

ASUNCIÓN
2022



PRUEBAS DE CARGA Y ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS EN PUENTES

Prof. Dr. Ing. Sergio Gavilán

Facultad de Ingeniería

Universidad Nacional de Asunción

Gavilán & Asociados S.A.

Ensayos no destructivos



Puentes existentes



Puentes en
construcción



Fundaciones

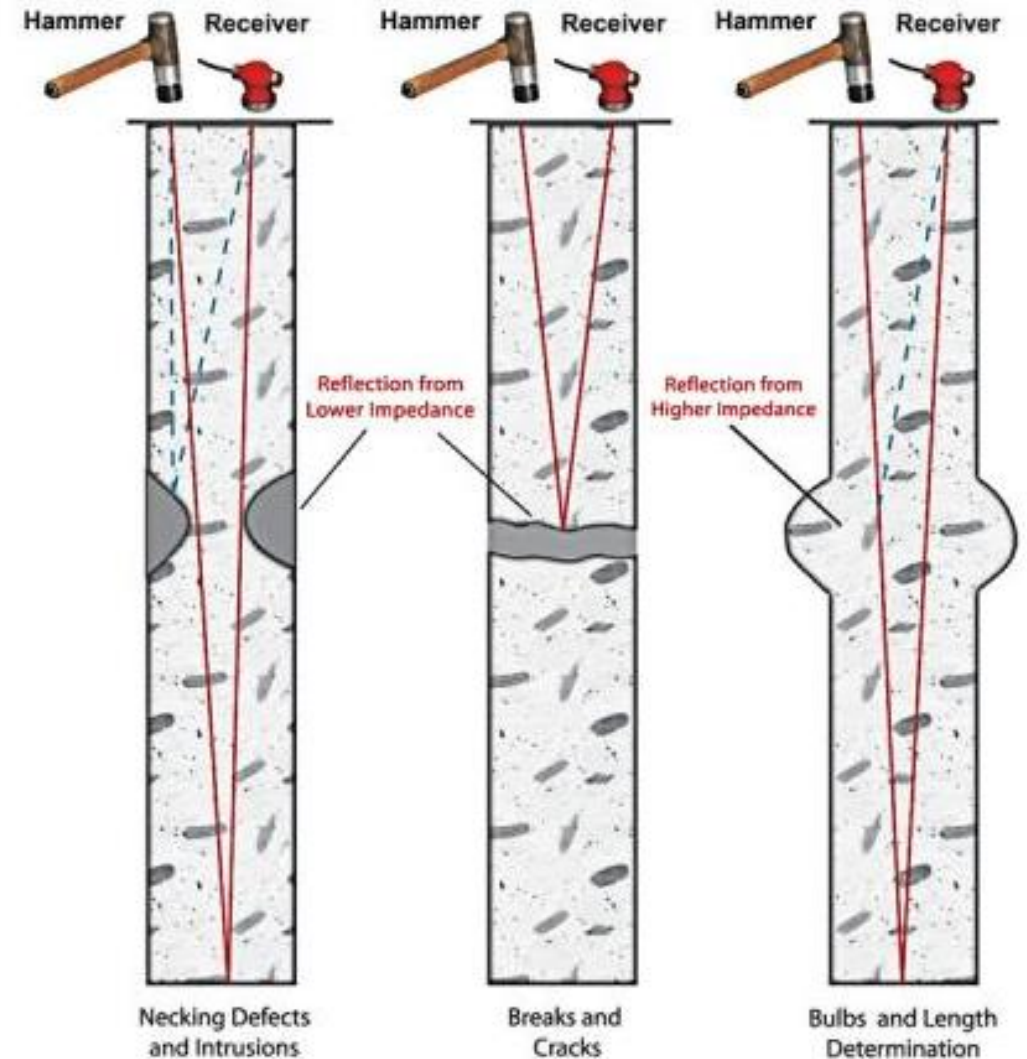


Ensayos en pilotes

Ensayos de integridad

Cuando hay cambios geométricos o de características del material del pilote o un cambio importante en la rigidez del terreno, parte de la energía se refleja hacia la cabeza del pilote.

La onda reflejada (Eco) permite obtener información de los cambios físicos que ha encontrado la onda generada con el martillo al propagarse por el pilote.



Limitaciones

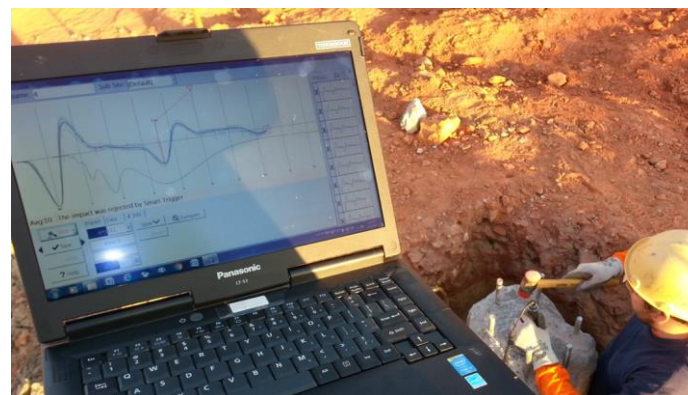
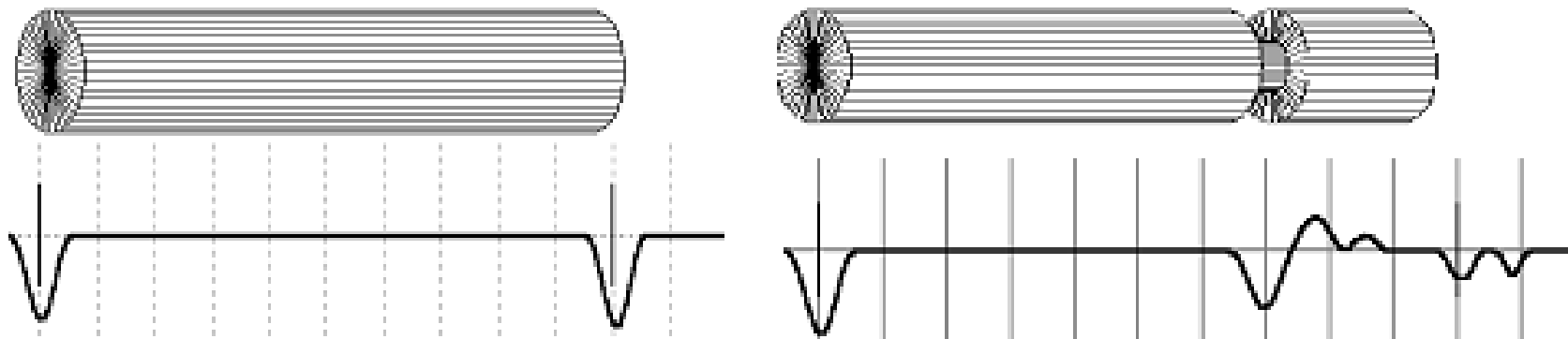
Tipo de Suelo	Relación L/φ
Arcilla dura/Roca	15
Intermedio	20 - 30
Arena suelta	40

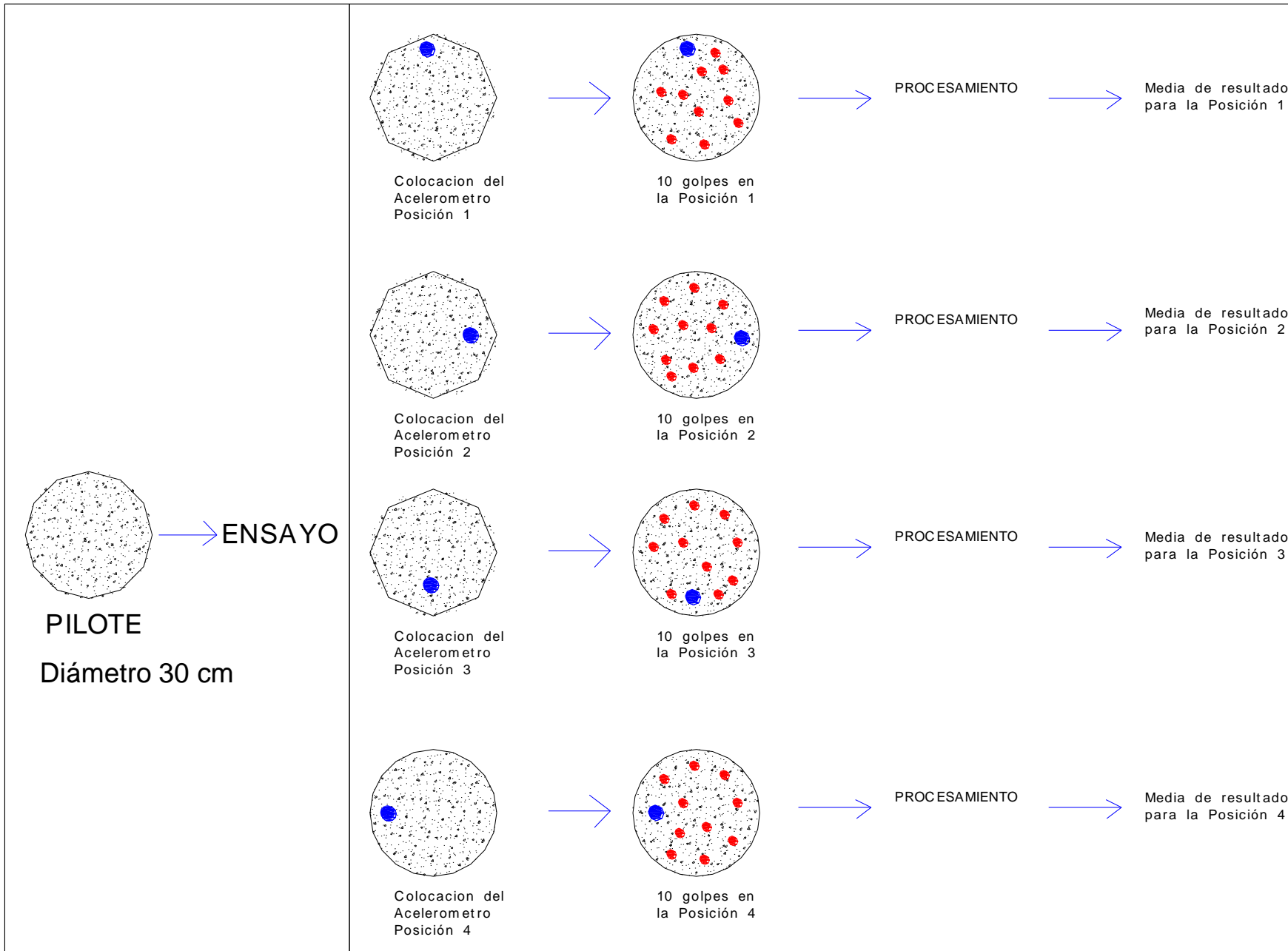
Ensayos en pilotes

Ensayos de integridad

- ✓ Cambios que producen ecos que permiten diagnosticar el estado del pilote:
- ✓ Área de la sección transversal del pilote (A)
- ✓ Densidad del material (r)
- ✓ Módulo de elasticidad o velocidad de transmisión de la onda en el material (c)

✓ Impedancia mecánica
✓ $z = c \cdot r \cdot A$





- Posición del acelerómetro
- Impactos del martillo

Ensayos en pilotes

Ensayos de integridad



Ensayos en pilotes

Ensayos de integridad



Diámetro: 1,0m
Longitud: 20,0m

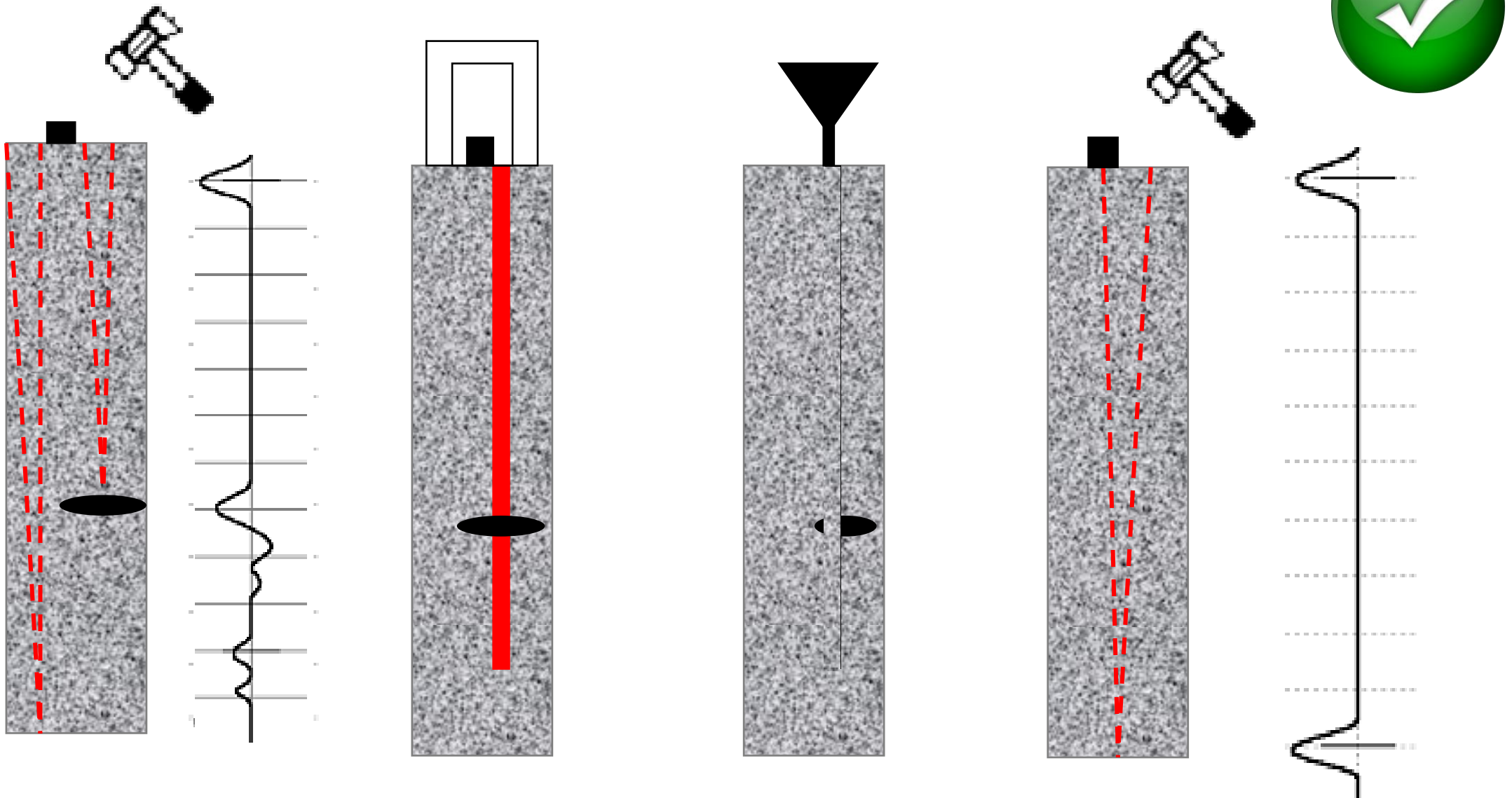


• P18-4.

Longitud (m)	Detalles	Zona	Reflectograma
20.4m	14/6/2022 V:4000m/s	1	
20.4m	14/6/2022 V:4000m/s	2	
20.5m	14/6/2022 V:4000m/s	3	
20.4m	14/6/2022 V:4000m/s	4	
20.2m	14/6/2022 V:4000m/s	5	
20.5m	14/6/2022 V:4000m/s	6	
20.6m	14/6/2022 V:4000m/s	7	
20.4m	14/6/2022 V:4000m/s	8	

Ensayos en pilotes

Ensayos de integridad



DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA^{3,4}

¡Ensayo destructivo!

Estimaciones teóricas

SPT

Décourt-Quaresma, Aoki – Velloso, Reese – O'Neill, etc.

Parámetros del suelo

Meyerhof, Terzaghi, Vesic, etc.

CPT

Eslami - Fellenius, Lee – Salgado, Lopes – Laprovitera.

Prueba de carga estática

Diseño

La carga aplicada es dos a tres veces la carga de diseño.

Comprobación

La carga aplicada máxima es 1.5 veces la carga de diseño.

Prueba de carga dinámica

Método CASE

Correlación con ensayo estático (J_c).

Método de ajuste de señales

Modelo real del suelo ensayado

1972

- Case Pile Wave Analysis Program (CAPWAP) – Rausche, F.
- Goble, G., Rausche, F., y Likins, G., conforman *Pile Dynamics Inc.* y comercializan el primer equipo.

Crterios de falla

- Davisson
- Terzaghi

1~2% del total de pilotes

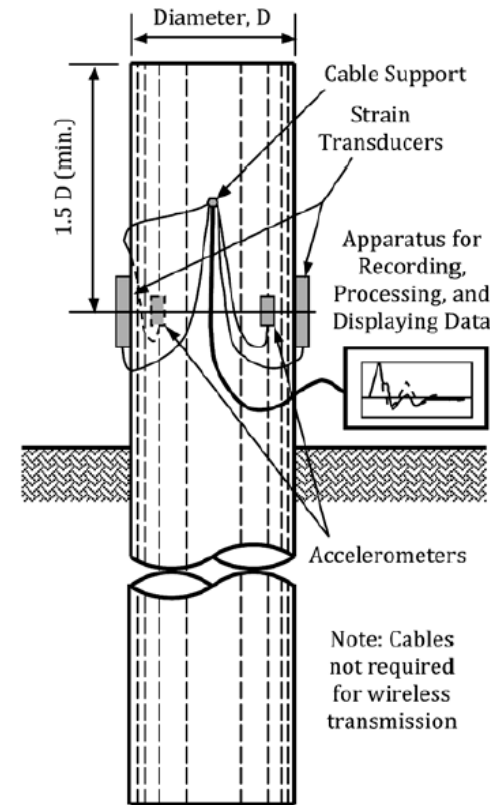
³Piles and Pile Foundations– Viggiano, Mandolini, Russo (2012)

⁴Reporte: FHWA-RD-99-170

Ensayos en pilotes

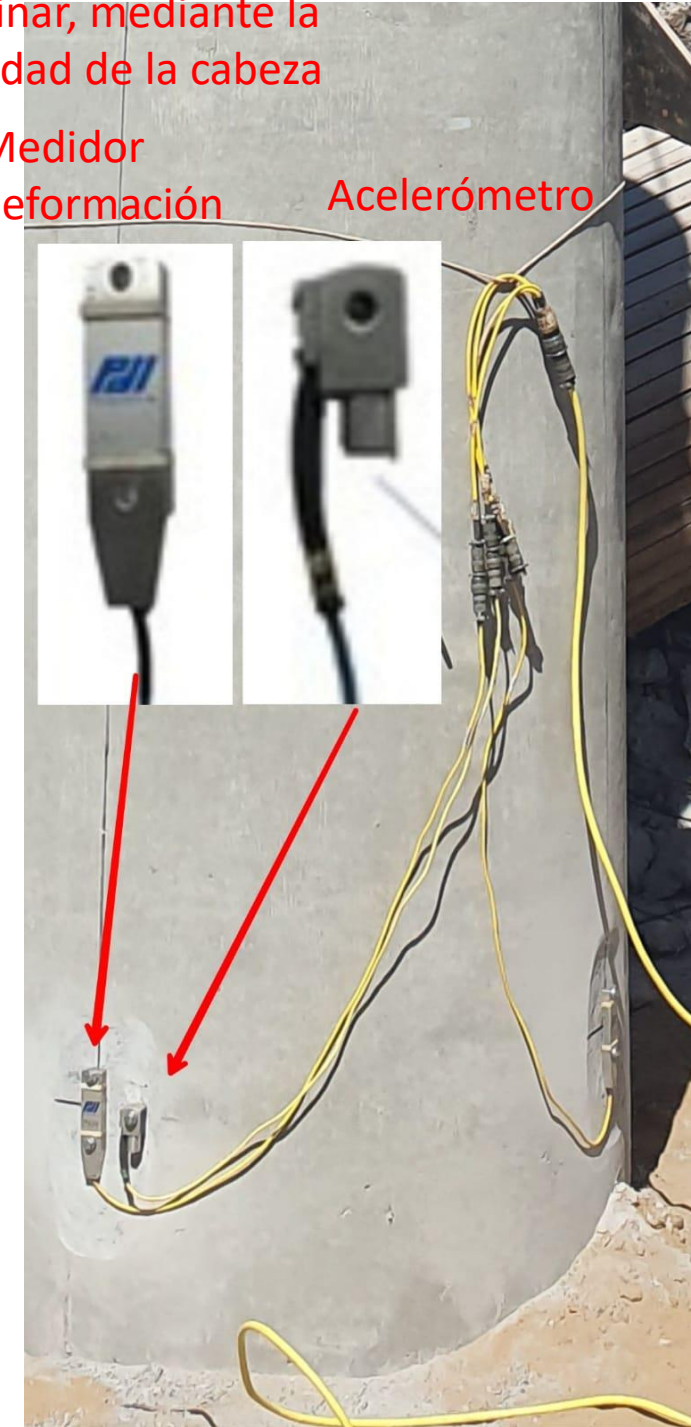
Ensayo dinámico en pilotes

Con los acelerómetros es posible determinar, mediante la integración de las aceleraciones, la velocidad de la cabeza durante el impacto



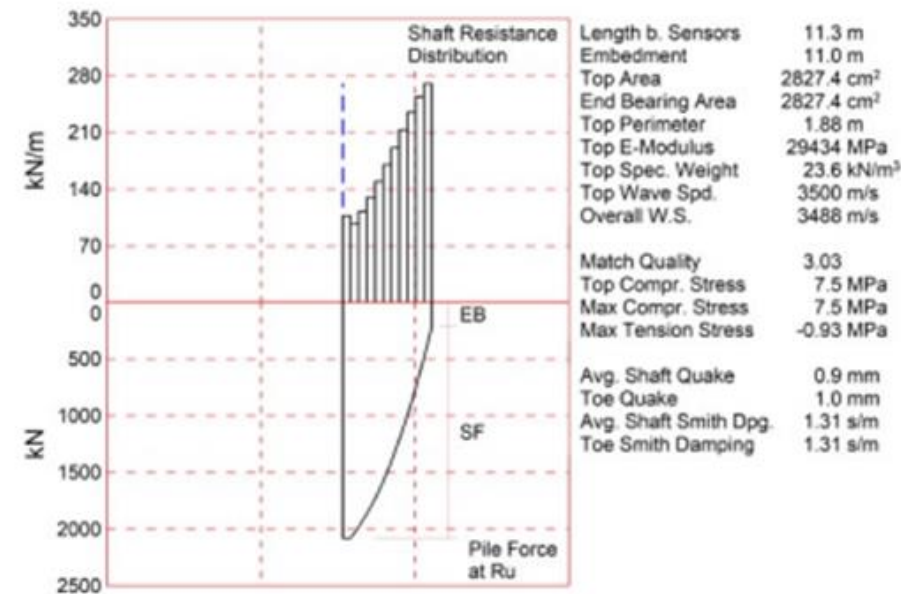
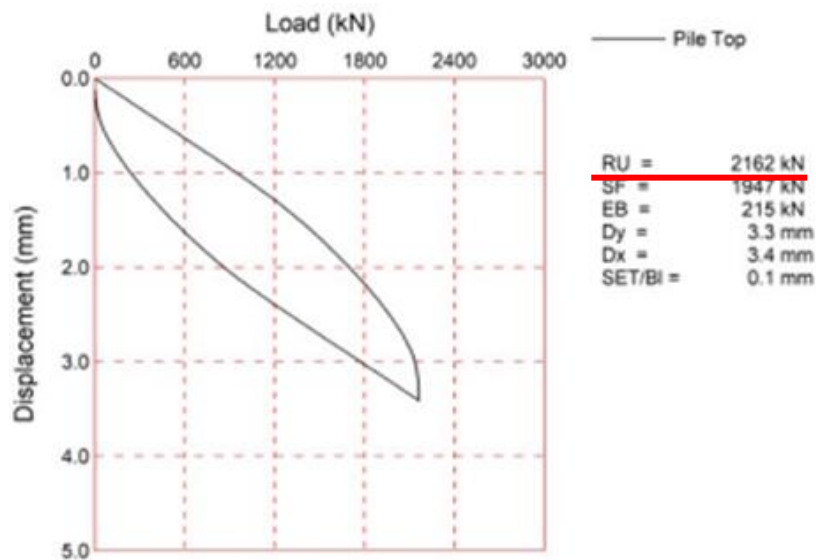
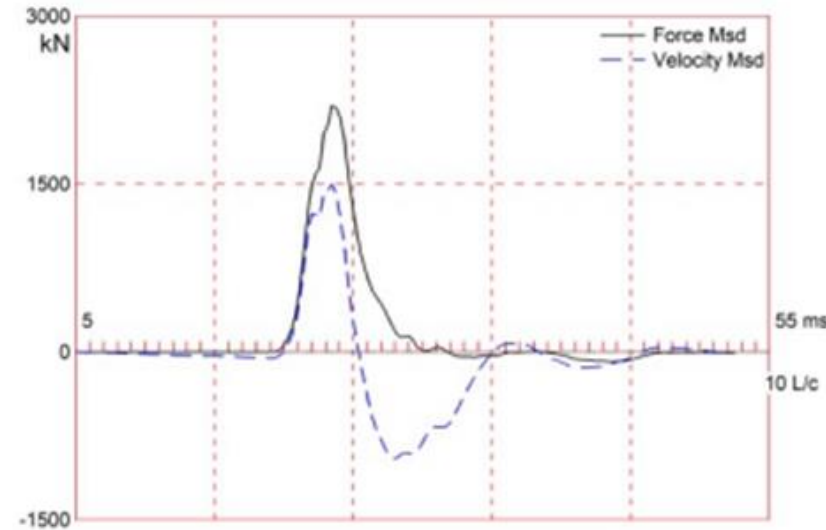
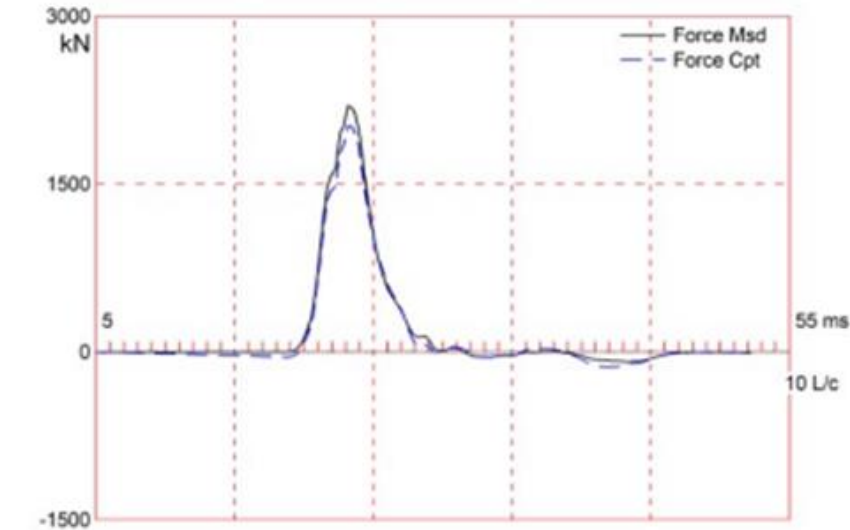
Mediante la instalación de los 2 strain gages en la cabeza del pilote

Medidor de deformación Acelerómetro



Procesamiento

Al mismo tiempo hay tanto fuerzas y velocidades ascendentes y descendentes en el pilote.

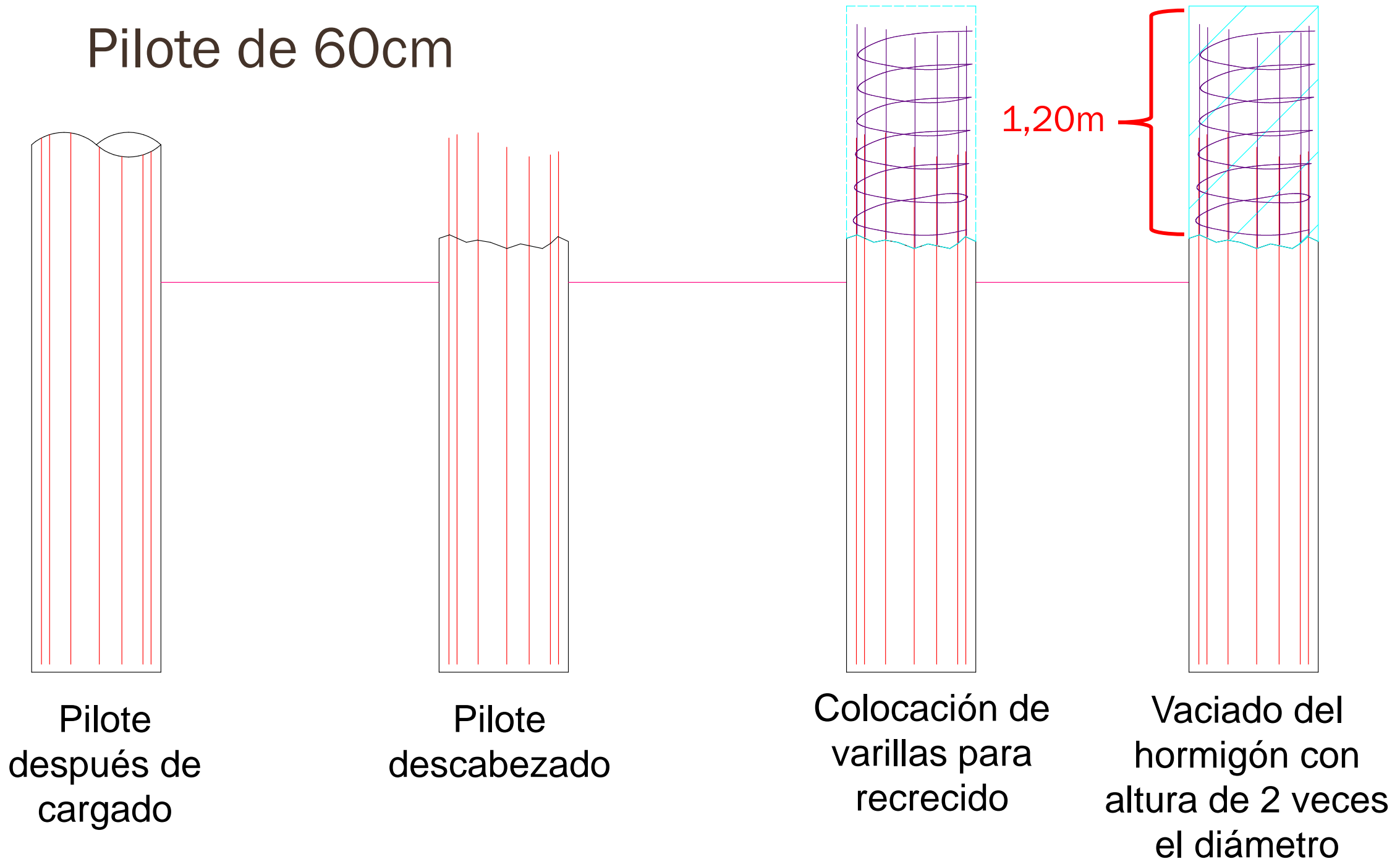


La carga última estimada por la prueba de carga dinámica, denominada RU en el programa, es de:

$$Q_{u.PCD} = 2162 \text{ kN}$$

PASOS PREVIOS PARA LA PREPARACIÓN DEL PILOTE

Pilote de 60cm



Terminación de la cabeza: nivelada; plana y limpia.

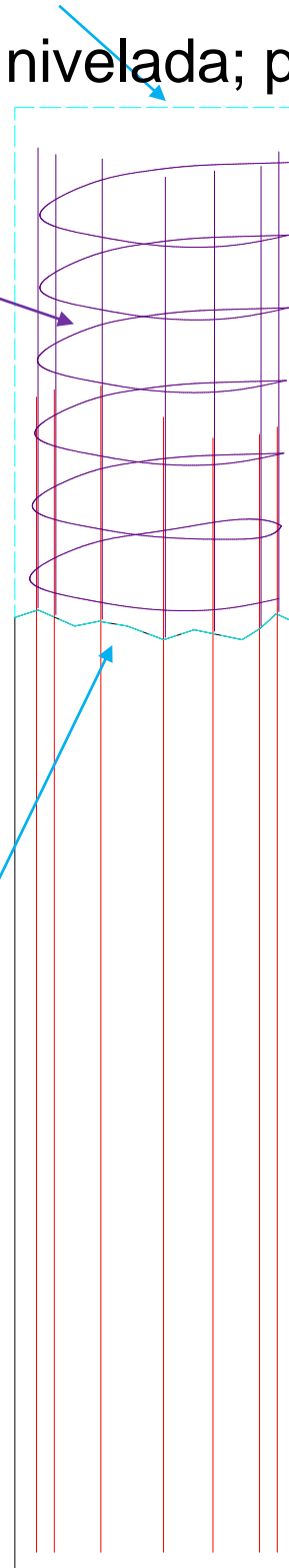
Varillas principales de
iguales a las del pilote
Solape de varillas: 80cm

Estribo de \varnothing 8mm
cada 20cm

DETALLE DE RECRECIDO Pilote de 60cm

Recrecido de hormigón de
 \varnothing 60cm y 1,20m de altura.

Terminación de la cabeza:
limpia (libre de polvo) y
hormigón sano.



Obs.:

- a) Se realizará el moldeo de 3 probetas por cada fecha de cargamento para el control de la resistencia a compresión del recrecido.
- b) Controlar verticalidad de recrecidos.

EJEMPLO DE CONDICIONES EN LA QUE DEBEN QUEDAR LOS PILOTES

Condición en la que deben quedar los pilotes:

- El pilote debe estar desmochado, y sobre el mismo se realiza la carga del recrecido.
- Preparación de las cabezas; deben quedar planas, niveladas y lisas para colocación del mástil.

Cabeza
plana y lisa

Recrecido de
2 veces el
diámetro del
pilote

Pilote



ENSAYOS DINAMICOS EN PILOTES

SISTEMA DE CAIDA
LIBRE DE PESO
MUERTO



Mástil de izado.

Peso (discos metálicos).

Pilote con recrecido (listo para ensayo) base para colocación de mástil

Maza: De peso igual a 1~2% de la carga última

El asentamiento acumulado rara vez supera los 2 mm, normalmente menor al mm.

SISTEMA DE TRABAJO



DATOS NECESARIOS PARA EL ENSAYO

- Planta de fundación (con los nombres que recibieron los pilotes).
- Planilla de replanteo de pilotes con datos de la profundidad , edad y datos del hormigón.
- Estudio de suelo de las zonas adyacentes al ensayo.
- Nivel de cabeza de los pilotes y nivel del estudio de suelo. (longitud del pilote).
- *Memoria de cálculo de los pilotes del puente (que contenga la carga de servicio o carga última de los pilotes).

Ensayos en pilotes

Ensayo dinámico en pilotes

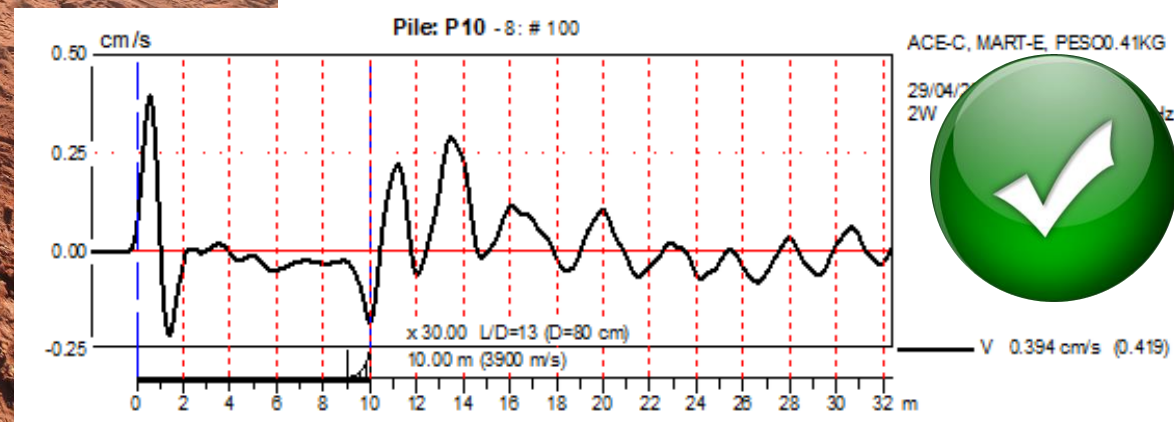


PILOTE	RSP (Tn) Resistencia estática total	Cap. Portante del Pilote (Tn) (Tabla 2)
P20-1	608	264
P20-3	578	264
P21-1	763	264
P21-3	892	264

Ensayos en pilotes

Ensayo integridad en pilotes

Diámetro: 1,0m
Longitud: 10,0m

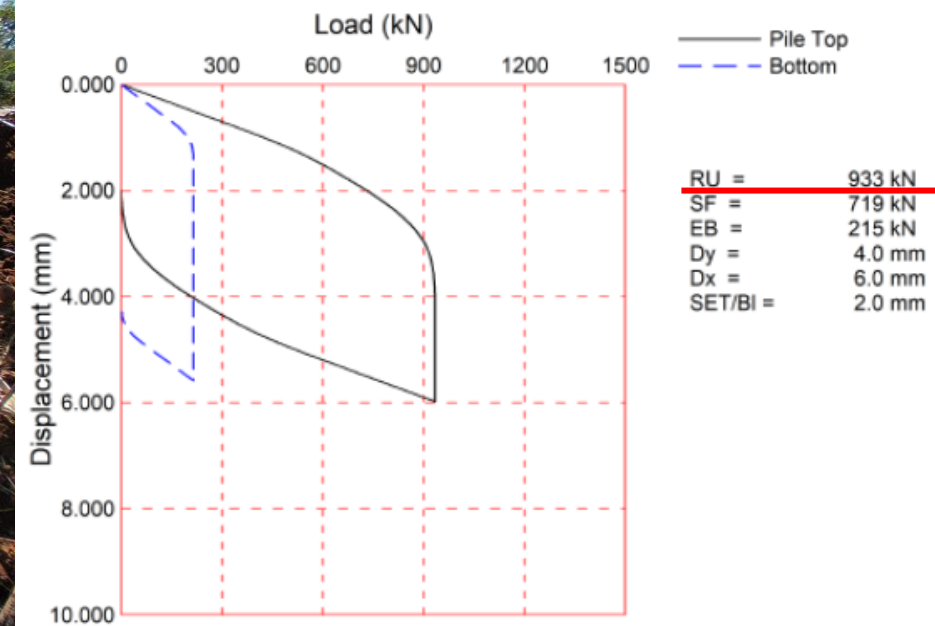


Ensayos en pilotes

Ensayo dinámico en pilotes

Asentamientos acumulados excesivos (23 mm).

Pilote	Capacidad estimada (ensayos dinámicos) [kN]	Carga de servicio (Manual MOPC) [kN]
P1	3234	1013
P9	933	2027





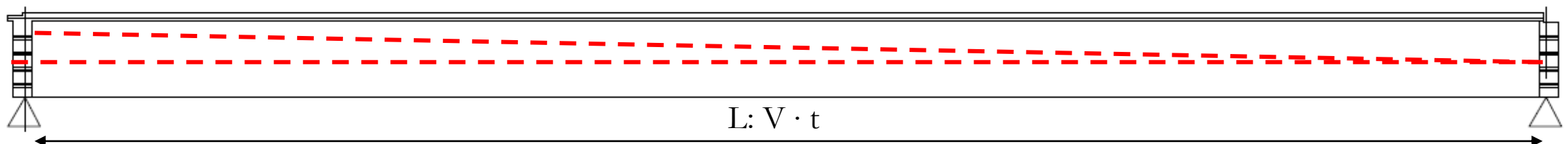
Prefabricados

Ensayo de Eco Impacto

Se basa en el análisis de la respuesta dinámica provocada por una pequeña fuerza axial, que se aplica en un extremo del elemento con un martillo de mano ligero.



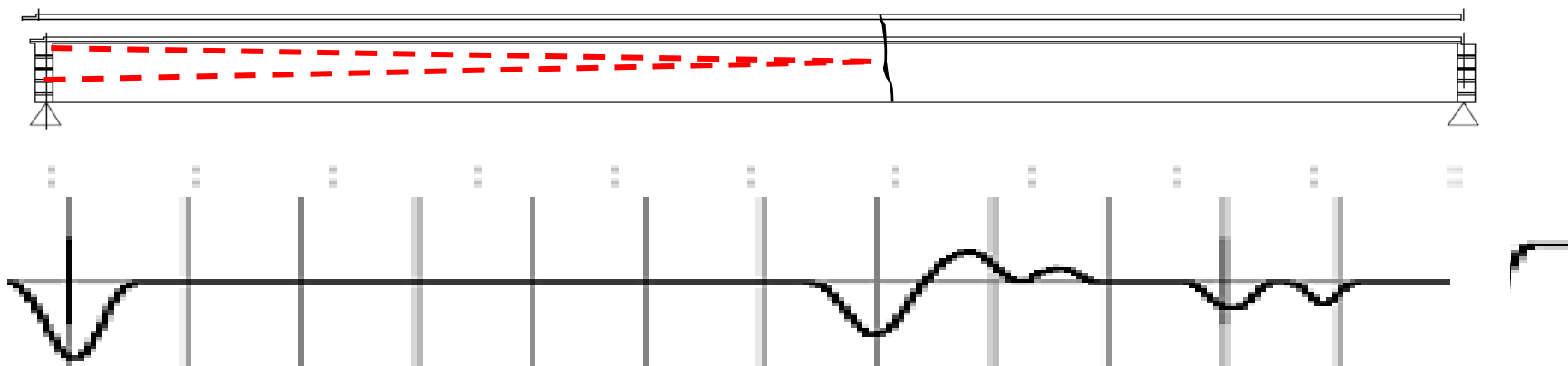
El impulso mecánico genera un tren de ondas que se trasmite a lo largo del elemento a una velocidad que dependerá de las características del material del mismo



Ensayo de Eco Impacto

Los cambios en las características geométricas o en las propiedades del material que lo constituye y que producen ecos que permiten diagnosticar el estado del elemento, son:

- Área de la sección transversal.
- Densidad del material.
- Módulo de elasticidad o velocidad de transmisión de la onda en el material



Eco impacto en vigas prefabricadas

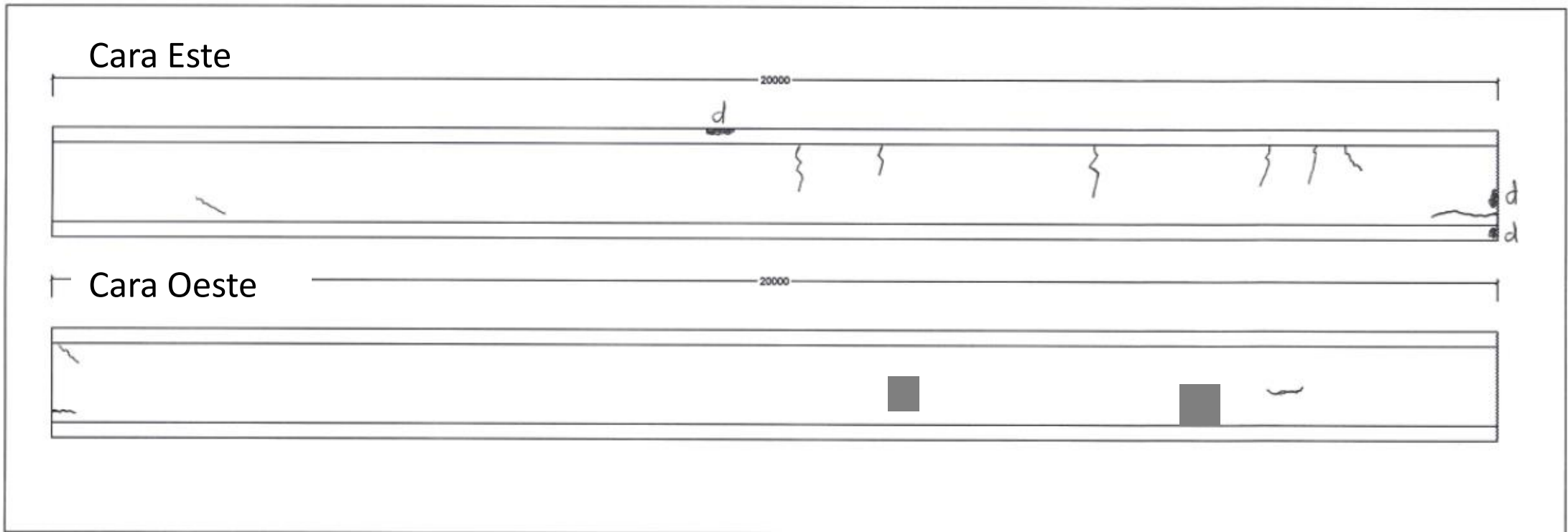
Caso de vigas accidentadas

Vigas con menor impacto

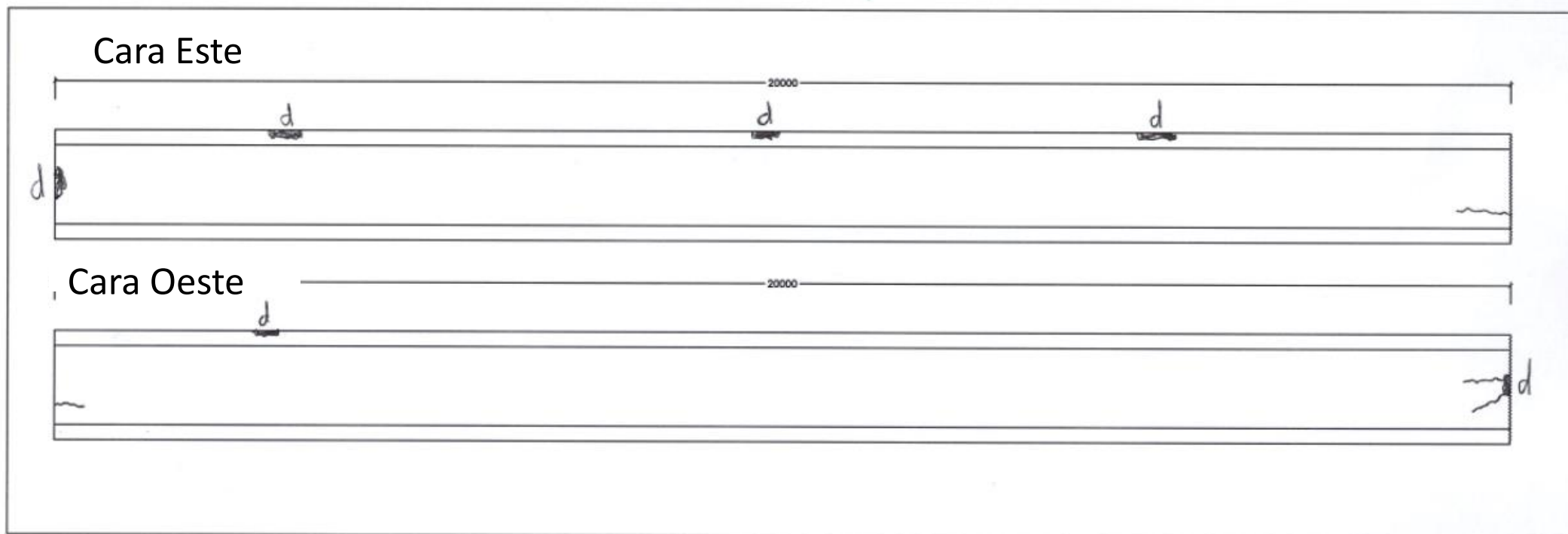
Vigas con mayor impacto



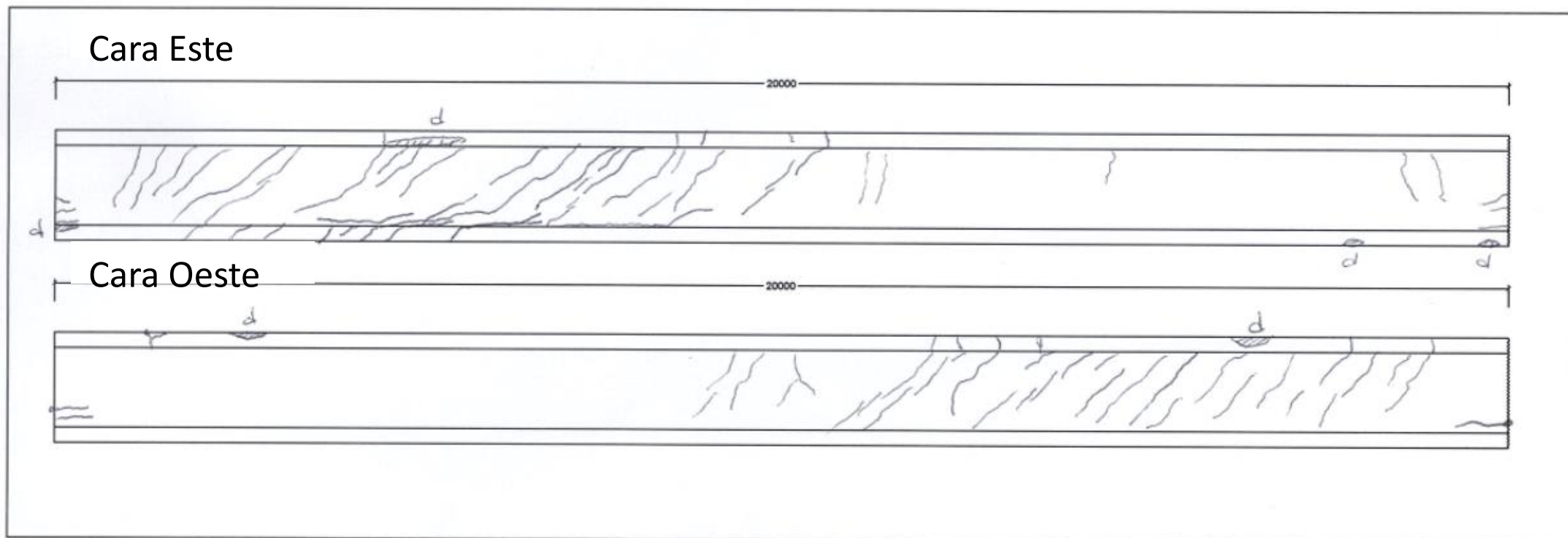
Viga δ



Viga γ

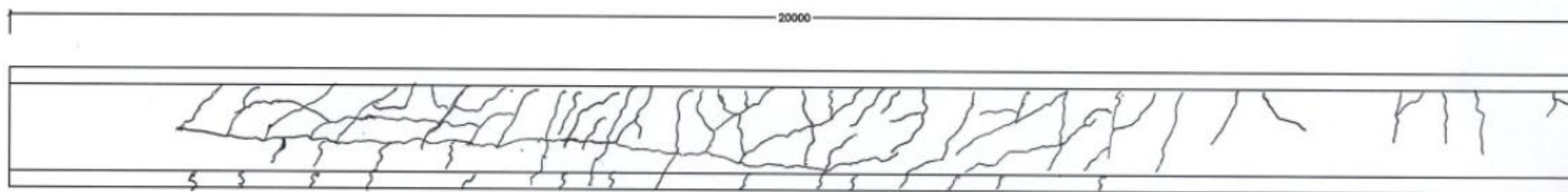


Viga β

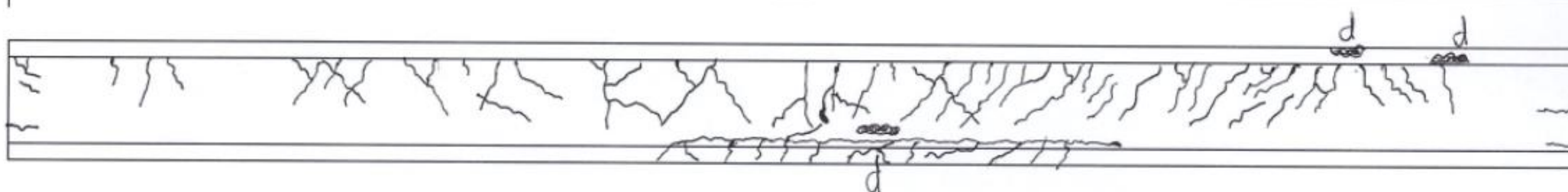


Viga α

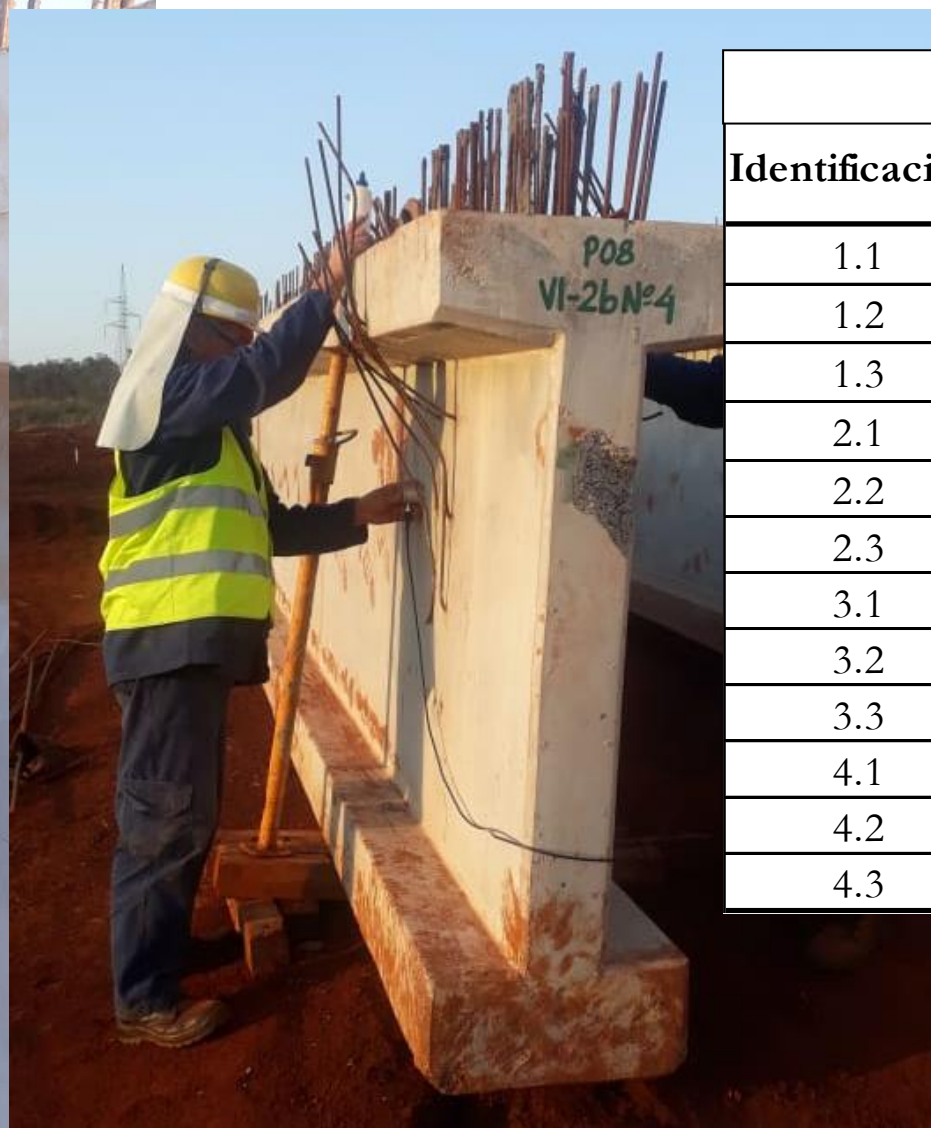
Cara Este



Cara Oeste



Mediciones directas de ultrasonido



Viga de referencia			
Identificación	Ubicación	Velocidad m/s	Calidad del H°
1.1	Superior	4.521	Excelente
1.2	Medio	4.312	Buena
1.3	Inferior	4.559	Excelente
2.1	Superior	4.461	Buena
2.2	Medio	4.396	Buena
2.3	Inferior	4.578	Excelente
3.1	Superior	4.437	Buena
3.2	Medio	4.779	Excelente
3.3	Inferior	4.482	Buena
4.1	Superior	4.473	Buena
4.2	Medio	4.256	Buena
4.3	Inferior	4.458	Buena

Mediciones directas de ultrasonido

Viga α			
Velocidad de Pulso Ultrasónico Vp (m/s)			
Identificación	Ubicación	Velocidad m/s	Calidad del
1.1	Superior	4.610	Excelente
1.2	Medio	4.763	Excelente
1.3	Medio	4.553	Excelente
1.4	Inferior	4.628	Excelente
2.1	Superior	4.349	Buena
2.2	Medio	4.838	Excelente
2.3	Medio	4.369	Buena
2.4	Inferior	4.692	Excelente
3.1	Superior	4.423	Buena
3.2	Medio	4.924	Excelente
3.3	Medio	4.333	Buena
3.4	Inferior	3.428	Aceptable
4.1	Superior	3.374	Aceptable
4.2	Medio	4.321	Buena
4.3	Medio	3.799	Buena
4.4	Inferior	3.547	Aceptable
5.1	Superior	4.089	Buena
5.2	Medio	4.556	Excelente
5.3	Medio	4.024	Buena
5.4	Inferior	2.036	Mala
6.1	Superior	3.922	Buena
6.2	Medio	4.462	Buena
6.3	Medio	4.275	Buena
6.4	Inferior	4.406	Buena
7.1	Superior	2.731	Mala
7.2	Medio	4.515	Excelente
7.3	Medio	4.204	Buena
7.4	Inferior	4.540	Excelente
8.1	Superior	3.926	Buena
8.2	Medio	4.601	Excelente
8.3	Medio	4.537	Excelente
8.4	Inferior	4.578	Excelente

Viga β			
Velocidad de Pulso Ultrasónico Vp (m/s)			
Identificación	Ubicación	Velocidad m/s	Calidad del H°
1.1	Superior	4.671	Excelente
1.2	Medio	4.540	Excelente
1.3	Medio	4.746	Excelente
1.4	Inferior	4.657	Excelente
2.1	Superior	4.745	Excelente
2.2	Medio	4.661	Excelente
2.3	Medio	4.675	Excelente
2.4	Inferior	4.660	Excelente
3.1	Superior	4.583	Excelente
3.2	Medio	5.023	Excelente
3.3	Medio	4.917	Excelente
3.4	Inferior	4.082	Buena
4.1	Superior	4.492	Buena
4.2	Medio	4.145	Buena
4.3	Medio	4.204	Buena
4.4	Inferior	2.959	Mala
5.1	Superior	2.304	Mala
5.2	Medio	4.646	Excelente
5.3	Medio	4.675	Excelente
5.4	Inferior	4.445	Buena
6.1	Superior	3.171	Aceptable
6.2	Medio	4.561	Excelente
6.3	Medio	4.500	Excelente
6.4	Inferior	2.539	Mala
7.1	Superior	3.381	Aceptable
7.2	Medio	4.232	Buena
7.3	Medio	4.123	Buena
7.4	Inferior	4.071	Buena
8.1	Superior	4.641	Excelente
8.2	Medio	4.428	Buena
8.3	Medio	4.425	Buena
8.4	Inferior	4.577	Excelente

Viga γ			
Velocidad de Pulso Ultrasónico Vp (m/s)			
Identificación	Ubicación	Velocidad m/s	Calidad del H°
1.1	Superior	4.147	Buena
1.2	Medio	4.601	Excelente
1.3	Medio	4.674	Excelente
1.4	Inferior	4.563	Excelente
2.1	Superior	4.002	Buena
2.2	Medio	4.690	Excelente
2.3	Medio	4.613	Excelente
2.4	Inferior	4.491	Buena
3.1	Superior	3.846	Buena
3.2	Medio	4.852	Excelente
3.3	Medio	4.623	Excelente
3.4	Inferior	4.425	Buena
4.1	Superior	4.268	Buena
4.2	Medio	4.334	Buena
4.3	Medio	4.154	Buena
4.4	Inferior	4.334	Buena
5.1	Superior	4.700	Excelente
5.2	Medio	4.759	Excelente
5.3	Medio	4.416	Buena
5.4	Inferior	4.478	Buena
6.1	Superior	4.554	Excelente
6.2	Medio	4.747	Excelente
6.3	Medio	4.404	Buena
6.4	Inferior	4.514	Excelente
7.1	Superior	4.196	Buena
7.2	Medio	4.716	Excelente
7.3	Medio	4.388	Buena
7.4	Inferior	4.272	Buena
8.1	Superior	4.526	Excelente
8.2	Medio	4.384	Buena
8.3	Medio	4.371	Buena
8.4	Inferior	4.416	Buena

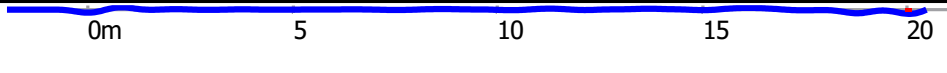
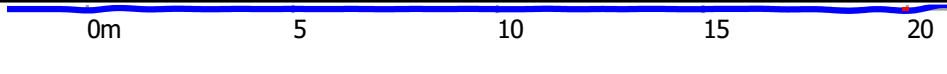
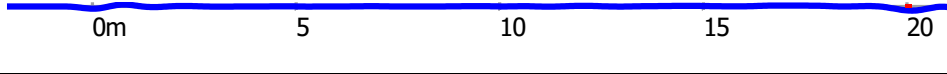
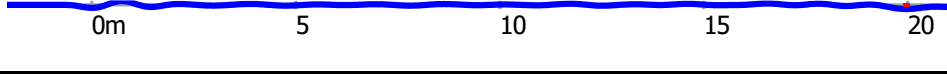

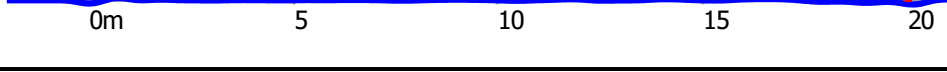
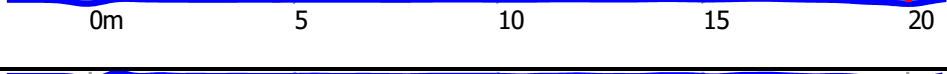
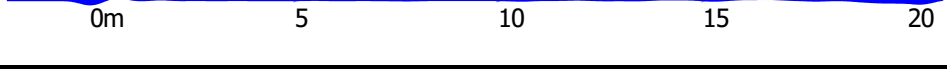
Viga δ			
Velocidad de Pulso Ultrasónico Vp (m/s)			
Identificación	Ubicación	Velocidad m/s	Calidad del H°
1.1	Superior	4.709	Excelente
1.2	Medio	4.872	Excelente
1.3	Medio	4.918	Excelente
1.4	Inferior	4.039	Buena
2.1	Superior	4.432	Buena
2.2	Medio	4.823	Excelente
2.3	Medio	4.776	Excelente
2.4	Inferior	4.534	Excelente
3.1	Superior	4.102	Buena
3.2	Medio	4.923	Excelente
3.3	Medio	4.856	Excelente
3.4	Inferior	4.323	Buena
4.1	Superior	4.649	Excelente
4.2	Medio	4.716	Excelente
4.3	Medio	4.534	Excelente
4.4	Inferior	3.827	Buena
5.1	Superior	4.549	Excelente
5.2	Medio	4.633	Excelente
5.3	Medio	4.625	Excelente
5.4	Inferior	4.617	Excelente
6.1	Superior	4.175	Buena
6.2	Medio	4.674	Excelente
6.3	Medio	4.622	Excelente
6.4	Inferior	4.579	Excelente
7.1	Superior	4.558	Excelente
7.2	Medio	4.480	Buena
7.3	Medio	4.407	Buena
7.4	Inferior	4.256	Buena
8.1	Superior	4.679	Excelente
8.2	Medio	4.574	Excelente
8.3	Medio	4.574	Excelente
8.4	Inferior	4.132	Buena

Eco impacto en vigas prefabricadas



Eco impacto en vigas prefabricadas

Viga de referencia

Length (m)	Details	P	Reflectogram
20.0m	30/08/2019 V:3950m/s	1	
20.0m	30/08/2019 V:3900m/s	3	
20.0m	30/08/2019 V:4200m/s	4	
20.0m	30/08/2019 V:4150m/s	5	
20.0m	30/08/2019 V:4050m/s	6	
20.0m	30/08/2019 V:4050m/s	7	
20.0m	30/08/2019 V:4050m/s	8	
20.0m	30/08/2019 V:4050m/s	9	

Eco impacto en vigas prefabricadas

Viga δ

Extremo Norte

Length (m)	Details	P	Reflectogram
20.0m	29/08/2019 V:4150m/s	1	
20.0m	29/08/2019 V:4150m/s	2	
20.0m	29/08/2019 V:4150m/s	3	
20.0m	29/08/2019 V:4200m/s	4	
20.0m	29/08/2019 V:4150m/s	5	
20.0m	29/08/2019 V:4100m/s	6	
20.0m	29/08/2019 V:4150m/s	7	
20.0m	29/08/2019 V:4050m/s	8	
20.0m	29/08/2019 V:4050m/s	9	
20.0m	29/08/2019 V:4050m/s	10	

Extremo Sur

Length (m)	Details	Pile	Reflectogram
20.0m	29/08/2019 V:4100m/s	1	
20.0m	29/08/2019 V:4150m/s	2	
20.0m	29/08/2019 V:4150m/s	3	
20.0m	29/08/2019 V:4150m/s	4	
20.0m	29/08/2019 V:4150m/s	5	
20.0m	29/08/2019 V:4150m/s	6	
20.0m	29/08/2019 V:4050m/s	7	
20.0m	29/08/2019 V:4250m/s	8	
20.0m	29/08/2019 V:4250m/s	9	
20.0m	29/08/2019 V:4200m/s	10	

Eco impacto en vigas prefabricadas

Viga γ

Extremo Norte

Length (m)	Details	P	Reflectogram
20.0m	30/08/2019 V:4050m/s	01	
20.0m	30/08/2019 V:4050m/s	2	
20.0m	30/08/2019 V:4050m/s	03	
20.0m	30/08/2019 V:4050m/s	4	
20.0m	30/08/2019 V:4050m/s	5	
20.0m	30/08/2019 V:4050m/s	6	
20.0m	30/08/2019 V:4000m/s	7	
20.0m	30/08/2019 V:4050m/s	8	
20.0m	30/08/2019 V:4100m/s	9	
20.0m	30/08/2019 V:4050m/s	10	

Extremo Sur

Length (m)	Details	P	Reflectogram
20.0m	30/08/2019 V:4050m/s	1	
20.0m	30/08/2019 V:4050m/s	2	
20.0m	30/08/2019 V:4100m/s	3	
20.0m	30/08/2019 V:4050m/s	4	
20.0m	30/08/2019 V:4000m/s	5	
20.0m	30/08/2019 V:4000m/s	6	
20.0m	30/08/2019 V:4000m/s	7	
20.0m	30/08/2019 V:3900m/s	8	
20.0m	30/08/2019 V:4000m/s	9	
20.0m	30/08/2019 V:4050m/s	10	

Eco impacto en vigas prefabricadas

Viga β

Extremo Norte

Length (m)	Details	P	Reflectogram
20.1m	30/08/2019 V:4050m/s	1	
20.0m	30/08/2019 V:4000m/s	2	
20.0m	30/08/2019 V:4000m/s	3	
20.0m	30/08/2019 V:4050m/s	4	
20.0m	30/08/2019 V:4050m/s	5	
20.0m	30/08/2019 V:4050m/s	6	
20.0m	30/08/2019 V:4050m/s	7	
20.0m	30/08/2019 V:4150m/s	8	
20.0m	30/08/2019 V:4150m/s	9	
20.0m	30/08/2019 V:4150m/s	10	

Extremo Sur

Length (m)	Details	P	Reflectogram
20.0m	30/08/2019 V:3950m/s	1	
20.0m	30/08/2019 V:3950m/s	2	
20.0m	30/08/2019 V:3900m/s	3	
20.0m	30/08/2019 V:3950m/s	4	
20.0m	30/08/2019 V:4050m/s	5	
20.0m	30/08/2019 V:3900m/s	6	
20.0m	30/08/2019 V:4000m/s	7	
20.0m	30/08/2019 V:4000m/s	8	
20.0m	30/08/2019 V:3950m/s	9	
20.0m	30/08/2019 V:3900m/s	10	

Eco impacto en vigas prefabricadas

Viga α

Extremo Norte

Length (m)	Details	P	Reflectogram
20.0m	30/08/2019 V:3900m/s	1	
20.0m	30/08/2019 V:3900m/s	2	
20.0m	30/08/2019 V:3900m/s	3	
20.0m	30/08/2019 V:3900m/s	4	
20.0m	30/08/2019 V:4050m/s	5	
20.1m	30/08/2019 V:4050m/s	6	
20.0m	30/08/2019 V:4000m/s	7	
20.0m	30/08/2019 V:3900m/s	8	
20.0m	30/08/2019 V:3850m/s	9	
20.0m	30/08/2019 V:3850m/s	10	

Extremo Sur

Length (m)	Details	P	Reflectogram
20.0m	30/08/2019 V:3950m/s	1	
20.0m	30/08/2019 V:3900m/s	2	
20.0m	30/08/2019 V:3900m/s	3	
20.0m	30/08/2019 V:3900m/s	4	
20.0m	30/08/2019 V:3950m/s	5	
20.0m	02/09/2019 V:4000m/s	6	
20.0m	30/08/2019 V:3850m/s	7	
20.0m	30/08/2019 V:3900m/s	8	
20.0m	30/08/2019 V:3900m/s	9	
20.0m	30/08/2019 V:3850m/s	10	

Viga α no puede ser reparada



Recepción

ANTECEDENTES HISTORICOS

Colapso de un puente ferroviario en Munchensteiner, Suiza, 1891



Figure 2.5 Picture of the bridge collapse in Münchenstein, Switzerland

Because of some spectacular bridge collapses, such as the collapse of the Münchensteiner Bridge (Switzerland) in 1891, shown in Figure 2.5, the Swiss railway department demanded regular inspections of all railway bridges (Waldner, 1891). During these inspections, simple

Prueba de carga estática

Alemania , 1908



Figure 2.6 Proof load testing using enormous masses and loads (Mörsch, 1908)

ANTECEDENTES HISTORICOS

Hungría-Prueba de carga
en puente Erzsebet, 1964

Brasil-Prueba de carga en puente
sobre río Niteroi, 1974

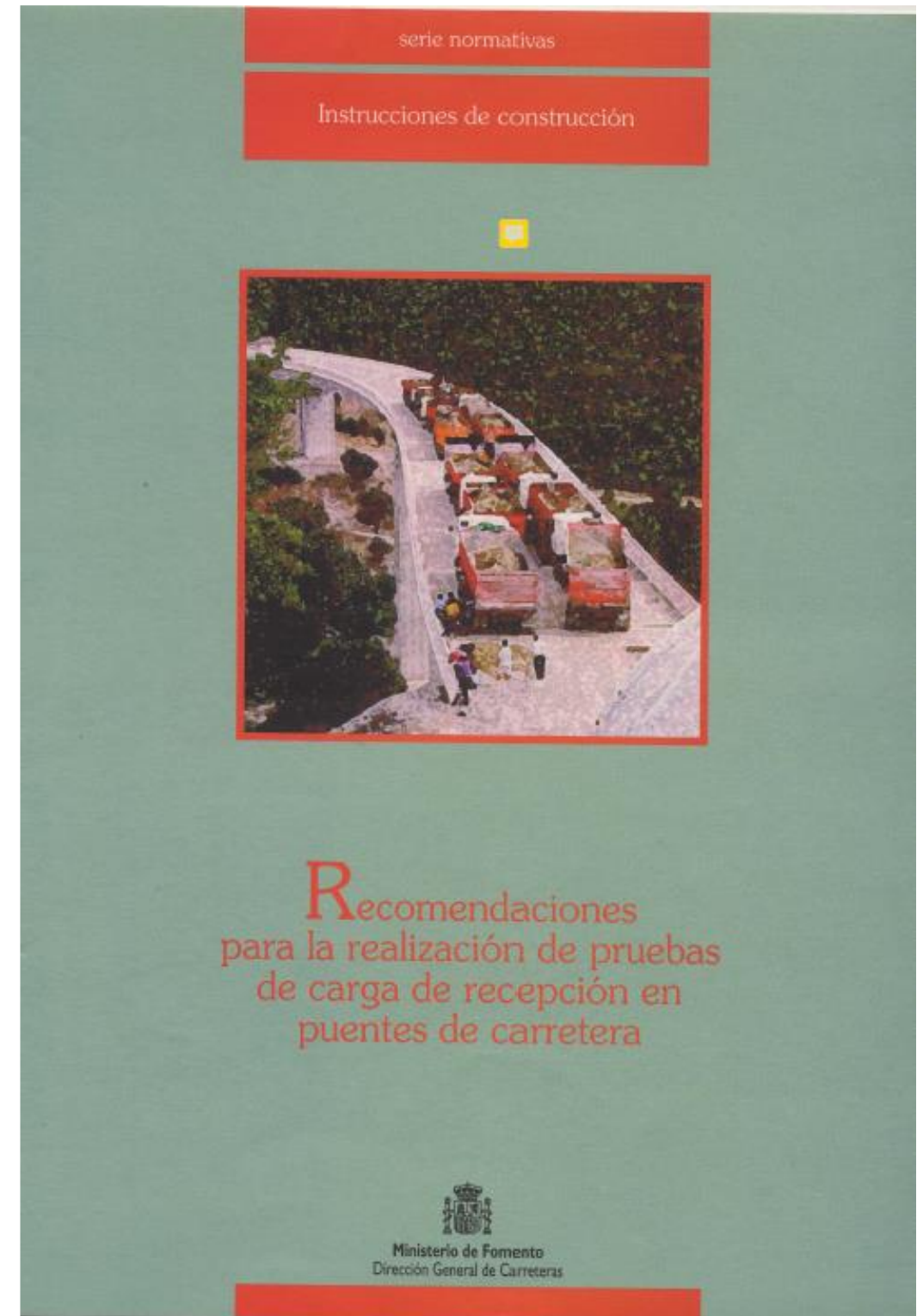


Sevilla –Prueba de Carga 1977

ESPAÑA

1974 -Recomendaciones para el proyecto y ejecución de pruebas de carga en puentes de carretera

***1988-Pruebas de carga en puentes de carretera (1era versión)
(VIGENTE)***



PRUEBAS DE CARGA en los puentes tratan de comprobar que el proyecto y su ejecución se ha realizado de forma adecuada.

Para ello se evalúa el comportamiento estructural comparando la respuesta real a la esperada según el modelo de cálculo empleado para su diseño y comprobación.

También se pueden realizar pruebas de carga en el caso de puentes que ya están en servicio **y NO SE CONOCE SU CAPACIDAD REAL DE CARGA.**

DESARROLLO DE LA PRUEBA DE CARGA

4.1. Software de cálculo

Para el cálculo estructural se construyó un modelo de elementos finitos con el software Midas Civil 2020 (versión 2.1). Se adoptaron las secciones geométricas de acero pasivo y de hormigón del puente existente, con resistencias especificadas 25 MPa para el hormigón, 420 MPa para las armaduras pasivas y acero ASTM A416 Grado 270 de baja relajación para las armaduras activas (2 cables de 10 torones de 1/2”).

El modelo no incluye las fundaciones, las vigas principales se apoyan simplemente sobre aparatos de apoyo elastoméricos con los siguientes valores de rigidez:

$$K_{\text{vertical}} : 12.845 \text{ kN/m}$$

$$K_{\text{horizontal}} : 2.413 \text{ kN/m}$$

$$K_{\text{rotacional}} : 128,44 \text{ kN}\cdot\text{m/rad}$$

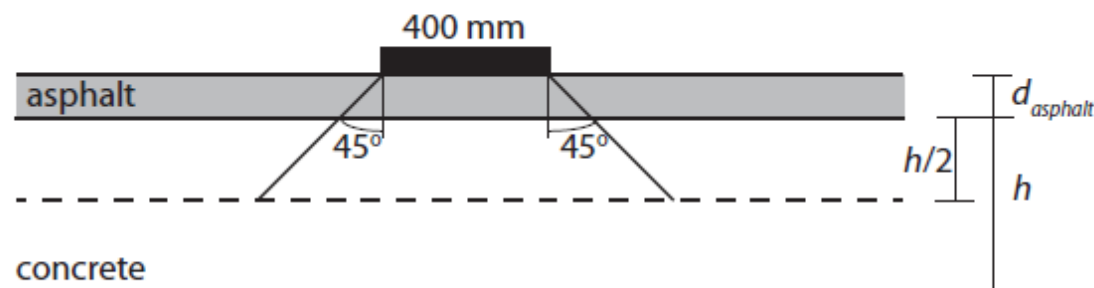


Figure 5.4 Distribution of wheel print to center of cross section, applied to a concrete bridge, showing the tire contact area from NEN-EN 1991-2:2003. Conversion: 1 mm = 0.04 in.

4.1. Tren de carga

Para la prueba de carga se previó el uso de dos camiones de tipo HS20-44 en cada tramo, con un peso total de 24 t cada uno. A continuación, se presenta el esquema de carga empleado.

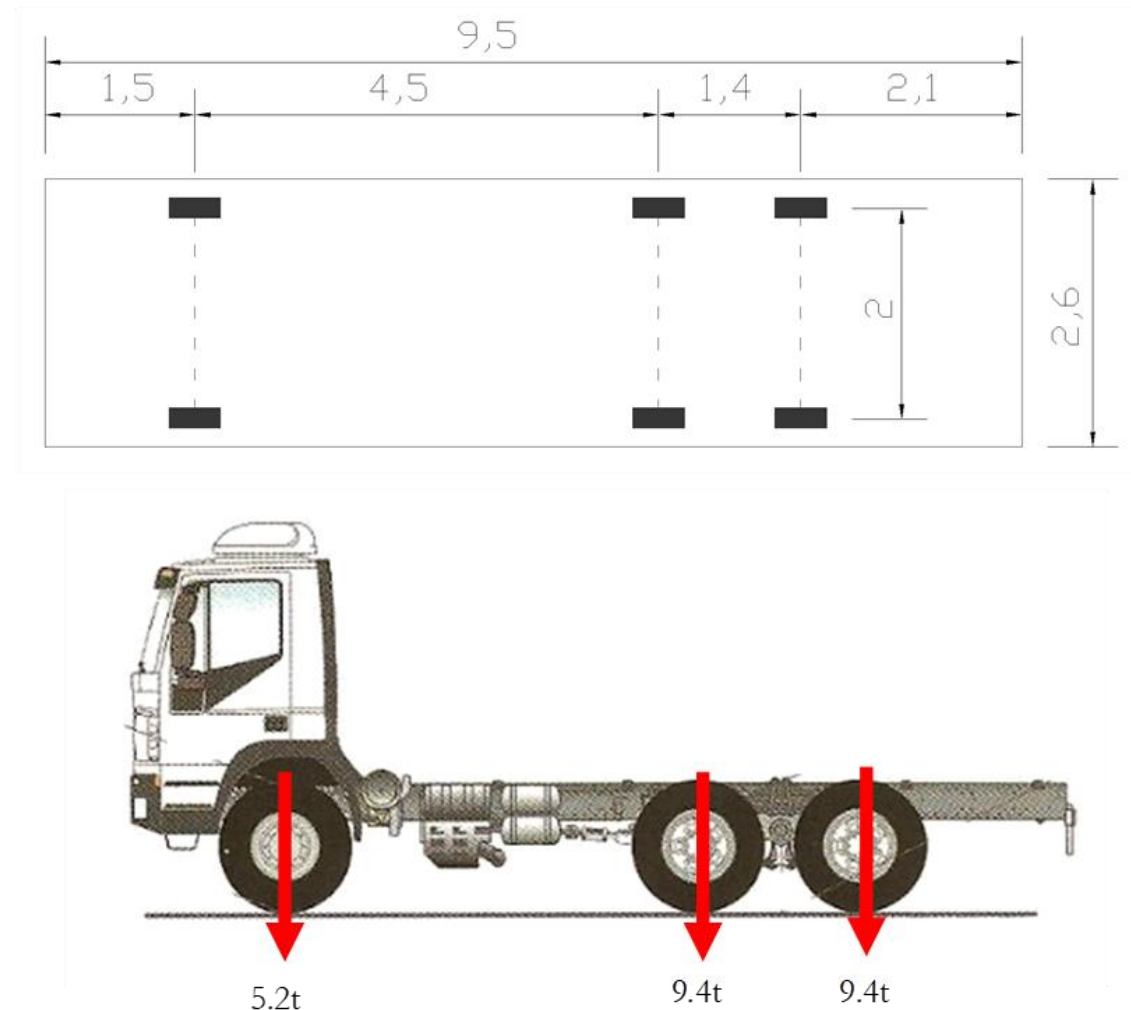


Figura 5. Esquema de tren carga

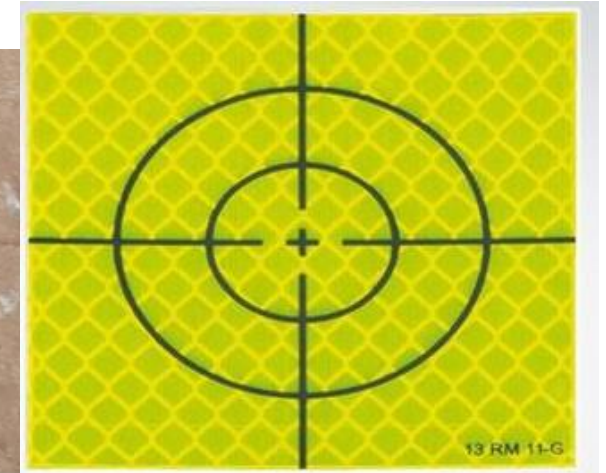
- ✓ Ubicación de carga: Se ubicarán las cargas por etapa en los puntos replanteados, evitando marchas y contramarchas excesivas.

CHAPA: CV215-BETA Nro. de Doc.: 2762 CONDUCTOR: JUAN PERALTA CLIENTE/PROV.: CONSORCIO BETA ENTRADA: 16/03/2021 10:25 SALIDA: 16/03/2021 10:25			CHAPA: CV215-BETA Nro. de Doc.: 2762 CONDUCTOR: FABIO ANGLÉS CLIENTE/PROV.: CONSORCIO BETA ENTRADA: 16/03/2021 10:02 SALIDA: 16/03/2021 10:02		
P. TAPA	P. BRUTO	P. NETO	P. TAPA	P. BRUTO	P. NETO
11.110	24.370	13.260	11.230	24.460	13.230
④			③		
PRODUCTO: BASE ORIGEN: CANTERA TRES PALMAS DESTINO: PUENTE CONSORCIO BETA BASE 1: CAIMBERIZ BASE 2: CAIMBERIZ OBSERVACION: MATERIALES PARA PRUEBA DE C AREA			PRODUCTO: BASE ORIGEN: CANTERA TRES PALMAS DESTINO: PUENTE CONSORCIO BETA BASE 1: CAIMBERIZ BASE 2: CAIMBERIZ OBSERVACION: MATERIALES PARA PRUEBA DE C AREA		
_____ CHOFER			_____ CHOFER		
_____ PASAJERO			_____ PASAJERO		
16/03/2021 - 10:25			16/03/2021 - 10:02		

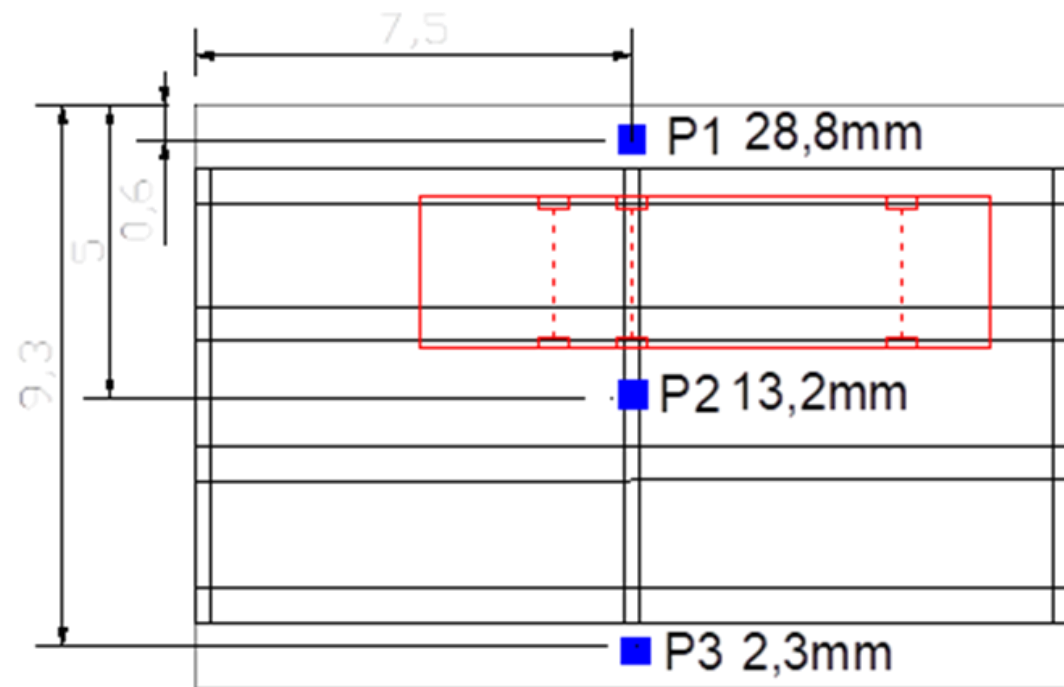
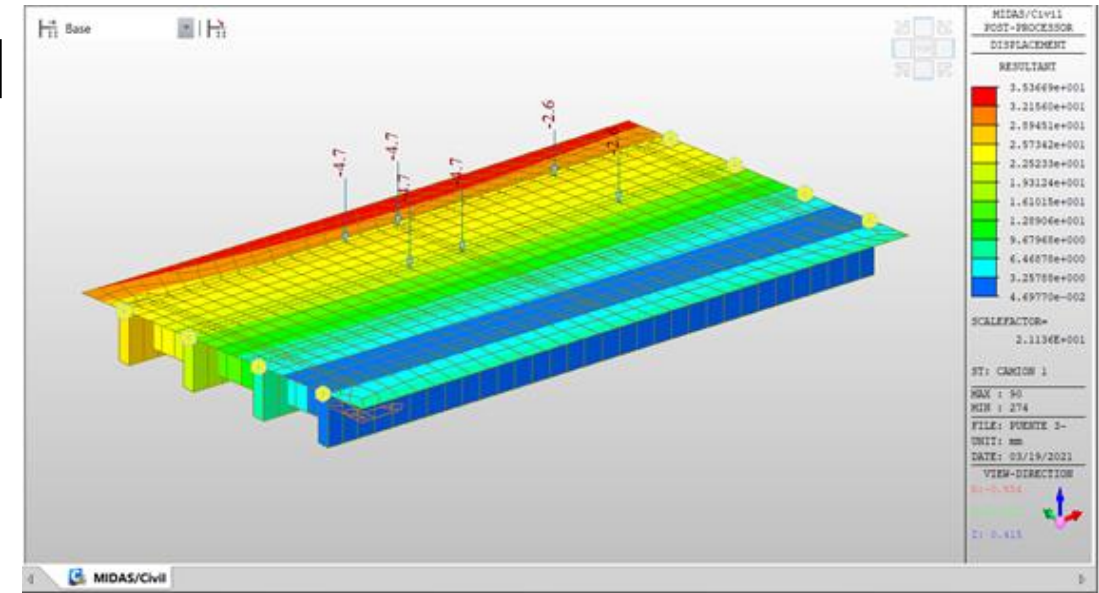
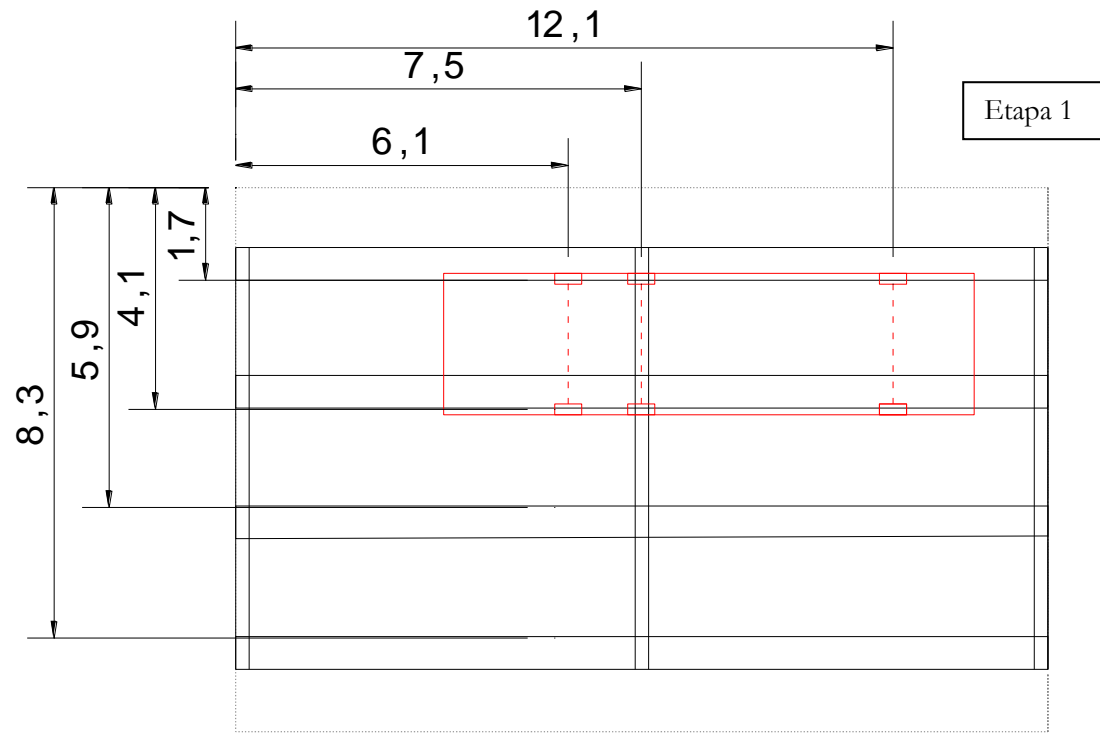
Instrumentos de Medición

Las mediciones por medio de un nivel digital laser – Trimble DiNi, con precisión 0,7mm por km o con Estación Total.

1. Materialización de punto de control.



Control de
temperatura y
humedad



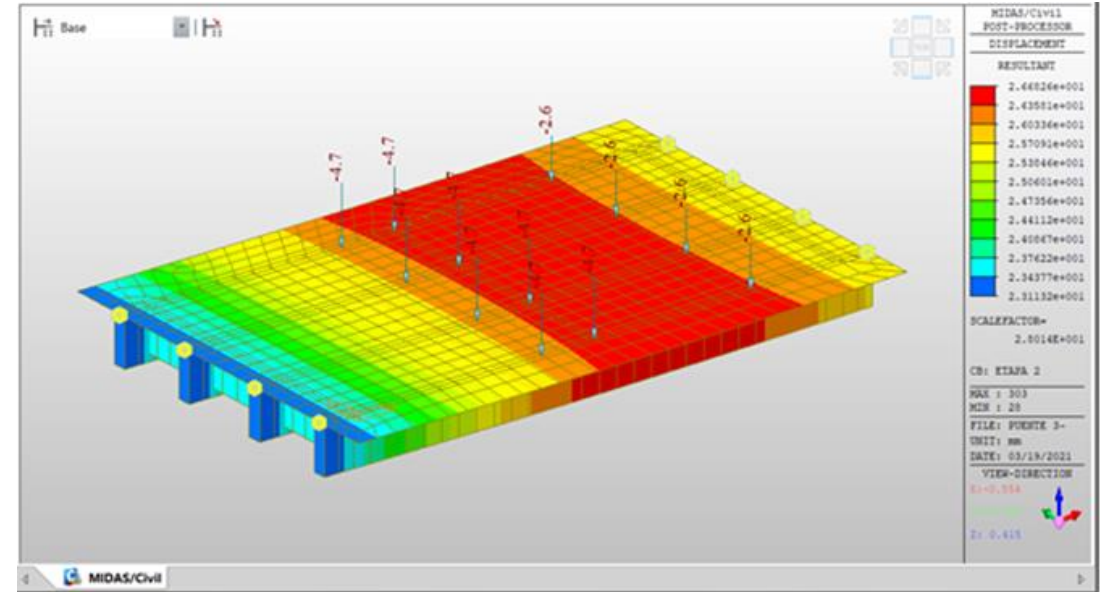
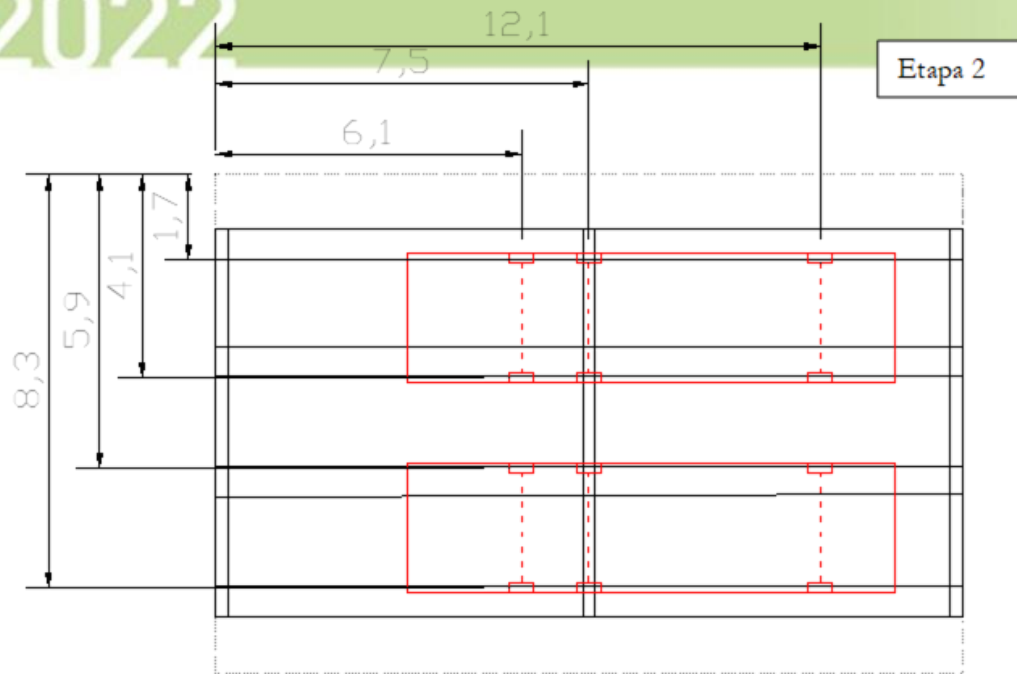
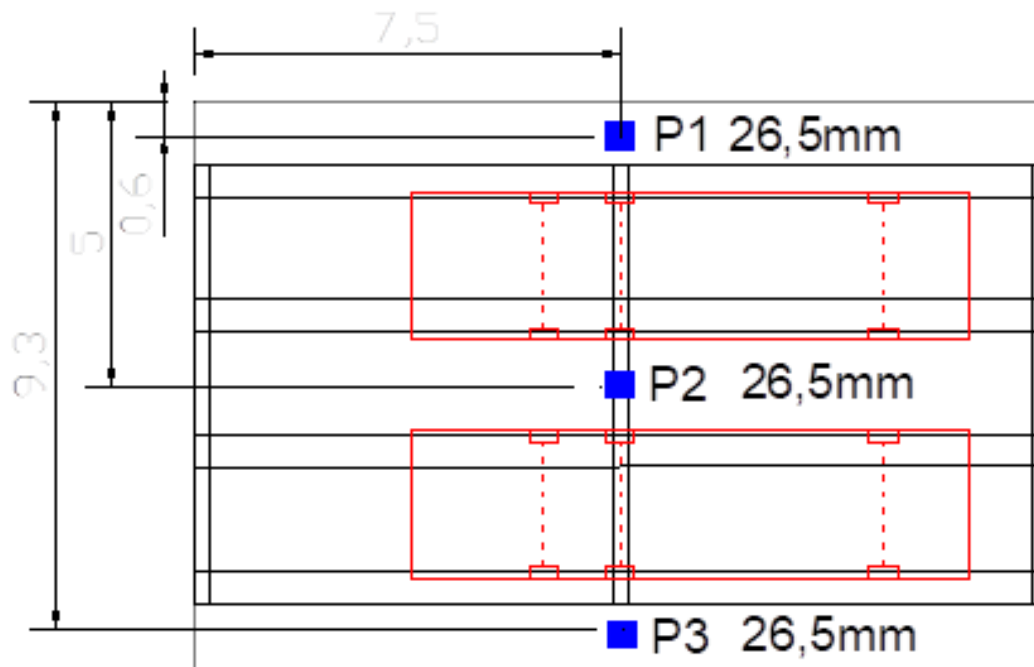


Figura 6. Ubicación de las cargas aplicadas Etapas 1 y 2.



la deformación máxima esperada en el tablero es de 26,5 mm

- ✓ Medición de deformaciones. Verificación de estabilización y criterios de seguridad: Se medirán las deformaciones verticales tras la aplicación de las cargas (f_0) en cada punto de control. Transcurridos 10 minutos, se realizará una nueva lectura (f_{10}) en dichos puntos. Si El criterio de estabilización adoptado es el siguiente:
 - Si las diferencias entre los nuevos valores de la respuesta y los instantáneos son inferiores al 5% de (f_0), o bien son del mismo orden de la precisión del instrumento de medición, se considerará estabilizado el proceso de deformación y se realizará la lectura final de todos los puntos de medida.
 - Si no se satisface la condición anterior, se mantendrá la carga durante un nuevo intervalo de 10 minutos, considerándose cumplido el requisito de estabilización si realizada la medida al final del mismo (f_{20}), si la diferencia de medidas correspondientes a este intervalo es inferior al 20% de la diferencia de medidas correspondiente al intervalo anterior. Si esto no se cumple, se procederá a mantener la carga durante un nuevo intervalo.

Tabla 2. Comprobaciones de estabilización.

Criterio de estabilización	
Comprobación 1 $F_{10} - f_0 < 0.05 f_0$	O del orden de magnitud de la precisión de los aparatos de medida utilizados
Comprobación 2 $F_{20} - f_{10} < 0.2 (f_{10} - f_0)$	

- El procedimiento se repite para cada etapa de carga.
- El mismo criterio se aplicará para la descarga de la estructura.

✓ Retiro total de la carga

Medición de deformaciones remanentes. Verificación de estabilización.

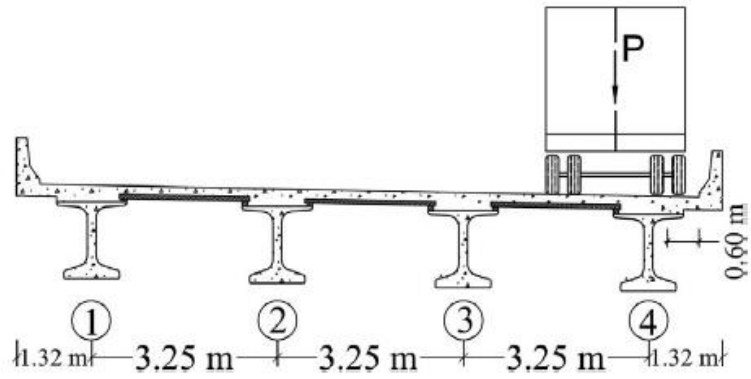
Inspección final de la estructura.

- ✓ Verificación de deformaciones remanentes: se deberá comprobar tras la descarga, que la flecha residual estabilizada en términos porcentuales sea inferior al 20 % de la flecha total medida bajo la sobrecarga total aplicada.

PRUEBA DE CARGA ESTÁTICA

2022

(c)



PRUEBA DE CARGA ESTÁTICA

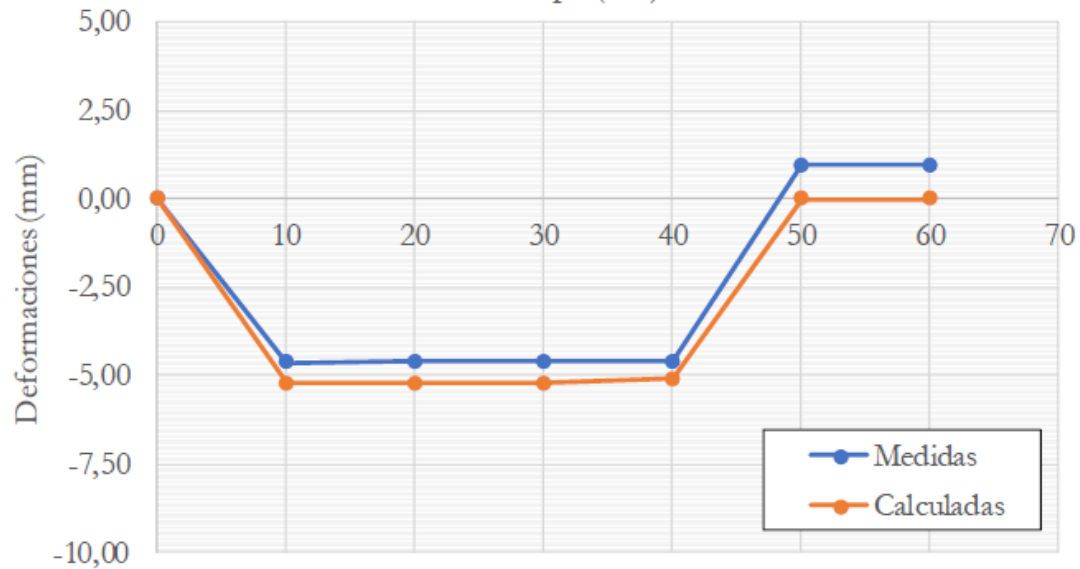
Año 2022



Prueba de carga estática



Punto P2
Tiempo (min)



Francia- Puente Suspendido- 1.931 / Renovación 2.003



Cruce tres vehiculos (1 camion y auto+van turismo)

ASUNCIÓN
2022



GRACIAS !!!



ingsergiogavilan@gmail.com