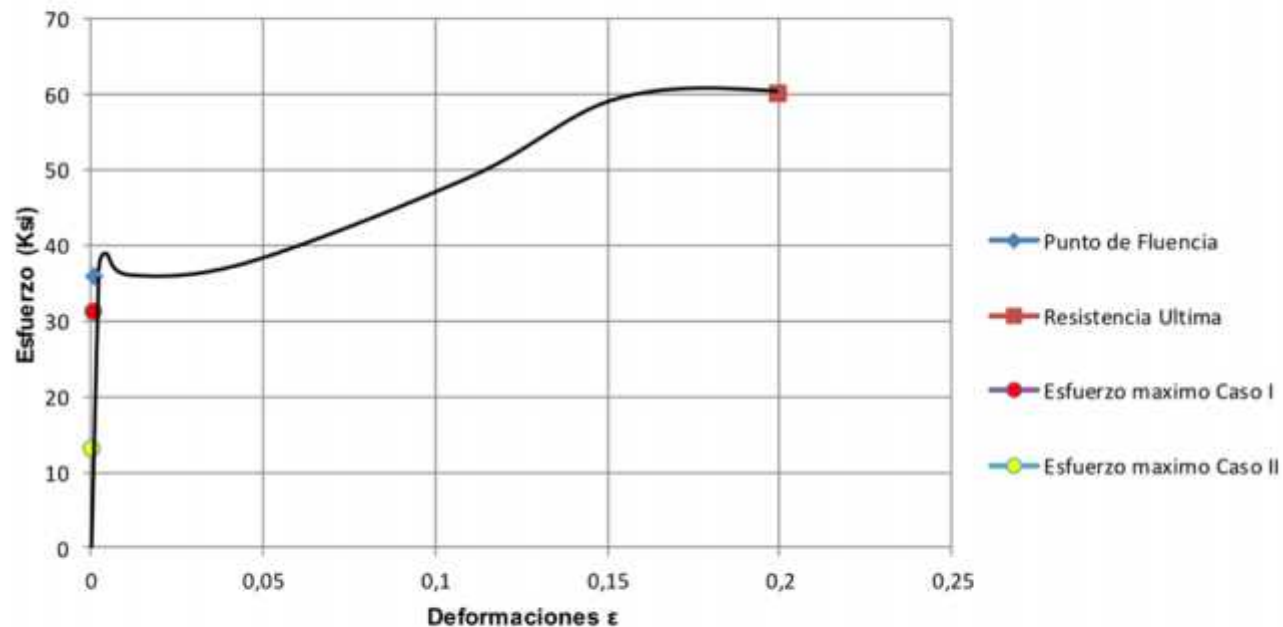
Viga	Valor Esfuerzo Tensión (kg/cm ²)					
	Caso I			Caso II		
	Modelo	Real	% Desviación	Modelo	Real	% Desviación
B	494.13	870.12	43.21%	236.79	-	-
C	493.13	1,882.84	73.815	233.64	383.67	39.01%
D	509.58	2,192.32	76.76%	294.26	915.72	67.67%
E	520.92	886.65	41.25%	321.68	644.00	50.05%

Caso carga I: Modelo teórico vrs real

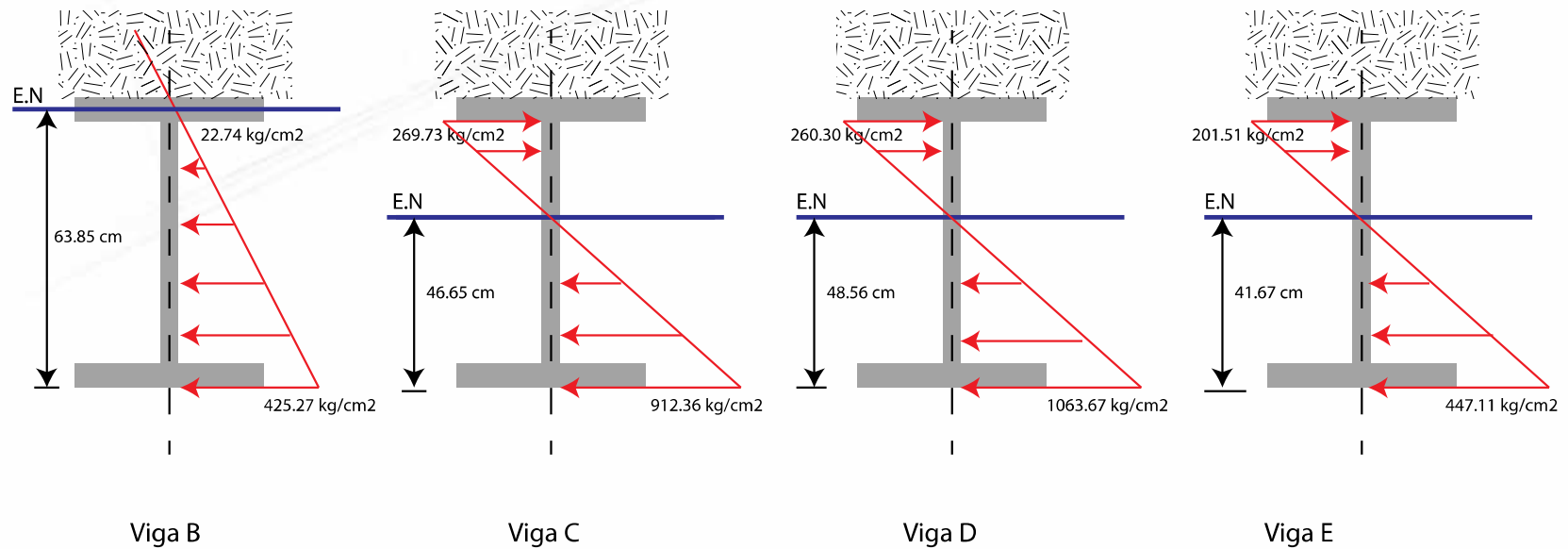


Comparación de esfuerzos

Grafico 9. Curva Teórica Esfuerzo - Deformacion
Esfuerzos máximos, viga D.



Determinación eje neutro real



Conclusiones

- Hay diferencias marcadas del comportamiento real al teórico, debido a:
 - ✓ Deterioro de las vigas principales
 - ✓ Apoyos deformados
 - ✓ Diafragmas “desacoplados”

Muchas gracias