



Escola Tècnica Superior d'Enginyers
de Camins, Canals i Ports de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

PROYECTO FINAL DE CARRERA

**PRUEBAS DE CARGA
ESTÁTICAS EN LOS PUENTES.
APLICACIÓN AL CASO DEL
VIADUCTO SOBRE LA N-320 DE
LA LAV-LEVANTE (PROVINCIA
DE CUENCA)**

TFC presentado para obtener el título de Ingeniería Técnica
de Obras Públicas especialidad en Construcciones Civiles
Por **MARTA MOLINA TATO**

Barcelona, 8 de junio de 2009

Tutor interno: Joan Ramon Casas Rius
Código del Proyecto: 706 – TRE – OP - 3997

Unidad: Ingeniería de la Construcción
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

INDICE MEMORIA

Indice memoria	1
Resumen	3
Abstract	3
Agradecimientos	4
CAPÍTULO 1. Introducción	5
CAPÍTULO 2. Generalidades.....	7
2.1. Objeto de las pruebas de carga	7
2.2. Tipología de las pruebas de carga.....	7
CAPÍTULO 3. Normativa.....	10
3.1. Normativa vigente.	10
3.2. Campos de aplicación. Obligatoriedad	11
3.3. Dirección de las pruebas de carga	12
CAPÍTULO 4. Prueba de carga estática	13
4.1. Proyecto de prueba de carga estática.....	13
4.2. Acciones a aplicar.	15
4.2.1. Materialización del tren de carga.....	15
4.2.2. Estados de carga.....	18
4.2.3. Forma de aplicación de la carga.....	20
4.2.4. Pruebas de carga simplificadas	25
4.2.5. Pruebas de carga complementarias.	26
4.2.6. Efectos ambientales.....	27
4.3. Criterios de aceptación	28
4.4. Magnitudes a medir.	29
4.5. Aparatos de medida. Transductores.	30
4.5.1. Medida de deformaciones.	30
4.5.2. Medida de desplazamientos.....	36
4.6. Sistema de adquisición de datos.....	40
4.6.1. Elementos básicos de un sistema de toma de datos.	41
4.6.2. Recogida y tratamientos de registros.....	45
4.6.3. Sistema de toma de datos autónomo.....	46
4.6.4. Sistema de registro.	47

CAPÍTULO 5. Aplicación a un caso real. prueba de carga estática en viaducto S/N-320 (LAV-Levante).....	48
5.1. Descripción de la estructura	48
5.2. Descripción de los equipos a utilizar.....	50
5.2.1. Transductores de desplazamiento.	50
5.2.2. Acondicionamiento, almacenamiento y tratamiento de la señal ...	51
5.2.3. Elementos auxiliares.	57
5.3. Puntos a instrumentar.	58
5.4. Hipótesis de carga.(Ciclos de carga)	58
5.5. Proceso de ejecución.....	60
5.6. Descripción del tren de carga.....	63
5.7. Resultados de la prueba de carga.	65
5.8. Análisis de resultados.....	72
5.9. Valoración económica de la ejecución.....	73
CAPÍTULO 6. Conclusiones.....	76
CAPÍTULO 7. Bibliografía	78
7.1. Referencias bibliográficas.....	78
7.2. Bibliografía de Consulta	78

ANEXOS A LA MEMORIA

RESUMEN

En este trabajo final de carrera titulado "*Pruebas de carga estáticas en los puentes. Aplicación al caso del viaducto sobre la N-320 de la LAV – Levante (Provincia de Cuenca)*" se pretende recopilar la tipología de pruebas de carga estáticas de recepción de obra nueva en carreteras y ferrocarril, equipos de instrumentación utilizados, criterios de aceptación y magnitudes a medir. Nombrando la normativa vigente y recomendaciones, aparatos de medida e interpretación de datos. Todo esto se aplica realizando la prueba de carga estática, en base al Proyecto de la misma, del Viaducto sobre la N-320 que forma parte del AVE Levante Tr: Olalla – Arcas del Villar. Comparando la teoría y normativa vigente que se encuentra sobre este tema con la realización de una prueba de carga estática, se extraen diversas conclusiones sobre las pruebas de carga estáticas en puentes, y ello nos hace dudar de la obligatoriedad de dichas pruebas salvo en casos excepcionales.

ABSTRACT

In this final project titled "*Static load tests on bridges. Case study of to the case of the viaduct over the N-320 motorway of the LAV – Levante (Cuenca)*" my aim is to gather the different types of static load tests for the acceptance of new road and rail bridges. In relation to this I will explain the monitoring equipment used, acceptance criteria and measuring units. The regulations currently in place and recommendations together with the measuring devices and data interpretation will also be detailed. Using what I have learned from my research, I will perform a static load test on the viaduct over the N-320 motorway, which forms part of the AVE Levante running from Olalla to Arcas del Villar. Comparing the theory and the current regulations found on this subject to the results obtained by carrying out a static load test, I have come to several conclusions regarding static load tests on bridges. This makes us question whether these tests should always be obligatory or only in special cases.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres, el apoyo moral y la ayuda recibida durante toda la carrera. También a mi pareja y mis amigos Irene y Agustín, por que sin ellos a día de hoy no estaría escribiendo estas líneas.

También me gustaría agradecer el aporte técnico y profesional recibido en Mekano 4 y en concreto desde el departamento técnico y de instrumentación, mencionando en especial a mi tutor interno Guillermo Ramírez por su involucración, dedicación y tutoría en este trabajo final de carrera.

CAPÍTULO 1.

INTRODUCCIÓN

Las denominadas pruebas de carga de las estructuras son la comprobación cualitativa o cuantitativa del comportamiento resistente de una estructura mediante un conjunto de operaciones (ensayos) consistente en la reproducción de uno o varios estados de carga sobre la misma, con objeto de confirmar que el proyecto y construcción de la obra se han llevado a cabo satisfactoriamente.

Con este objeto es necesario comprobar que, para unas situaciones de carga representativas de las acciones a las que va a estar sometida durante su vida en servicio, el comportamiento de la estructura se ajusta a las previsiones de proyecto.

En épocas todavía no demasiado lejanas, la limitación de los métodos de cálculo y el imperfecto conocimiento de los materiales hicieron de la prueba de carga un método común de comprobación global de la seguridad de las obras.

En el siglo XIX y comienzos del siglo XX, como consecuencia de algunos colapsos de puentes y, especialmente, tras la aparición del hormigón como nuevo material de construcción, se instituyó de forma rutinaria la metodología de la prueba de carga como ensayo previo a la puesta en servicio de una obra.

La realización de la más común de las pruebas de carga, la prueba de recepción de obra nueva, ha desaparecido como ensayo obligatorio en la mayoría de países con alto desarrollo técnico. En España, la prueba de carga de recepción sigue siendo obligatoria, en el caso de puentes de carretera y de ferrocarril.

De todos modos, en el caso del hormigón, las nuevas teorías e instrucciones permiten el cálculo de elementos estructurales de forma que pueda llegar a aparecer fisuración bajo ciertas combinaciones de las sobrecargas de uso. Como consecuencia de esto, se ha ido reduciendo la carga máxima de los ensayos de recepción. Así en las últimas "Recomendaciones para la realización de pruebas de

carga de recepción en puentes de carretera” del Ministerio de Fomento, se limita la carga del ensayo de forma que se alcancen esfuerzos del orden del 60 % de los que produciría el tren de la Instrucción de Acciones, sin sobrepasar nunca el 70%, mientras que en las ediciones anteriores de dichas recomendaciones (1973 y 1988) se aconseja que los esfuerzos alcanzados fueran del 70 al 80 %.

En este trabajo final de carrera se pretende recoger la tipología de pruebas de carga, concretamente en las pruebas de carga estáticas de recepción de obra nueva en carreteras / ferrocarril, normativa, ejecución, aparatos de medida e interpretación de datos. Todo esto se aplica al caso real del Viaducto sobre la N-320 del AVE Levante Tr: Olalla – Arcas del Villar.

CAPÍTULO 2.

GENERALIDADES

2.1. Objeto de las pruebas de carga

El principal objeto de una prueba de carga en una estructura es la comprobación de la misma frente a unas determinadas acciones, generalmente constituidas mediante la colocación sobre la estructura de unas cargas conocidas en posición y magnitud.

2.2. Tipología de las pruebas de carga

Se distinguen tres tipos de ensayo de prueba de carga:

- a) Prueba de carga de recepción de obra nueva.
- b) Prueba de carga de puentes en servicio.
- c) Ensayos de investigación mediante pruebas de carga.

Prueba de carga de recepción de obra nueva

El objeto de una prueba de recepción de obra nueva es verificar la adecuada concepción y ejecución de la estructura, mediante la evaluación de su comportamiento estructural. Para ello se compara la respuesta real del ensayo realizado en obra con la respuesta esperada, según el modelo de cálculo empleado para su diseño y comprobación. Este ensayo nos permite conocer que tanto el proyecto como la ejecución del ensayo no tiene defectos que repercuten sobre la seguridad de la estructura.



Fig. 1. Prueba de carga en Vto. S/A-3 LAV. Levante – Caudete de las Fuentes

Prueba de carga de puentes en servicio

En el caso de puentes en servicio, el objeto de la prueba será ampliar el conocimiento del estado de la estructura mediante la evaluación de su comportamiento estructural, bien periódicamente o como consecuencia de inspecciones que así lo aconsejen. Para ello, se obtendrán los desplazamientos y deformaciones en determinados elementos relevantes de la misma, bajo la acción de las carga de pruebas, comparándolas con las obtenidas en pruebas anteriores.

Ensayos de investigación mediante pruebas de carga

Hay casos en que se realizan ensayos de carga en las estructuras, y entre ellas en los puentes, con una finalidad distinta de las anteriores. En ocasiones se trata de obtener información adicional del comportamiento de la estructura, especialmente cuando ésta es singular, ya sea por sus dimensiones, solución estructural, proceso constructivo o por los materiales utilizados. En estos casos, tanto los trenes de carga como las magnitudes a medir dependerán de lo que se quiera investigar en cada caso específico.

Otras veces el ensayo se plantea como un experimento que permite mejorar el conocimiento de un determinado aspecto estructural. Por ejemplo el ensayo a rotura de un tablero de un puente o de obra de fábrica.

Otro grupo de ensayos de investigación lo constituyen los ensayos dinámicos, en este tipo de ensayos se pueden determinar ciertos parámetros que identifican las características intrínsecas de la estructura, así como su respuesta bajo excitación externa. Los ensayos dinámicos pueden ser útiles para detectar anomalías de

carácter funcional como movimientos imprevistos en aparatos de apoyo, vibraciones en tirantes, etc.



Fig 2. Fotografía de prueba de carga dinámica, paso de un camión sobre tablero.

CAPÍTULO 3.

NORMATIVA

3.1. Normativa vigente.

Se expone a continuación la situación actual de la normativa española en lo referente a pruebas de carga estática, constituida por:

- Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera (IAP 98). Indica la obligatoriedad de realizar una prueba de carga de la estructura del puente antes de la recepción del mismo.
- Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-2008). El artículo dedicado al Control de la estructura mediante ensayos de información complementaria, el artículo 101 se divide en dos sub-artículos:
 - Artículo 101.1, indica que no es necesario someter a prueba de carga los puentes de carretera si sus estructuras hubiesen sido proyectadas y construidas en base a la Instrucción EHE-2008. Solo se deben someter aquellas estructuras que su reglamento específico lo indique (IAP 98) o el pliego de prescripciones técnicas particulares, y cuando a juicio de la Dirección Facultativa existan dudas razonables sobre la seguridad, funcionalidad o durabilidad de la estructura.
 - Artículo 101.2, titulado "Pruebas de carga" advierte que no deben realizarse estas pruebas antes de que el hormigón haya alcanzado la resistencia de Proyecto.

En el Anexo A pueden verse los extractos que nos hablan de pruebas de carga de las normativas citadas anteriormente.

El Ministerio de Fomento ha editado unos documentos para la realización de pruebas de carga entre los que cabe citar:

RECOMENDACIONES PARA LA REALIZACIÓN DE PRUEBAS DE CARGA DE RECEPCIÓN EN PUENTES DE CARRETERA. 1999. Dirección de Carreteras.

En este documento de 21 páginas se dan recomendaciones generales respecto a la realización de pruebas, selección de vanos a ensayar, hipótesis de carga, criterios de estabilización, criterios de aceptación, etc.

Para la definición de la metodología a seguir para la definición y cálculo de la prueba de carga de puentes losa, calculando las cargas a materializar y los resultados teóricos de las flechas tenemos:

PRUEBAS DE CARGA. COLECCIÓN DE PUENTES LOSA, 1984.

Análogo al anterior pero para el caso de puentes de vigas pretensadas tenemos:

PRUEBAS DE CARGA. COLECCIÓN DE PUENTES DE VIGAS PRETENSADAS, 1984

También a nivel europeo puede contemplarse la norma:

TBS-3. TESTING BRIDGES IN SITU (Norma RILEM)

Contempla la prueba de carga de puentes y, en especial, la determinación de los parámetros dinámicos y los criterios de evaluación de resultados.

En el ámbito europeo, para el caso de los puentes de carretera, la prueba de carga de recepción de obra nueva es solamente obligatoria en los países del sur de Europa: Portugal, España, Francia e Italia.

3.2. Campos de aplicación. Obligatoriedad

En el caso de puentes nuevos, la prueba de carga estática es preceptiva, según la vigente "Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera (IAP)", que en el capítulo 5 establece lo siguiente:

"Todo puente proyectado de acuerdo con la presente Instrucción deberá ser sometido a pruebas de carga antes de su puesta en servicio, de acuerdo con lo indicado en el preceptivo anejo que sobre la materia incluirá todo proyecto aprobado por la Dirección General de Carreteras.

Tales pruebas deben de ser estáticas o dinámicas. Las primeras serán siempre obligatorias, las segundas serán preceptivas en aquellas estructuras en las que sea necesario verificar que las vibraciones que se puedan producir no afectarán a la funcionalidad de la obra."

De acuerdo con el artículo 1.2 de la IAP, "en el concepto puentes de carretera, se consideran incluidas las obras de paso [...] cuya función sea salvar una discontinuidad en un trazado para permitir el paso del tráfico [...]".

La obligatoriedad de la prueba de carga a que hace referencia la IAP se entenderá para obras de paso en que alguno de sus vanos tenga una luz¹ igual o superior a 12 m. Para luces inferiores a 12 m., el Director de la Obra, o en su caso el Director de Proyecto, podrá decidir la realización de la prueba en función de las características o circunstancias de la estructura.

En general, también debe realizarse prueba de carga tras la ejecución de actuaciones importantes de ampliación y/o rehabilitación de una estructura en servicio.

3.3. Dirección de las pruebas de carga

Las pruebas de carga se han de realizar con personal técnico especializado bajo la dirección de un Ingeniero con experiencia en este campo, al cuál se le denomina Director de la prueba de carga. Normalmente, este Director de la prueba es designado por el Director de Obra.

Es bueno que haya una buena coordinación entre el Proyectista (autor del Proyecto de la estructura y del proyecto de prueba de carga de la misma), el Director de Obra y el Director de la prueba para conseguir la finalidad de ésta: comprobar el correcto y seguro comportamiento resistente del puente. Esta colaboración es más importante aún en el caso que haya habido incidencias desfavorables durante la ejecución de la estructura.

¹ Se define luz como la distancia entre líneas de apoyo de un tablero, medida sobre su directriz. En el caso de estructuras tipo cajón o marco se considerará como luz libre, la distancia entre los parámetros vistos de los hastiales.

² Prueba completa de un vano es aquella en la que se introducen todos los estados de carga correspondientes a ese vano (el que produce máxima flexión sobre el apoyo precedente, sobre el apoyo posterior y en el vano). Es

CAPÍTULO 4.

PRUEBA DE CARGA ESTÁTICA

4.1. Proyecto de prueba de carga estática

El proyecto de la prueba de carga estática deberá estar incluido en el proyecto de la obra, correspondiendo, por tanto, su redacción al autor de dicho proyecto. En el caso de que no existiera proyecto de la prueba de carga, y no fuera posible su redacción por el autor del proyecto, la Dirección de Obra deberá encargarlo a un ingeniero cualificado.

En el proyecto de la prueba deben estar recogidos todos los aspectos que tengan relación con la prueba de carga, tanto en lo que se refiere a los trenes y estados de carga, instrumentación y precisión necesaria, medios auxiliares y su valoración económica, los valores teóricos previstos y apertura de fisuras.

En el caso de que la estructura sufriera modificaciones antes de la construcción o durante ésta o los vehículos a utilizar durante la prueba de carga fueran distintos, es necesario revisar y rehacer el Proyecto para adaptar el Proyecto a la situación real.

El proyecto consta de las siguientes partes:

a) Memoria

En la memoria se ha de describir con detalle la prueba de carga que se va a realizar, incluyendo aspectos como: los elementos que se van a

controlar, los puntos a instrumentar, los trenes de carga que se van a utilizar y el porcentaje que supone de esfuerzos de proyecto (nunca superando el 70%), distintas fases en qué consistirá el ensayo, los estados de carga, etc.

También ha de incluir, a partir del tren de cargas definido en el proyecto de la prueba, los valores previstos de las magnitudes a medir, las tolerancias admisibles y los criterios de aceptación de los resultados de la prueba de carga.

d) Planos

Los planos que ha de incluir son los croquis y planos necesarios para definir en detalle los estados de carga y la posición de los aparatos de medida.

Se debe incluir también el croquis de los vehículos tipo considerados por el proyectista para la materialización de los trenes de carga.

e) Pliego de prescripciones técnicas particulares.

Ha de incluir las especificaciones a tener en cuenta en la realización de las pruebas, la precisión y el rango mínimo adecuado de los aparatos de medida que se van a utilizar en la prueba de carga, así como los valores de los parámetros a tener en cuenta en los distintos criterios de aceptación de los resultados.

Se incluirán también los conceptos que comprenden el abono de las partidas y unidades detalladas del presupuesto.

f) Presupuesto

El presupuesto del proyecto de una prueba de carga podrá realizarse:

- Por partida alzada de abono íntegro al contratista. En ella han de incluir: andamiajes y medios de elevación, medios auxiliares, puntos de medida, bases de nivelación y todo lo necesario para la realización de prueba de carga, así como los vehículos necesarios para poder realizar los distintos estados de cargas y el personal, tanto el personal técnico especializado encargado de realizar la prueba de carga, como el personal de apoyo o mano de obra auxiliar.
- Por partida alzada a justificar mediante precios unitarios. Estos precios deben figurar en los cuadros de precios correspondientes y serán entre otros:
 - Tren de carga /día.
 - Equipo de ensayo / día donde se ha de incluir los gastos de personal, traslados o gastos de viaje, dietas, amortización de equipos, material fungible, etc.
 - Medios auxiliares.

superiores al 70 % de dichos esfuerzos teóricos, tal y como nos indican las "Recomendaciones para la realización de pruebas de carga de recepción en puentes de carretera".

Para la realización de la misma se suelen utilizar camiones, de las siguientes características, (según recoge el anexo 1 de dichas Recomendaciones):

1. Camión de tres ejes:

- Carga total del camión: 26 t
- Número de ejes: 1 delantero + 2 traseros.
- Carga eje delantero: 7 t
- Carga ejes traseros: 2 X 9.5 t
- Distancia entre ejes: 3,90 + 1,35 m
- Distancia entre ruedas de un mismo eje: 1,80 m

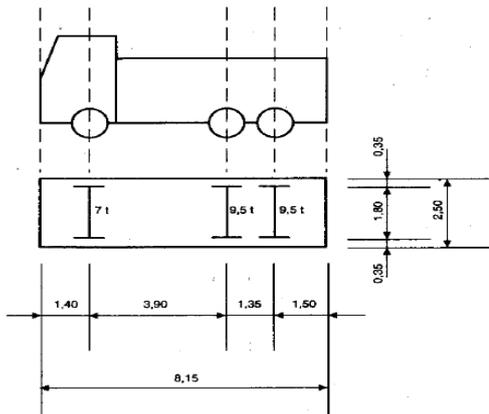


Fig. 4a. Dimensiones camión tipo 3 ejes.

Fig. 4b. Fotografía camión tipo 3 ejes.

2. Camión articulado de cuatro ejes:

- Carga total del camión: 38 t
- Número de ejes: 1 delantero + 3 traseros.
- Carga eje delantero: 7 t
- Carga ejes traseros: 11 + 2 X 10 t
- Distancia entre ejes: 3,50 + 3,00 + 1,35 m
- Distancia entre ruedas de un mismo eje: 2,00 m

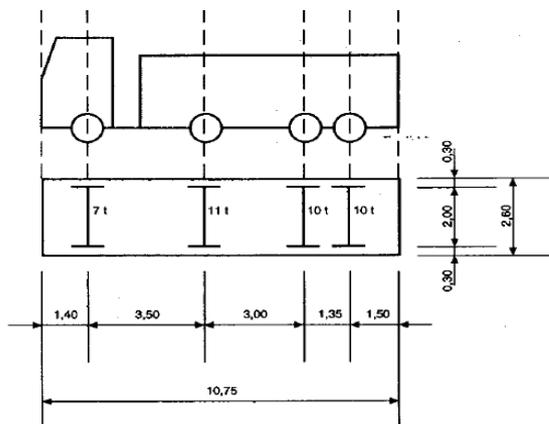


Fig. 5a. Dimensiones camión tipo 4 ejes



Fig. 5b. Fotografía camión tipo 4 ejes.

Normalmente los camiones cargados se distribuyen en el puente, uniformemente en el ancho de la calzada (carriles + arcén), aunque hay ocasiones en las que se distribuyen en la mitad derecha o izquierda para la comprobación a torsión del tablero.

Para poder facilitar el ensayo, en cuanto a la colocación de los camiones en cada estado de carga, es conveniente que todos ellos se coloquen en el mismo sentido de avance para facilitar la colocación y movimiento y con distancias entre ellos tanto longitudinal como transversal, para permitir el paso del personal que está realizando la prueba de carga. Aunque hay casos, como por ejemplo en puentes pequeños, que para poder materializar el tren de cargas se han de colocar estados de carga simétricos, esto es, colocar vehículos de carga enfrentados por la parte delantera o trasera.

Antes de iniciar la prueba se ha de chequear con pesaje en báscula el peso real de cada vehículo de carga comprobando que no difiere más de un 5% del peso teórico considerado en proyecto. Se obtiene así un ticket de pesaje que se ha de entregar al Director de la Prueba de carga y adjuntarse en el informe final.

Para evitar errores y poder colocar los vehículos con precisión es conveniente que con anterioridad a la realización de la prueba de carga se marquen en el tablero mediante topografía la colocación de los camiones, marcando por ejemplo la posición del eje delantero o trasero del vehículo en cada hipótesis de carga.



Fig. 6. Tablero replanteado topográficamente

Nos encontramos estructuras como por ejemplo pasarelas peatonales, dónde la carga se podría representar mediante cargas concentradas, realizándose la materialización del tren de cargas con personas, depósitos de agua, sacos de cemento, arena, acopios de materiales diversos, elementos colgados de la estructura, etc.



Fig. 7. Puente de armas (Toledo). Prueba de carga con sacos de cemento.

4.2.2. Estados de carga.

En el proyecto de la prueba de carga, el proyectista ha de tener en cuenta las disposiciones del tren de carga de manera que se alcancen los porcentajes deseados que nos producen las sollicitaciones más desfavorables sobre la estructura como, por ejemplo, flexión positiva en centros de vano, flexión negativa en apoyos, etc. Dando lugar a una serie de estados de carga, que en la práctica, consistirá en la colocación de sobrecargas (normalmente camiones) en diferentes zonas de la estructura.

Como norma general, la carga se aplicará solamente en la calzada y arcenes, de forma uniforme, sin que sea necesario someter a prueba las aceras.



Fig. 8. Viaducto del Júcar, cargado de forma uniforme.

También se pueden definir estados de carga en los que ésta se distribuya asimétricamente (mitad izquierda o derecha). Se recomienda en el caso de puentes de planta en curva en los que es significativa la torsión, en puentes con esviaje importante, en puentes con doble arco, etc. Si se estimase conveniente, se podrían plantear también estados de carga destinados a comprobar transversalmente el tablero.



Fig. 9. Estado de carga asimétrico. Viaducto Papán. LAV - Levante.

Tr: Requena – Siete Aguas

4.2.3. Forma de aplicación de la carga.

Para aplicar el tren de cargas es conveniente que se realice con la lentitud necesaria para no provocar efectos dinámicos no deseados en la estructura, y de manera que no se produzcan solicitaciones superiores a las previstas en la estructura.

Antes de materializar cada nuevo estado de carga será necesario proceder a la descarga total de la estructura. Exclusivamente en los puentes formados por vanos simplemente apoyados, se podrán materializar los distintos estados de carga mediante el avance del tren de carga sucesivamente de vano en vano.

(a) Ciclos de carga

Se denomina ciclo de carga a la ejecución completa de uno o varios estados de carga. La práctica habitual en el caso de las pruebas de carga estáticas de recepción de obra nueva de puentes es la realización de un solo ciclo de carga, no se suelen repetir los estados de carga. En el caso de estructuras singulares, en ensayos de evaluación o en estructuras en las que los resultados de prueba de carga van a servir de base para decisiones posteriores, puede ser recomendable realizar un segundo ciclo que confirme la validez de los valores medidos. También sería necesario un ciclo de repetición en el caso en que las estructuras pudieran presentar asentamientos o movimientos permanentes tras la aplicación del primer ciclo importante de carga. Por ejemplo, en el caso de posible asentamiento inicial de los aparatos de apoyo, fenómeno que se acentúa cuando no se ha producido ni siquiera el paso de vehículos de obra sobre el puente antes de la realización de la prueba de carga estática.

También sería conveniente realizar un segundo ciclo de carga en el caso en que al realizar el primer ciclo de carga se obtengan resultados aparentemente anómalos o cuando en el ensayo de diferentes vanos similares, algunos de ellos presenten resultados diferentes al resto.

Los ciclos de carga en el caso de pruebas de carga estática se suelen denominar fases de carga o hipótesis de carga.

(b) Escalones de carga

Hay que tener especial precaución a la hora de aplicar la carga, por ello es conveniente que la carga se aplique de manera progresiva en varias fases o escalones de manera que en zonas críticas se pueda registrar la respuesta progresiva de la estructura.

Se aconseja aplicar la carga en un mínimo de dos escalones. En el caso de puentes con varios vanos iguales se podrá limitar a uno solo, cuando se vayan ocupando posiciones de carga similares en otros vanos, si el comportamiento de los anteriores ha sido correcto.

En general no será necesario, a no ser que lo especifique el Proyecto, de la prueba, esperar a la estabilización de las medidas entre dos escalones de carga.

El proceso de descarga generalmente se lleva a cabo en un solo escalón, o en caso contrario se podría llevar a cabo en escalones análogos a la carga y en orden inverso al proceso de carga.

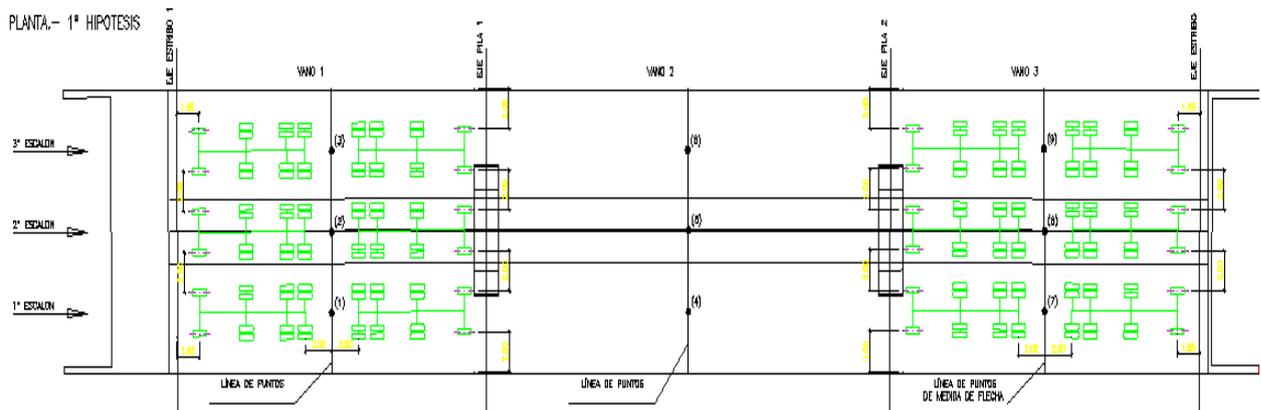


Fig. 10 Esquema Ciclo de carga con 3 escalones de carga.

Vto S/Barranco de Aguas Blancas. AVE Levante Tr: Requena – Siete Aguas.

(c) Criterio de estabilización

El tiempo que debe mantenerse la aplicación de la carga ya sea un escalón intermedio antes de pasar al escalón siguiente, ya sea con la carga correspondiente a un cierto estado, viene dado por el criterio de estabilización de las medidas.

Debido a la variación en el tiempo de la respuesta de deformaciones o desplazamientos de los materiales al ser sometidos a una carga permanente, todo puente al ser sometido a una carga de ensayo responderá con una deformación instantánea que irá aumentando con el tiempo hasta estabilizarse. En el caso del acero la estabilización es prácticamente inmediata, pero en el hormigón no es así. La consideración de que la estructura ha estabilizado su respuesta responde a un criterio práctico consistente en que las variaciones de las medidas en unos minutos son unos porcentajes pequeños de la deformación total.

En definitiva, los criterios de estabilización pretenden comprobar que variación en el tiempo de la respuesta instantánea tiende a estabilizarse, indicando que la estructura está teniendo un comportamiento normal.

Según las "Recomendaciones para la realización de pruebas de carga de recepción en puentes de carretera" se pueden considerar los criterios de estabilización que se describen a continuación para un escalón de carga tanto intermedio como final de un estado de carga.

Los valores de las respuestas de la estructura que se consideren (flechas, deformaciones unitarias, giros, etc.) se denominarán $(f_{i,t})$ y se obtendrán en cada momento como diferencia entre las lecturas de los aparatos en este instante t y las lecturas iniciales de descarga del estado que se está realizando.

Una vez esté colocado el tren de cargas en su posición marcada según Proyecto, se realizará una medida de la respuesta instantánea de la estructura $(f_{i,0})$. Se han de tener controlados los aparatos de medida, sobre todo aquellos donde

esperamos tener mayores deformaciones desde el punto de vista de la estabilización. ($f_{i,10}$).

Criterio 1:

Una vez hayan transcurrido 10 minutos desde la colocación del tren de cargas se realizará una nueva medida en los puntos instrumentados ($f_{i,10}$). Las diferencias obtenidas entre la lectura inicial y la lectura a los 10 minutos no pueden diferir de un 5% para considerar que la estructura ha estabilizado.

$$f_{i,10} - f_{i,0} < 0,05 f_{i,0}$$

Criterio 2:

En el caso de que no se cumpla el criterio anterior, la carga se ha de mantener durante otro intervalo de 10 minutos. Se cumplirá el criterio de estabilización si, una vez realizada la medida final ($f_{i,20}$), la diferencia de medidas correspondiente a este intervalo es inferior al 20 % de la diferencia de lecturas del intervalo del criterio 1.

$$f_{i,20} - f_{i,10} < 0,2 (f_{i,10} - f_{i,0})$$

Criterio 3:

Si el criterio 2 no se cumple, será el Director de la prueba de carga quien tomará la decisión de continuar con el proceso o suspender la prueba de carga.

Una vez totalmente descargada la estructura, se espera a que los valores de las medidas estén estabilizados, aplicando el mismo criterio que en el caso de la carga (10 o 20 minutos para tomar la lectura de descarga). La diferencia entre los valores estabilizados después de la descarga y los iniciales antes de cargar serán los valores remanentes correspondientes al estado considerado.

Es aconsejable no iniciar un nuevo ciclo de carga antes de haber transcurrido el tiempo suficiente para la completa recuperación de las deformaciones que se han producido en la estructura en el ciclo de carga anterior.

En el caso de que los valores remanentes inmediatamente después de la descarga sean inferiores al límite que para cada tipo de estructura se establece en el siguiente apartado (d), no será necesaria la comprobación del criterio de estabilización en descarga, y podrá procederse a la lectura final de todos los aparatos de medida en este ciclo de carga.

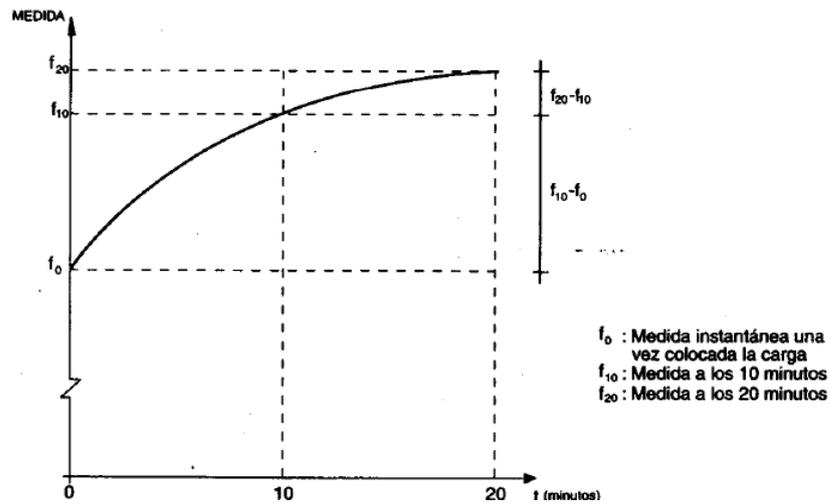


Fig.11. Proceso general de la evolución de las medidas en un escalón de carga.

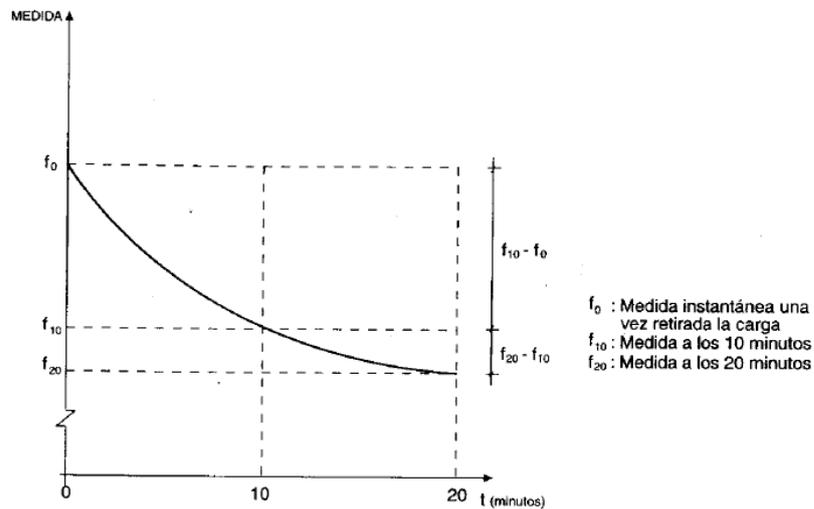


Fig.12. Proceso general de la evolución de las medidas en un escalón de descarga.

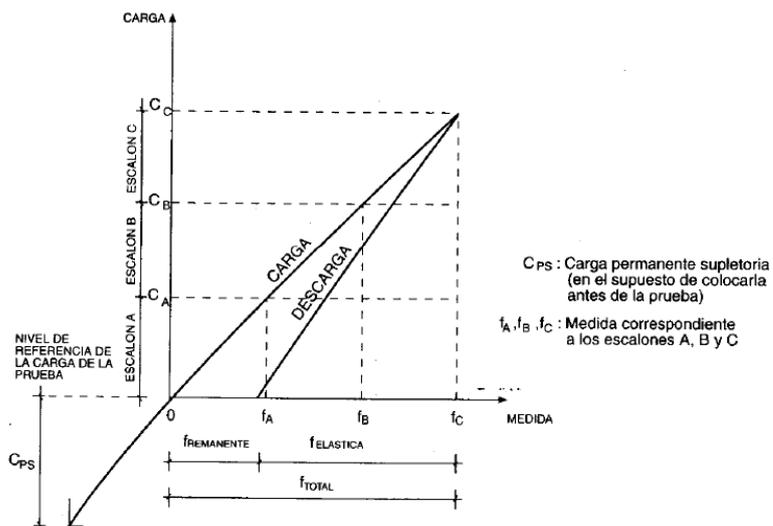


Fig. 13. Evolución de las medidas durante un ciclo completo de carga y descarga.

(d) Criterio de remanencia

Los valores remanentes (f_r) son las deformaciones, giros, desplazamientos, etc. correspondientes a un estado de carga. Se definen como la diferencia entre los valores estabilizados después de la descarga y los iniciales antes de la carga.

Según las "Recomendaciones para la realización de pruebas de carga de recepción en puentes de carretera" se consideran aceptables siempre que sean inferiores a los siguientes límites indicados en este apartado. No obstante, en el Proyecto de la prueba se podrán definir distintos límites, siempre que estén suficientemente justificados.

Los límites para las remanencias en cada punto de medida α_{lim} , que se indican a continuación expresados en forma de porcentaje, están referidos a los valores máximos de la respuesta medida de la estructura:

- a) Puentes de hormigón armado: 20%.
- b) Puentes de hormigón pretensado o mixto: 15%
- c) Puentes metálicos :10%

Una vez finalizado un estado de carga, se comprobará que los valores remanentes resultan admisibles.

Sea α_{lim} la remanencia admisible expresada en tanto por ciento, f la medida total y f_r la medida remanente. La remanencia α correspondiente al estado de carga vendrá dada por:

$$\alpha = 100 \cdot \frac{f_r}{f}$$

Si $\alpha \leq \alpha_{lim}$ el valor remanente se considera admisible.

Si $\alpha_{lim} < \alpha \leq 2 \alpha_{lim}$ deberá realizarse un segundo ciclo de carga (repetición ensayo)

Si $\alpha > 2 \alpha_{lim}$ se suspenderá la aplicación de la carga.

En caso de ser necesario un segundo ciclo de carga:

Si $\alpha^* \leq \alpha/3$ el valor remanente se considera admisible.

Si $\alpha^* > \alpha/3$ se suspenderá la aplicación de la carga.

Donde α es la remanencia obtenida en el primer ciclo de carga y α^* la obtenida en el segundo ciclo (tomando en este caso como valores estabilizados después de la descarga del primer ciclo).

En el caso de que, realizado el segundo ciclo de carga, no se hubieran alcanzado los resultados deseados, el Director de la prueba suspenderá la aplicación de la carga correspondiente, tomando respecto a los demás estados de carga las medidas que se crea conveniente.

La adecuada recuperación de la estructura que se produce una vez retirada la carga de ésta, indica un correcto funcionamiento de la estructura. Muchas veces, esto es más fiable que el criterio de comparación de los valores medios medidos comparados con los valores teóricos.

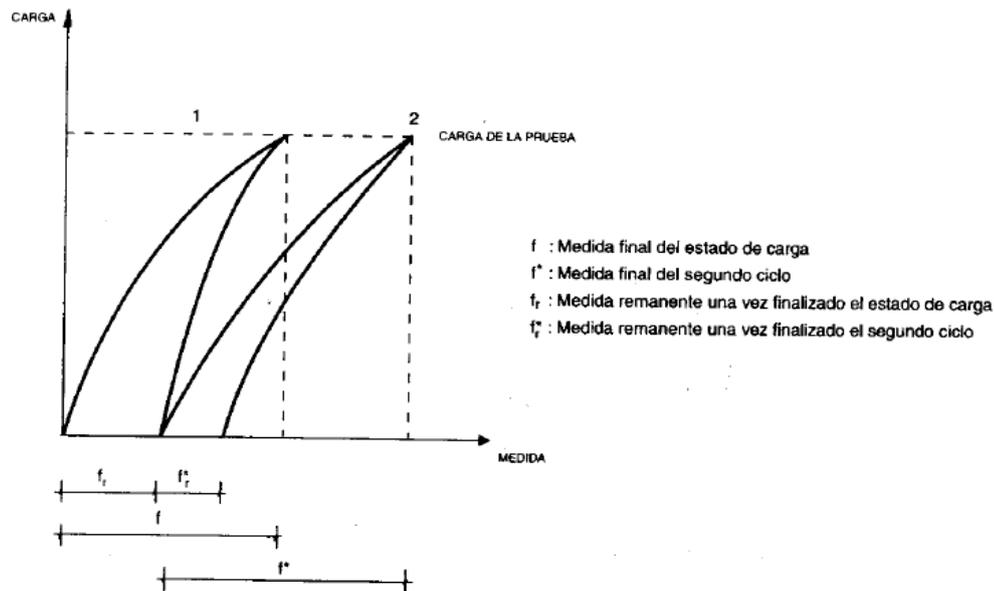


Fig. 14. Valores remanentes obtenidos en 2 ciclos de carga.

También pueden darse casos en los que se obtienen valores remanentes altos, sin haber superado el límite elástico en los elementos estructurales, sino que pueden ser causados por:

- Deformaciones permanentes iniciales en la estructura o asentamientos en aparatos de apoyos o tirantes. Por ello es conveniente, en el caso de los aparatos de apoyo, aunque en el Proyecto de prueba de carga indique que estos asentamientos son despreciables, instrumentar en pilas y estribos para poder medir estas deformaciones.
- Los efectos térmicos sobre la estructura.

En relación con los efectos térmicos, hay que tener en cuenta que pueden obtenerse resultados no significativos. Esto puede ocurrir debido a que la respuesta de la estructura frente a la carga de ensayo este afectada por fenómenos climatológicos y ambientales: variaciones térmicas, viento, lluvia, etc., que afectarán no solo en la magnitud real de la estructura a medir sino que también en los aparatos de medición, llevándonos a obtener datos no reales.

4.2.4. Pruebas de carga simplificadas

En ocasiones, en las pruebas de carga de recepción se presentan estructuras en los que es adecuado llevar a cabo alguna reducción en cuanto a la intensidad y detalle en su ejecución, dando lugar a lo que se denominarán pruebas de carga simplificadas.

La descripción de la metodología a llevar a cabo en las pruebas simplificadas debe estar contenida en el Proyecto de la prueba de carga con el mismo grado de detalle que en el caso de las pruebas de carga completas.

Según las "Recomendaciones para la realización de pruebas de carga de recepción en puentes de carreteras" será posible efectuar pruebas de carga

simplificadas en los casos que a continuación se describen, con las limitaciones específicas para cada uno de ellos:

a) Puentes con varios vanos similares

- En el caso de **varios vanos simplemente apoyados (isostáticos)**: prueba completa en 1 de cada 4 vanos similares o fracción, con un mínimo de 2 vanos.
- En el caso de **vanos continuos (hiperestáticos)**: prueba completa en los vanos extremos y en 1 de cada 4 vanos interiores o fracción., con un mínimo de 2 vanos interiores²

Están considerados como vanos similares aquéllos cuyas luces no difieran en más de un 10% respecto de la del vano menor, siempre que su constitución y tipología estructural sea la misma.

b) Obras iguales e independientes.

Cuando existan cuatro o más estructuras iguales y siempre que hayan sido ejecutadas en las mismas condiciones, podrá efectuarse pruebas de carga simplificadas en un número de ellas no superior al 50%. Sin embargo, en aquellas estructuras en las que se apliquen simplificaciones, se efectuará la prueba completa en, al menos, dos vanos.

En los vanos en los que se aplica la simplificación, ésta se introduce de la siguiente forma:

- a) La aplicación de la carga podrá llevarse a carga en un solo escalón de carga.
- b) Solo será preciso realizar medidas en los puntos más significativos, siendo suficiente en general con la medida de las flechas en el centro de luz de cada uno de los vanos y el descenso de apoyos si se considera que su magnitud es significativa.
- c) En el Proyecto de la prueba de carga podrá reducirse el número de estados de la carga y/o definir hipótesis de carga más sencillas, con el criterio de que todos los vanos quedan sometidos a la acción directa de algún tren de carga.

En el caso de que se cuente con sistema de registro continuo, la simplificación de los estados de carga puede efectuarse realizando una prueba cuasi-estática. En ésta el tren de carga circulará como máximo a 5 Km/h y se registrarán datos en todos los puntos de medida con una intensidad no inferior a 10 lecturas por segundo y punto.

4.2.5. Pruebas de carga complementarias.

El Director de la Obra podrá ordenar la realización de pruebas complementarias, si lo estima necesario, cuando haya dudas sobre los resultados obtenidos en las pruebas o sobre la correcta ejecución de alguna parte de las mismas. Dichas

² Prueba completa de un vano es aquella en la que se introducen todos los estados de carga correspondientes a ese vano (el que produce máxima flexión sobre el apoyo precedente, sobre el apoyo posterior y en el vano). Es decir, se cargarán el vano propiamente dicho y el posterior, el anterior y el vano propiamente dicho y por último el vano anterior y posterior.

pruebas complementarias podrán realizarse también en uno o más elementos de la construcción cuando exista sospecha sobre la calidad o comportamiento de dichos elementos.

Este tipo de pruebas no estará, por lo general, previsto en el Proyecto, aunque sí pueden figurar en el mismo algunos de los condicionantes que aconsejen su realización. En cada caso, y según las circunstancias que se presenten, se ejecutarán siguiendo las indicaciones del Director de la Obra y quedarán reflejadas en el Acta de la misma añadiéndolas a las pruebas previstas inicialmente.

4.2.6. Efectos ambientales.

Normalmente en el transcurso de la prueba se producirá una continua variación de las condiciones ambientales que afectará de dos formas al ensayo:

- Por las deformaciones (y, en el caso de estructuras hiperestáticas, esfuerzos) inducidas en la estructura.
- Por su influencia sobre los aparatos y sistemas de medida.

Con relación a estos últimos, durante la ejecución de las pruebas deberán protegerse convenientemente de la influencia del ambiente y tomar las precauciones necesarias para asegurar la máxima concordancia entre los valores reales y los resultados medidos.

Se tomarán los datos relativos a las variaciones que se produzcan durante las pruebas debidas a efectos ambientales. En particular, se anotará periódicamente la temperatura en la zonas que se estime necesario para poder evaluar su influencia sobre los resultados del ensayo, sobre todo en aquellas pruebas en las que, bien por la tipología y materiales de la obra o por los métodos de medida utilizados, los cambios de temperatura e insolación pudiera tener una influencia apreciable en los resultados.

Siempre que sea posible se deberían elegir para las pruebas de carga las horas del día más apropiadas, de forma que las condiciones ambientales influyan lo menos posible sobre el comportamiento de la estructura y del sistema de medida.

En cuanto a las deformaciones (y/o tensiones) inducidas en la propia estructura por efecto térmico, se recuerda lo indicado en el apartado d) Remanencias del punto 3.2.3 sobre la duración de las pruebas. Independientemente podrá recurrirse al empleo de sensores-testigo, sometidos al efecto ambiental, pero no al de las cargas de la prueba, para corregir las lecturas obtenidas. Se recuerda que en el caso de estructuras hiperestáticas, si se desea eliminar totalmente el efecto de las variaciones ambientales sobre el conjunto estructura-sistema de medida, será necesario que los citados sensores-testigo estén dispuestos sobre una estructura idéntica a la ensayada y sometida al mismo ambiente (temperatura, soleamiento, viento, etc.) pero no cargada.

Para el conjunto estructura-sistema de medida, se aconseja como norma de buena práctica efectuar uno o más ciclos de medida con la estructura descargada, para poder comprobar el correcto funcionamiento, viendo así la constancia de los resultados obtenidos, la influencia sobre las medidas de

cualquier tipo de factor externo ajeno a las cargas aplicadas (puede detectarse así muy fácilmente cuando, por ejemplo, influye en la toma de datos el viento racheado, vibraciones producidas por otros trabajos que se estén realizando en obra), así como una estimación de la precisión real del sistema de medida, alcanzada en las condiciones de ensayo existente.

4.3. Criterios de aceptación

Además de tener en cuenta los criterios hasta ahora expuestos, referentes a la estabilización de las medidas y al tratamiento de los valores remanentes, de forma general, y salvo justificación especial, se considerará que el resultado de la prueba es satisfactorio cuando se cumplan las siguientes condiciones especificadas en las "Recomendaciones para la realización de pruebas de carga de recepción en puentes de carretera":

- a) De acuerdo con la "Instrucción de hormigón estructural (EHE)", en el caso de estructuras de hormigón pretensado, las flechas máximas, obtenidas después de la estabilización, no superarán en más de un 10 % a los valores previstos en el Proyecto de la prueba. Se adoptará el mismo porcentaje para puentes metálicos. Si se trata de puentes de hormigón armado o mixtos, este porcentaje será del 15 %.

En el caso que los valores obtenidos sean inferiores al 60 % de los previstos, será necesario justificar esta disminución de la respuesta.

- b) Cuando se realicen pruebas simplificadas, se cumplirá lo siguiente:

En los vanos en los que se ha hecho la prueba de carga completa, será de aplicación lo expuesto en el apartado a) para la relación entre los valores registrados y los valores teóricos previstos.

En los vanos en los que se ha realizado la prueba de carga simplificada, los resultados obtenidos no deberán desviarse en más de un 10% de los del vano al cual se han asimilado, una vez introducida la corrección debida a la diferencia de luces.

Si en algún vano esta última condición no se cumple, deberá realizarse sobre el mismo la prueba de carga completa.

- g) La abertura de las fisuras producidas en el transcurso de la prueba, así como de las que permanezcan abiertas una vez retirada la carga, deberán estar en consonancia con los criterios recogidos en la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE) para la comprobación del estado límite de fisuración.
- h) No deberán aparecer signos de agotamiento de la capacidad portante en ninguna parte de la estructura.

A la vista de los resultados de cada estado de carga, el Director de la prueba podrá decidir su repetición si lo considera conveniente.

Excepcionalmente, y siempre que esté justificado, los límites que aquí figuran podrán ser modificados en el Proyecto de la prueba.

4.4. Magnitudes a medir.

Las magnitudes a medir en una prueba de carga serán las especificadas en el Proyecto de la misma, y serán aquellas que permitan deducir el correcto comportamiento de la obra frente a las solicitaciones producidas por los trenes de carga utilizados en los ensayos. Asimismo, el proyectista debe indicar los puntos de medida de la estructura en los que deban medirse las correspondientes magnitudes.

Las principales magnitudes que se pueden medir en una prueba de carga estática son:

- Desplazamientos verticales (flechas).
- Desplazamientos horizontales.
- Deformaciones unitarias.
- Giros.
- Movimiento en juntas.
- Anchura de fisuras.
- Temperatura.
- Humedad.

En el caso más habitual, en pruebas de carga de recepción de obra nueva, las medidas suelen ser los movimientos verticales en centro y cuarto de vano y en la línea de apoyos y estribos. Las "Recomendaciones para la realización de pruebas de carga de recepción en puentes de carretera" admite que no se midan los descensos en apoyos cuando se prevé obtener valores de poca importancia comparado con las flechas a alcanzar. Pero siempre que se pueda es conveniente realizar estas medidas ya que pueden aportar valores importantes a la hora de analizar los resultados obtenidos en la estructura. Tampoco sería necesario medir en apoyos cuando el valor previsto es del mismo orden o incluso inferior, a la precisión del sistema de medida en su conjunto (por ejemplo en el caso de que la medición se realice mediante nivelación topográfica).

El número de puntos de medida a realizar dependerán principalmente del ancho del tablero y del tipo de estructura. En el caso de secciones en cajón, es aconsejable disponer de más de un punto de medida, en función de la respuesta torsional prevista de la estructura. En el caso de tableros compuestos por vigas, lo aconsejable será disponer un mínimo de tres puntos, uno en la viga central y uno en cada viga de borde.

En el caso de puentes metálicos o mixtos, de tipos estructurales especiales, o en aquéllos en que el autor del proyecto así lo considere, se recomienda además medir deformaciones unitarias en el acero estructural en las secciones más significativas de la obra.

La mayor complejidad de la medida de deformaciones y sus limitaciones en el caso del hormigón hace que habitualmente se prescindiera de este tipo de medida en ensayos ordinarios.

4.5. Aparatos de medida. Transductores.

Un aparato de medida es un instrumento capaz de determinar los valores de una magnitud física mediante su comparación directa con unos ciertos patrones de medida, o mediante su conversión a otra magnitud física distinta (normalmente eléctrica) que permita establecer de forma más conveniente esta comparación.

Dentro de los aparatos de medida, un transductor es un instrumento que transforma las variaciones de una magnitud física (deformación, desplazamiento, etc.) en variaciones proporcionales de una magnitud eléctrica.

Los aparatos de medida deberán estar sancionados por la experiencia en pruebas similares. Deberán estar debidamente calibrados y deberán garantizar una apreciación mejor del 1% de los valores máximos esperados de las magnitudes a medir. En el caso de estructuras extremadamente rígidas en las que no pueda cumplirse esta condición, podrá elevarse el citado porcentaje, manteniéndose una mínima del orden de un 5% de los valores más pequeños esperados en los puntos más significativos. Normalmente, en los casos más habituales, los valores a esperar son del orden de milímetros. Es por ello que los aparatos de medida deben ser de una precisión del orden de centésimas de milímetro.

El rango de medida deberá ser como mínimo superior en un 50 % a los valores máximos esperados de dichas magnitudes.

Es recomendable que el equipo instrumental permita el registro automático de las medidas que se efectúan y su visualización en tiempo real. Esta característica será exigible en el caso de puentes con luces superiores a 60 m.

4.5.1. Medida de deformaciones.

La deformación es la magnitud que mayor información proporciona en relación con la tensión existente en un punto de la estructura.

Aunque existen numerosos sistemas para la medida de deformaciones, los más utilizados en pruebas de carga son los siguientes:

a) Extensómetros mecánicos.

Estos extensómetros se basan en la medida de la variación de la longitud de una base de medida L . Puesto que los valores de L que deben ser medidos son muy pequeños, los extensómetros de este tipo utilizan unos dispositivos mecánicos para lograr la amplificación de dicha variación de longitud de la base, y que pueda así ser detectada con precisión por el aparato.

Los extensómetros mecánicos, por lo general, operan apoyándose sobre la estructura en dos puntos fijos que constituyen los extremos de la base de medida. Los más utilizados actualmente son los denominados de amplificación mecánica sencilla, que constan de un pivote fijo y de otro móvil, midiéndose

mediante un reloj micrométrico el movimiento de uno respecto de otro. Sus bases de medida oscilan entre 5 y 200 cm.

Los extensómetros mecánicos son especialmente adecuados para medidas en obra de deformaciones sobre elementos de hormigón y sobre muros de ladrillo y mampostería, así como para la medida abertura de fisuras.

Ventajas

- Base de medida muy grande, lo que les hace adecuados para materiales heterogéneos (hormigón).
- Un mismo aparato puede realizar medidas en un gran número de puntos.
- Robustez y ligereza del aparato.
- No se ve afectado por las condiciones ambientales.
- Estabilidad en medidas a largo plazo.

Inconvenientes

- Lentitud de lectura.
- No es un transductor, por lo que no permite el registro ni la automatización de las lecturas.
- No es apto para las medidas dinámicas.
- Es preciso el acceso al punto de medida cada vez que es necesario realizar una lectura.



Fig. 15. Extensómetro mecánico

b) Galgas o bandas extensométricas

Las galgas extensométricas o bandas extensométricas (*strain gauges*) son toda una serie de transductores de deformación basados en la variación de la resistencia eléctrica de un hilo conductor al ser sometido a una deformación.

Fundamento

Una galga extensométrica es un hilo o lámina de material conductor que, sólidamente fijado sobre la pieza en un punto y dirección en el que se quiere medir la deformación, se deforma con ella y traduce dicha deformación en una variación correspondiente de resistencia eléctrica susceptible de ser medida.

La variación de resistencia viene dada por la expresión:

$$\frac{\Delta R}{R} = K_\varepsilon + [K(\alpha_2 - \alpha_1) + \beta]\Delta t^\circ$$

Donde:

ε = Deformación debida a las acciones mecánicas.

K = factor de galga.

$\alpha_1 \Delta t^\circ$ = deformación del hilo conductor debida a Δt°

$\alpha_2 \Delta t^\circ$ = deformación de la estructura debida a Δt°

$\beta \Delta t^\circ$ = variación unitaria de resistencia debida a Δt°

Δt° = variación de temperatura en el punto de medida.

R = resistencia eléctrica del hilo de la galga.

α_1, α_2 = coeficiente de dilatación térmica de la galga y de la estructura, respectivamente

El factor de galga K representa el factor de proporcionalidad entre la variación unitaria de resistencia y la deformación mecánica en ausencia de efectos térmicos. Suele tener un valor próximo a 2.

El primer sumando del segundo miembro de la expresión (K_ε) representa la variación unitaria de resistencia debida a las acciones mecánicas. El segundo sumando representa los efectos térmicos.

Para su correcto funcionamiento como transductor de deformaciones, la banda extensométrica debe pegarse firmemente a la estructura para que las deformaciones de ésta se transmitan al hilo conductor.

Tipología

La gama de bandas extensométricas existentes en el mercado es muy extensa, las más utilizadas en la ingeniería civil son las de hilo o lámina metálica.

La base de medida de la galga suele ser de aproximadamente 1 cm para materiales metálicos y de más de 10 cm para hormigones.

Ventajas

- Gran sensibilidad y precisión de la medida.
- Posibilidad de concentrar la medida en un entorno reducido de un punto de la estructura.
- Posibilidad de la medida a distancia y su automatización.
- Buena respuesta frente a efectos dinámicos y transitorios.
- Pueden operar en condiciones de temperaturas extremadas.

- Bajo costo del material (galga) por punto de medida.

Inconvenientes

- Base generalmente pequeña para medidas en hormigón.
- Sensibilidad del sistema a la humedad.
- Poca estabilidad en medidas a largo plazo.
- Necesidad de operarios especializados para su instalación.

Criterios básicos para seleccionar una banda extensométrica.

Hay tantas bandas extensométricas en el mercado que será preciso tener en cuenta una serie de criterios que permitan elegir la banda y pegamento más adecuado para una aplicación en concreto.

Reglas que pueden ayudar a elegir el grupo de bandas a elegir:

1. Si la distribución tensional es conocida podrán utilizarse galgas unidireccionales; en caso contrario se utilizarán rosetas que permitirán la medida en tres o más direcciones.
2. El tamaño de la base de medida de la banda estará en consonancia con la pieza estructural a estudiar y con un gradiente de deformaciones de un punto a otro de la estructura. En piezas de hormigón se recomienda la utilización de bases de medida del orden de 3 a 5 veces el tamaño máximo del árido.
3. La banda, el soporte y el pegamento deben poder operar a los niveles de temperatura y deformación previstos en el ensayo.
4. Si se trata de ensayos de larga duración, hay que tener en cuenta los efectos de fatiga sobre soporte y pegamento.
5. Los materiales de la estructura, soporte y pegamento deben ser compatibles.

Colocación de una galga extensométrica.

Hormigón

- Se deja la superficie lisa, uniforme y limpia, sin la lechada superficial del hormigón mediante lijado.
- Se dibuja el eje y la posición de la galga.
- Se distribuye el pegamento adecuado.
- Se toma la galga con un celo, para no tocarla con las manos, se posiciona y se aprieta fuertemente unos segundos sobre ella.

Acero

- Se deja la superficie lisa y fina mediante radial y lija fina.
- Se limpia de restos de grasa y polvo (con acetona).
- Se dibuja el eje y la posición de la galga.

- Se coge la galga con celo, se distribuye el pegamento adecuado, y apretamos la galga contra el perfil o barra de acero con los dedos durante aproximadamente un minuto.

En ambos casos se ha de comprobar la resistencia con un tester para verificar el correcto funcionamiento.

Sujetar el cable para evitar tirones con una brida y proteger la galga.

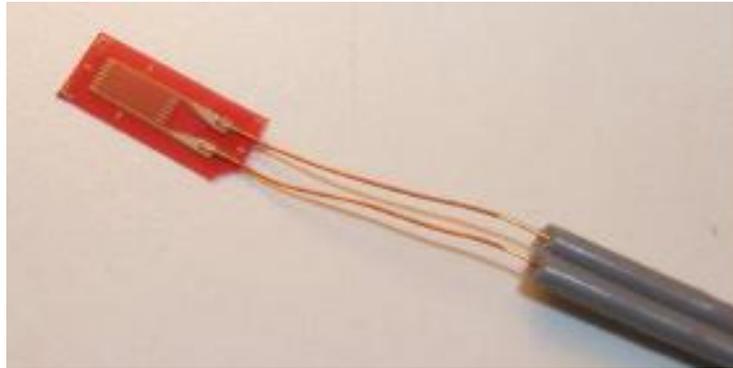


Fig. 16 Galga extensométrica



Fig. 17. Banda extensométrica colocada en una barra longitudinal

c) Adaptación de transductores de desplazamiento.

También podemos utilizar transductores de desplazamiento para la medición de deformaciones. Como por ejemplo los extensómetros de cuerda vibrante (ver Fig. 18)



Fig. 18. Extensómetro de cuerda vibrante (Encardio)

d) Fibra óptica.

El desarrollo de la tecnología de la fibra óptica en el ámbito de las comunicaciones ha llevado a un nivel de conocimientos que ha permitido aplicarla a sensores basados en fibras ópticas, prácticamente desconocidos antes del 1977.

Algunas de las ventajas son su mayor sensibilidad respecto a otras técnicas de medida, la versatilidad en las disposiciones geométricas posibles, la capacidad de detección de múltiples magnitudes físicas y químicas, la tolerancia de condiciones ambientales difíciles como pueden ser temperaturas elevadas o medios corrosivos.

Actualmente es una técnica moderna y, por tanto, aún no muy conocida, pero que ya se está empezando a usar en la instrumentación de viaductos. En un futuro no muy lejano podría ser muy útil en el campo de las pruebas de carga, ya que podría dejarse durante la construcción embebido un cable de fibra óptica en el tablero y, una vez ejecutada la estructura, conectando a un receptor, medir las deformaciones que se producen en la estructura cada vez que se necesiten datos de la misma.



Fig. 19. Distintos sensores de fibra óptica (FISO)

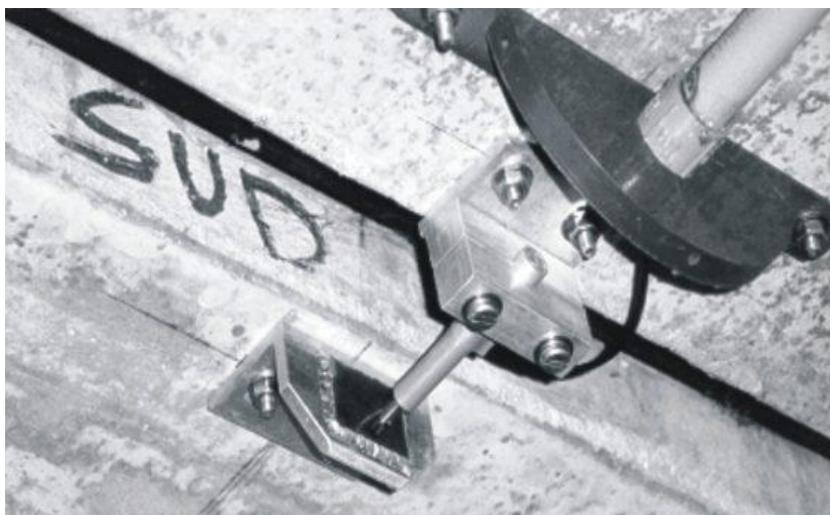


Fig. 20. Sensor de desplazamiento (FSI) como medidor de juntas.

4.5.2. Medida de desplazamientos.

Entre los aparatos de medida de desplazamientos utilizados en el Análisis Experimental de estructuras podemos encontrar dos tipos:

- Aparatos que dan la medida directa del desplazamiento por métodos ópticos o mecánicos.
- Aparatos de tipo transductor que transforman las variaciones de desplazamientos en variaciones de una magnitud eléctrica.

a) Métodos ópticos, mecánicos y mixtos.

Aparato topográfico. Nivelación

Si el terreno situado bajo el tablero de un puente es impracticable, ya sea porque el puente está situado sobre una corriente de agua, sobre una vía de tráfico o porque su altura es excesiva para la utilización de otros sistemas, se suele recurrir a métodos topográficos utilizando niveles de alta precisión con micrómetro. Estos niveles se sitúan, preferentemente en el terreno circundante al puente en la zona próxima a los estribos. No obstante, lo más frecuente en puentes de luces medianas y grandes o en el caso de puentes de varios tramos, es que la distancia de nivelación resulte demasiado grande para la precisión que se desea obtener, por lo que, aún no siendo la situación ideal, es preciso colocar estaciones de nivelación dentro del puente, normalmente sobre pilas y estribos.

Las lecturas se realizan sobre unas regletas sujetas a unos extremos de fijación sobre el punto del tablero en el que se pretende medir la flecha.

A veces, debido a la longitud de los vanos y al efecto de la pendiente longitudinal y transversal del tablero, es preciso situar los niveles dentro del propio vano, por lo que estarán sometidos a desplazamientos verticales y será preciso corregir las lecturas mediante lecturas adicionales realizadas sobre regletas de referencia situadas en puntos realmente fijos.

Los teodolitos y niveles permiten la determinación de los desplazamientos sufridos por una estructura entre dos estados de carga. Los teodolitos permiten la medida de cualquier tipo de desplazamiento mientras que los niveles proporcionan exclusivamente los desplazamientos verticales.

La sensibilidad máxima de estos instrumentos suele ser de 0,01 mm; no obstante, la precisión real de la medida dependerá fundamentalmente de las aplicaciones del sistema en cada caso concreto: distancia, visibilidad, efectos térmicos, etc.

El sistema de nivelación es económico y de rápida y sencilla instalación, pero tiene el inconveniente de que para distancias de lectura por encima de los 30m es menos preciso que otros métodos. La precisión depende también de forma fundamental de las condiciones ambientales en las que se realiza la prueba: lluvia, niebla, iluminación (esto nos impide trabajar en pruebas que por otros factores se han de realizar nocturnamente), viento, etc.



Fig.21. Nivel topográfico.

Relojes comparadores (flexímetros).

Son sistemas mecánicos que transforman, convenientemente amplificado, el movimiento de un vástago en el giro de la aguja sobre una escala circular graduada.

Aunque existen una cantidad de modelos con diferentes rangos y sensibilidades, los más utilizados en el análisis experimental de estructuras suelen tener rangos de 30 o 50 mm y sensibilidad de 0,01mm.



Fig.22. Reloj comparador mecánico

Sistemas basados en láser.

Existen en la actualidad varios sistemas basados en la utilización de la luz coherente láser para la medida y registro de desplazamientos. En unos modelos, los desplazamientos que pueden determinarse son exclusivamente verticales, mientras que en otros se pueden registrar todo tipo de desplazamientos.

El sistema de medida se basa en la instalación de un emisor de luz coherente ligado, según los sistemas, bien al punto móvil en el que se desea medir el desplazamiento, o bien a un punto fijo de referencia situado fuera de la estructura. El rayo de luz incide sobre un elemento de recepción de tipo fotosensible que permite determinar electrónicamente las variaciones de posición del punto de incidencia.

La resolución teórica suele ser de 0,1 mm y el sistema permite el registro continuo del desplazamiento del punto.



Fig. 23. Sistema de medida de flechas con láser (Intemac).

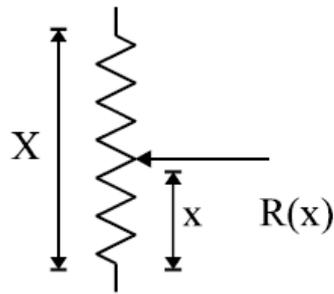
b) Transductores de desplazamiento.

Los transductores de desplazamiento pueden ser de tres tipos: resistivos, inductivos o capacitivos.

Resistivos

Los transductores de desplazamiento resistivo constan de un elemento resistivo y un contacto móvil. La tensión de salida se obtiene a partir de la aplicada, midiendo en el punto de contacto móvil con respecto a uno de sus extremos. El cuerpo cuyo movimiento se desea medir se conecta al contacto. Los cambios producidos en la tensión de salida guardan una relación lineal con los desplazamientos observados.

Los transductores de desplazamiento resistivo, conocidos como potenciómetros, son los más utilizados



$$R(x) = \frac{x}{X} R_0$$

Fig. 24. Funcionamiento de un potenciómetro lineal

Inductivos

Se basan en la variación de las características magnéticas de un circuito eléctrico en función del desplazamiento de un núcleo metálico o de uno de los devanados. Uno de los transductores inductivos más utilizados es el llamado LVDT.

Las ventajas del transductor así constituido son, entre otras, la ausencia de rozamiento entre núcleo y bobinas debido a la no existencia de contacto físico; la hermeticidad de los devanados; la elevada resolución, dependiente de la electrónica exterior, la repetibilidad del cero y la insensibilidad a movimientos transversales.



Fig. 25. Transductores de desplazamiento LVDT.

Capacitivos

Se basan en el efecto de la variación de la capacidad de un condensador eléctrico al variar la distancia entre las placas o su superficie. Son transductores de gran sensibilidad pero de muy pequeño rango de medida.

4.6. Sistema de adquisición de datos.

En las pruebas de carga la toma de datos se realiza por uno (o varios) de los métodos siguientes:

1. Lectura directa de los aparatos y anotación manual.
2. Sistema a través de tarjetas controladas por un ordenador.
3. Sistema automático o de conmutación autónomo.
4. Registro gráfico o magnético.

Normalmente suele utilizarse un sistema mixto en el que algunas magnitudes se leen de forma directa o manual y otras son registradas o leídas de forma automática.

Cuando hablamos de Sistemas de Adquisición de Datos, se hace referencia a aquellos equipos necesarios para la realización del registro de lecturas de múltiples sensores de tipo "transductor eléctrico", es decir, equipos cuya lectura se obtiene a través de la medida de variaciones de unas señales eléctricas de salida. Este es el caso de sensores de desplazamiento de tipo potenciométrico o extensométrico, LVDT, galgas o bandas, etc.

Un Sistema de Adquisición de Datos para la realización de ensayos de prueba de carga de estructuras debe permitir la adquisición, tratamiento y presentación de datos de un número mínimo de canales. Es aconsejable que este número no sea inferior a 32. Cada canal de lectura del equipo recibe, de forma completamente independiente, la señal de un sensor físicamente instalado para la medida de algún parámetro de la estructura, existiendo por tanto canales para la medida de desplazamientos, canales para la medida de deformaciones unitarias, canales para el seguimiento de fisuras, etc.

Los sistemas más utilizados en la actualidad son los controlados totalmente por un ordenador PC y constituidos por una tarjeta de adquisición instalada en el propio PC o en un elemento auxiliar.

Independientemente de los sensores, los elementos que constituyen un Sistema de Adquisición de Datos son los acondicionadores de señal, la tarjeta de adquisición, el ordenador de control y los elementos auxiliares como el sistema de conexión, el cableado y los sistemas de alimentación ininterrumpida y protecciones eléctricas adecuadas.

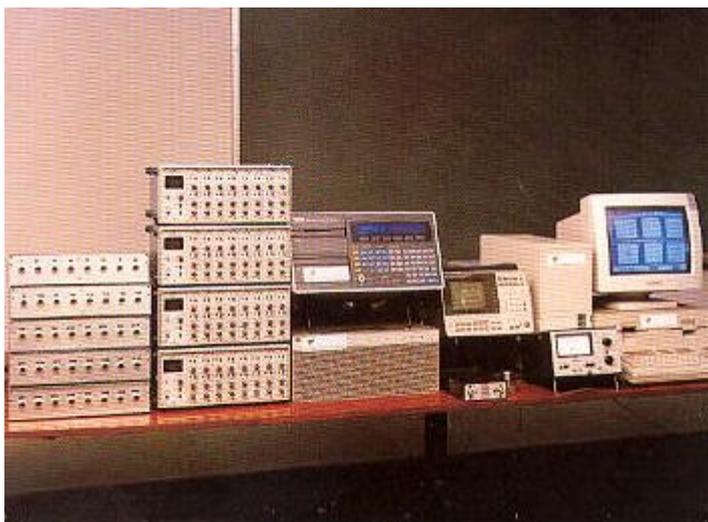


Fig. 26. Sistema de Adquisición de datos (Intemac)

4.6.1. Elementos básicos de un sistema de toma de datos.

a) Acondicionador de señal.

Los acondicionadores de señal de un Sistema de Adquisición de Datos son tarjetas electrónicas que reciben las señales eléctricas analógicas a través del cable tendido hasta cada sensor instalado (potenciómetro, galgas LVDT, ...). Su misión es acondicionar o normalizar las señales que se miden, generando una señal eléctrica normalizada entre unos valores tipo de voltaje que son recogidos por la tarjeta de adquisición de datos. En general, consisten en sistemas modulares, que dependiendo de su distribución dentro de la arquitectura del sistema se definen como de tipo distribuido (si recogen las señales por grupos de puntos de medida) o de tipo concentrado (si recogen las señales de todos los sensores en un mismo punto).

Es conveniente que cada acondicionador sirva, de forma completamente independiente, para un único sensor permitiendo ajustes de ganancia, margen de frecuencias y cero de salida. Los valores de ganancia responden a multiplicadores o divisores de la señal eléctrica con los que se ajustan los rangos de medida y precisión más adecuados. Los márgenes de frecuencia representan filtros a la señal eléctrica que se mide, evitando interferencias o ruidos de tipo eléctrico. Y por último, la función de cero de salida permite ajustar la lectura inicial de la señal eléctrica recibida del sensor, ampliando al máximo el rango de la escala eléctrica de medida. De esta forma se pueden definir equipos que se adapten a las necesidades concretas de cada estructura a controlar, seleccionando los sensores y acondicionadores más adecuados para la misma.

Cada una de las tarjetas acondicionadoras de señal presenta las siguientes características o componentes que es interesante reseñar:

- Desde la tarjeta se alimenta eléctricamente al sensor, generando una tensión determinada. En general, se dispone de 2 hilos del cable tendido hasta cada sensor para alimentar y otros 2 hilos del cable para confirmar la tensión que le llega al equipo, permitiendo compensar las pérdidas eléctricas por longitud del cable tendido. Dependiendo del

sistema de medida y del tipo de sensores elegido, se establecen distancias máximas de cableado entre sensores y tarjetas acondicionadoras, que en cualquier caso no deberían ser inferiores a 100 metros por cuestiones de operatividad.

- La tarjeta incorpora un amplificador de la señal eléctrica de medida que recibe. Éste debe ser un componente de alta precisión que además realice automáticamente las compensaciones necesarias de las posibles derivas del resto de los componentes de la electrónica. En algunos casos, dependiendo del tipo de prueba a realizar, las ampliificaciones se llevan a cabo en corriente continua o alterna de "baja frecuencia". De esta forma se evitan errores típicos de deriva debidos a las variaciones térmicas en las electrónicas para corrientes continuas en las que las ampliificaciones son muy elevadas.
- Es conveniente que incorporen los componentes para efectuar lo que se denomina el "autocero" o "corrección de offset". Es decir, recibida la señal eléctrica inicial se corrige hasta un valor tal que permita el máximo rango de medida de la tarjeta de adquisición. Cuando se le indica el autocero, se genera la tensión adecuada para que la salida de señal de la tarjeta de adquisición sea de cero voltios. En algunos casos, también se dotan de un ajuste fino de la ganancia para que al introducir un desequilibrio (dependiendo del valor seleccionado) se genere una tensión de salida de un voltaje determinado, permitiendo efectuar procesos de calibración de equipos de forma semiautomática en campo.
- Los filtros hardware que incorporan las tarjetas acondicionadoras de señal son un elemento fundamental para eliminar "ruidos" eléctricos ajenos a la señal de la medida que se recibe del sensor. Estos mismos ruidos son los que en determinadas circunstancias aconsejan que la arquitectura de la red de medida sea de tipo distribuido, ya que una vez que la señal de entrada del sensor es acondicionada por la tarjeta, la señal de salida tiene un rango de voltaje mucho mayor y en consecuencia más inmune a las interferencias eléctricas exteriores. En un equipo de ensayo donde el interés se centra en la reproducción más exacta posible de la señal de medida que produce el comportamiento en el punto de control, no se debe olvidar que la máxima frecuencia que se va a medir debe de ser al menos 3 veces menor que el valor del filtro elegido, para que las distorsiones en las medidas sean mínimas.
- La denominada etapa de la tarjeta acondicionadora de señal tiene como única misión dar suficiente potencia para enviar la señal a la tarjeta de adquisición de datos del ordenador de control, así como proteger contra eventuales cortocircuitos eléctricos en la red.
- Los chasis o armarios en los que se instalan las tarjetas acondicionadoras suelen llevar incorporada la fuente de alimentación en general que genera, a partir de la alimentación del bus, las tensiones necesarias para el manejo de la electrónica de las tarjetas. Teniendo en cuenta la autonomía de la que se debe dotar un equipo de ensayo desde el punto de vista de la alimentación eléctrica, es

importante indicar la necesidad de que en todo el proceso se optimice el consumo.

b) Tarjeta de adquisición de datos.

El Sistema de Adquisición de Datos suele estar comandado por un ordenador de control que incorpora una tarjeta de adquisición de datos que recoge las señales eléctricas de cada uno de los sensores físicamente instalados, ya realizados los acondicionamientos de señal correspondientes.

Como características generales que se deberán verificar en las tarjetas de adquisición de datos se pueden señalar las siguientes:

- La velocidad de muestreo de la tarjeta indica el número de lecturas de la señal eléctrica que es posible realizar en cada uno de los sensores de la red de medida. Este factor suele ser determinante en el caso de la realización de ensayos de tipo dinámico, y no es tan decisivo en el caso de registros para ensayos estáticos, donde velocidades de lectura de una muestra por segundo son fácilmente aplicables y alcanzables para cualquier tarjeta de tipo estándar.
- Número de canales físicos de medida, es decir, el número de puntos de control que se pueden leer al mismo tiempo durante la realización de un ensayo. Para este aspecto no se debe olvidar la posibilidad de incorporar un multiplexor. Este dispositivo hardware permite que un mismo canal de medida de la tarjeta pueda realizar el registro de varios sensores de medida. En general, las tarjetas de adquisición se comercializan con configuraciones estándar de 16, 32 o 64 canales de medida.
- Entradas digitales que permitan emplear sistemas de inicio / detención de ensayos de forma "automática", mediante dispositivos tales como células fotoeléctricas, palpadores mecánicos, etc. Los sistemas de inicio/detención automática de ensayo (trigger) se pueden resolver independiente y redundantemente mediante algoritmos (tipo umbral o media larga/media corta) programados en el software de control.
- De la misma forma que las tarjetas acondicionadoras de señal incorporan ganancias de hardware para la amplificación o mejora de rangos y precisiones durante la medida de la señal eléctrica de los sensores, las tarjetas de adquisición de datos permiten ajustar ganancias programables mediante software. De esta forma, se puede aumentar la flexibilidad para mejorar las prestaciones en rango y precisión de las medidas.
- El convertidor analógico/digital (A/D) de la tarjeta de adquisición de datos tiene como misión recibir la señal analógica acondicionada de los sensores de medida y transformarla en una señal digitalizada. Esta transformación puede ser más o menos precisa en función del número de bits del convertidor. En general y de forma estándar, se trabaja con convertidores A/D de 12 bits o de 16 bits, teniendo en cuenta que las tarjetas con mayor número de bits son más precisas, aunque suelen

recoger un menor número de canales de medida y sus velocidades máximas de muestreo son igualmente menores.

c) Ordenador de control

El ordenador de control es el elemento que realiza el registro, almacenamiento, tratamiento y la presentación de datos. En definitiva, es el componente del Sistema de Adquisición de Datos que gestiona la adquisición de datos controlando el flujo de información que se recoge de la tarjeta de registro. El registro de datos se lleva a cabo en un disco duro de la unidad y la presentación de la información por pantalla, generalmente.

Las configuraciones actuales de ordenadores que se comercializan cumplen sobradamente con las características necesarias para comandar, gestionar y resolver una adquisición de datos de este tipo. Principalmente, la elección se debe centrar en factores de tipo más funcional que de capacidad o potencia; así pues, es importante atender a la durabilidad de componentes, estabilidad y fiabilidad de funcionamiento en condiciones ambientales normalmente "duras", capacidad de disco duro para el almacenamiento de diferentes ensayos en diferentes localizaciones, facilidad de recuperación y copias de seguridad de datos de los registros

d) Elementos auxiliares.

Como elementos auxiliares del Sistema de Adquisición de Datos se deben considerar una serie de componentes, que no siendo estrictamente necesarios para la funcionalidad del sistema de adquisición, sí son importantes desde el punto de vista de la durabilidad y fiabilidad del equipamiento durante la realización de los ensayos. Entre estos se pueden señalar la interconexión, el cableado y los sistemas de alimentación eléctrica y protecciones.

Todos los conectores, aéreos en terminales de cables o de chasis de paneles y sensores, que se empleen en el equipo de medida deben cumplir especificaciones que aseguren la fiabilidad de la conexión aún en situaciones ambientales adversas (lluvia, bajas temperaturas, etc...). Se debe tener en cuenta que normalmente las instalaciones de control que se realizan para las pruebas de carga son provisionales, desmontándose al finalizar los ensayos, trasladándose a otra estructura y volviendo a repetir todo el proceso. Esto conlleva consideraciones especiales en cuanto a facilidad de manejo, protecciones mecánicas de uso y posibles desgastes que puedan sufrir por el uso continuo, sin afectar a la calidad de la señal que se encargan de transmitir.

El diseño del sistema de cableado debe ser versátil y flexible por cuanto se tendrá que adaptar a muy diferentes configuraciones de instrumentación. Igualmente debe contar con características especiales de durabilidad mecánica, facilidad de manejo de longitudes hasta 100 m. de distancia del sensor y cumplir con requisitos de apantallamiento eléctrico de protección de la señal que transmiten frente a perturbaciones eléctricas.

Es importante que el Sistema de Adquisición de Datos cuente además con una unidad de sistema de alimentación ininterrumpida (S.A.I) para prevención de fallos en el suministro eléctrico, que normalmente será mediante grupo electrógeno, con autonomía suficiente para permitir que el cierre de programas

de control se realice de forma correcta sin perder información de los ensayos y, por último, no dañar eléctricamente los componentes del sistema.

4.6.2. Recogida y tratamientos de registros.

Un Sistema de Adquisición de Datos requiere el empleo de un soporte software en el ordenador de control que sea capaz de recibir, ordenar y presentar, de forma rápida y sencilla en tiempo real, el volumen de datos que se genera a las velocidades de muestreo contempladas. En este sentido, es conveniente contar con una herramienta que realice las funciones de adquisición, registro y visualización de datos, utilizando entornos propios para este tipo de aplicaciones, especialmente diseñadas para el trabajo con Sistemas de Adquisición de Datos y control de sensores con señal de salida eléctrica de instrumentación.

Se debe contar con una estructura de programa eficaz para el cumplimiento de los objetivos marcados, referentes a rapidez en la gestión de datos y sencillez de manejo por parte del usuario. Normalmente corresponden a aplicaciones "personalizadas" en cuanto a visualizaciones, presentación de informes de resultados con determinados formatos, cálculo de parámetros significativos en tiempo real, fuente de decisión, etc.

De esta forma, se podría definir, a rasgos muy generales, una posible estructura de software para la recogida y tratamiento de registros para el control y seguimiento de la instrumentación que se instala en los ensayos de prueba de carga con un esquema que comprendería los siguientes módulos: Gestión de configuraciones, Calibración, Adquisición, Edición de registros y Utilidades.

La gestión de configuraciones conllevaría la definición de la base de datos de los sensores que intervienen en un determinado ensayo de prueba de carga, contando con la posibilidad de definir sensores físicamente instalados o sensores calculados, que corresponderían a valores obtenidos a partir de la aplicación de funciones de cálculo en las que intervienen varios de los sensores físicos, como por ejemplo flechas netas, valores promedio de flecha de vano, valores de momento de sollicitación, rigidez real de tablero, etc.

La base de datos incorporaría información relativa a identificaciones, nombre, tipo de sensor, inicialización, canal de medida usado, tarjeta de adquisición, valores previstos en el Proyecto de Prueba de carga para cada fase de carga en el ensayo, valores máximos, etc. Cada sensor llevaría asociada una fórmula de cálculo, definida independientemente, que se aplicaría a la señal eléctrica de la medida de cada sensor para su conversión en unidades de ingeniería, y por tanto en valores realmente interpretables y entendibles por el usuario.

En la base de datos se incorporarían una serie de parámetros generales comunes a cualquiera de los procesos que se desarrollan en el programa, como por ejemplo porcentajes admitidos respecto a valores teóricos esperados, porcentajes admitidos para aceptar la estabilidad de incremento de magnitudes medidas, porcentajes admitidos para recuperación de flechas y valores máximos o mínimos para definir las escalas graficas de las representaciones, tanto de las curvas que se generen en tiempo real como de las que pertenezcan a archivos históricos.

El módulo de Calibración permitirá tomar lecturas de las señales eléctricas de los sensores previa aplicación de deformaciones o desplazamientos conocidos, obteniendo de forma automática la relación entre unidades eléctricas y unidades de ingeniería en la instalación de campo. Cuando los coeficientes se calculan en campo, quedan integradas todas las pérdidas o ganancias del sistema eléctrico por cualquier factor externo ambiental o eléctrico, o interno de tipo electrónico.

El módulo de Adquisición controla la grabación de datos en los registros de histórico, definiendo el tipo de prueba, el nombre del fichero que se graba, el lugar de almacenamiento en el disco duro, y la velocidad de muestreo. Así mismo, permitirá activar o desactivar los dispositivos de trigger hardware o software, configurar tiempos de evento, etc.

Teniendo en cuenta que este tipo de sistema de adquisición de datos permite visualizar datos de los riesgos en tiempo real, numérica o gráficamente, se pueden generar pantallas de visualización de los ensayos en las que se presente información referente a identificación del punto de medida, lectura en unidades de ingeniería, porcentaje alcanzado sobre el valor teórico esperado durante la fase de carga, o porcentaje de recuperación durante la fase de descarga, porcentaje de la pendiente para la estabilización de lecturas en la fase de carga o descarga de acuerdo a la Normativa o Recomendaciones vigentes, marcando valores de aviso o alarma en caso de que las lecturas adquiridas alcancen los valores previstos previamente calculados.

El módulo de edición de registros permitirá editar archivos de los registros en forma numérica o gráfica, visualizando uno o varios sensores o valores de parámetros de cálculo más complejos. Al igual que en cualquier otro programa similar existirá la posibilidad de visualizar los valores y gráficos de pruebas realizadas con anterioridad en estructuras distintas, pudiendo establecer criterios comparativos, etc. Para la visualización de los gráficos se incorporan herramientas de gran utilidad para efectuar preanálisis de resultados, tales como visualizar regiones ampliadas de las curvas de registro (zoom), o conocer los valores coordenados de un punto concreto.

4.6.3. Sistema de toma de datos autónomo.

Con la misma filosofía del sistema descrito anteriormente existen sistemas autónomos que incluyen en uno o varios módulos las diferentes etapas ya comentadas: acondicionamiento, conmutación, conversión analógico/digital y almacenamiento.

Los sistemas llevan microprocesadores que permiten la programación y ajuste de las características y secuencia de toma de datos y son conectables a un ordenador para transferencia y análisis de datos. Asimismo admiten el control remoto.

Estos sistemas tienden, por lo general, a ser utilizados para gran número de canales de medida y bajas frecuencias de muestreo como es el caso de los ensayos de prueba de carga estática.

4.6.4. Sistema de registro.

Hace años, cuando no existían los ordenadores personales ni los sistemas de comunicación automática, la única forma de realizar toma de datos en los ensayos en los que se requiere el conocimiento de la historia temporal de la respuesta de la estructura, como ocurre con los ensayos dinámicos, era el registro analógico de las señales. Los registradores utilizados en los primeros ensayos de puentes metálicos de ferrocarril en España eran de tipo galvanométrico con registro sobre papel sensible a la luz ultravioleta. Sobre estos registros se medía directamente la amplitud y se estimaba cuando era posible la frecuencia de las señales.

Actualmente los registradores en cinta magnética han quedado obsoletos, ya que el propio ordenador registra toda la información.

CAPÍTULO 5.

APLICACIÓN A UN CASO REAL. PRUEBA DE CARGA ESTÁTICA EN VIADUCTO S/N-320 (LAV-LEVANTE)

5.1. Descripción de la estructura

Ubicación de la estructura

La estructura que se va a ensayar se encuentra en la Línea de Alta Velocidad Madrid – Castilla La Mancha – Comunidad Valenciana – Región de Murcia, Tramo: Olalla – Arcas del Villar.

El 24 de febrero de 2006 el Consejo de Ministros autorizó al Ministerio de Fomento a licitar las obras de Construcción de plataforma de vía en tres nuevos tramos de la Línea de Alta Velocidad Madrid – Castilla la Mancha – Comunidad Valencia – Región de Murcia, localizados todos ellos en la provincia de Cuenca (véase nota de prensa en Anexo B). El presupuesto de licitación total asciende a 318.480.056,20 €.



Fig.27. Ubicación de la estructura. Tramo: Olalla- Arcas del Villar

Tramo: Olalla – Arcas del Villar

Este tramo se está ejecutando actualmente por la constructora Vías y Construcciones S.A. y tiene una longitud de 10,6 km. Discurre por los municipios de Villar de Olalla, Cuenca y Arcas del Villar. En su trazado se incluye la ampliación de plataforma para el haz de vías de la futura estación de Cuenca. Cuenta con un presupuesto de licitación de 103.891.646,02 €. El plazo de ejecución de las obras es de 39 meses.

Como elementos singulares en este tramo hay que destacar el viaducto sobre la N-320 (estructura a la cual se le realiza la prueba de carga estática) y el túnel del Bosque, de doble vía y 3.128 m. de longitud.

Características de la estructura

Se trata de un viaducto sobre la carretera N-320 con tablero de sección cajón unicelular compuesta por cinco vanos con una longitud total de 184.0 metros. Los vanos extremos tienen una longitud de 32m y los 3 vanos centrales tienen una longitud de 40m cada uno.

5.2. Descripción de los equipos a utilizar.

5.2.1. Transductores de desplazamiento.

Para la medida de flechas se utilizan transductores lineales de desplazamiento. Se entiende por transductor lineal aquel en el que existe una proporcionalidad entre el parámetro medido y la señal eléctrica proporcionada por éste.

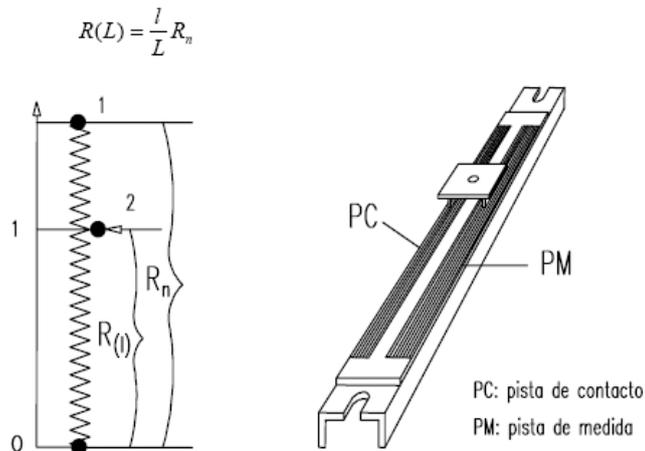


Fig. 28. Esquema de regla potenciométrica

Se usan potenciómetros de desplazamiento rectilíneo, también llamados reglas potenciométricas, que son transductores consistentes en una pista recta y entera de resistencia constante formada por un hilo conductor. Por encima de ella, se mueve un cursor que da la medida en voltaje respecto a la tierra, figura 28.

Los transductores de desplazamiento de tipo resistivo de la marca "ELAP", modelo "PLS 150" (ver fig.29), proporcionan una señal eléctrica entre 0 y 10 voltios y tienen una carrera total de 150 m. Su error de linealidad, diferencia entre la tensión eléctrica obtenida y la que correspondería a la sensibilidad nominal del transductor, es del 0.075%.



Fig.29. Transductor de desplazamiento ELAP

Los transductores de desplazamiento están conectados mediante cable eléctrico de 3 hilos apantallado y conectores de 3 pines con prolongador macho.

Se conectan mediante cable eléctrico del mismo tipo y conector hembra en un extremo y macho en el otro, enrollados en bobinas de unos 50 m. para facilitar su transporte y manejo a la hora de realizar las pruebas de carga.

Los transductores de desplazamiento van conectados a una caja de conexiones de 32 puntos de lectura mediante conectores Sub-d.



Fig. 30. Caja de conexiones de 32 canales y bobinas de cable

5.2.2. Acondicionamiento, almacenamiento y tratamiento de la señal

a) Módulo de Adquisición de Datos y Acondicionador de Señal

Las señales analógicas procedentes de los transductores se envían al módulo de adquisición de datos "NI 9205", que transforma las señales analógicas en digitales. El módulo de adquisición está preparado para la lectura simultánea de datos de hasta 32 sensores diferentes y permite transferir al ordenador hasta 250.000 datos por segundo. Dicho módulo está contenido en un chasis modelo "compactDAQ 9172". Tanto el módulo de adquisición de datos como el chasis son de la marca "National Instruments", fig. 31. Finalmente los datos son transferidos a un ordenador portátil vía USB.



Fig. 31. Módulo NI 0205 y chasis CompaqDAQ 9172 de National Instruments

b) Sistema de Visualización y tratamiento de datos.

Los datos son transferidos a un ordenador portátil diseñado para trabajos de campo (ver fig. 32)



Fig. 32 Portátil de campo Pace Blade RD500 SR 10.4" TFT

Los datos transferidos al ordenador son almacenados en un archivo de texto. Simultáneamente el programa desarrollado con el software "Labview v7.0" permite el tratamiento, la monitorización y el análisis en tiempo real de las señales proporcionadas por los sensores

LabView (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench), de National Instruments, es un sistema de programación gráfico diseñado para el desarrollo de distintas aplicaciones como el análisis de datos, la adquisición de datos y el control de instrumentos.

Para el caso concreto de esta prueba de carga se ha desarrollado un programa específico creado con LabView 7.1.

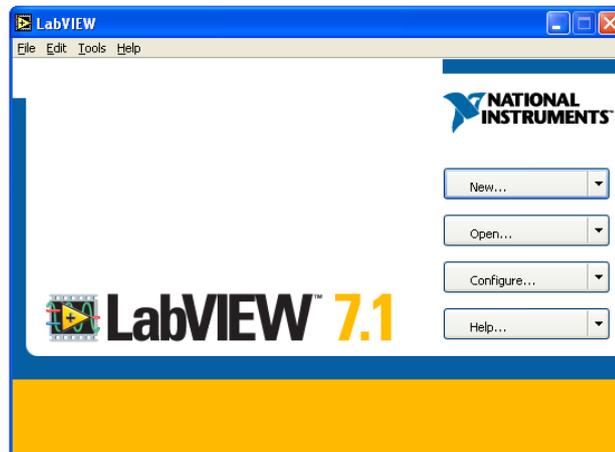


Fig. 33. Pantalla inicio programa LabView 7.1.

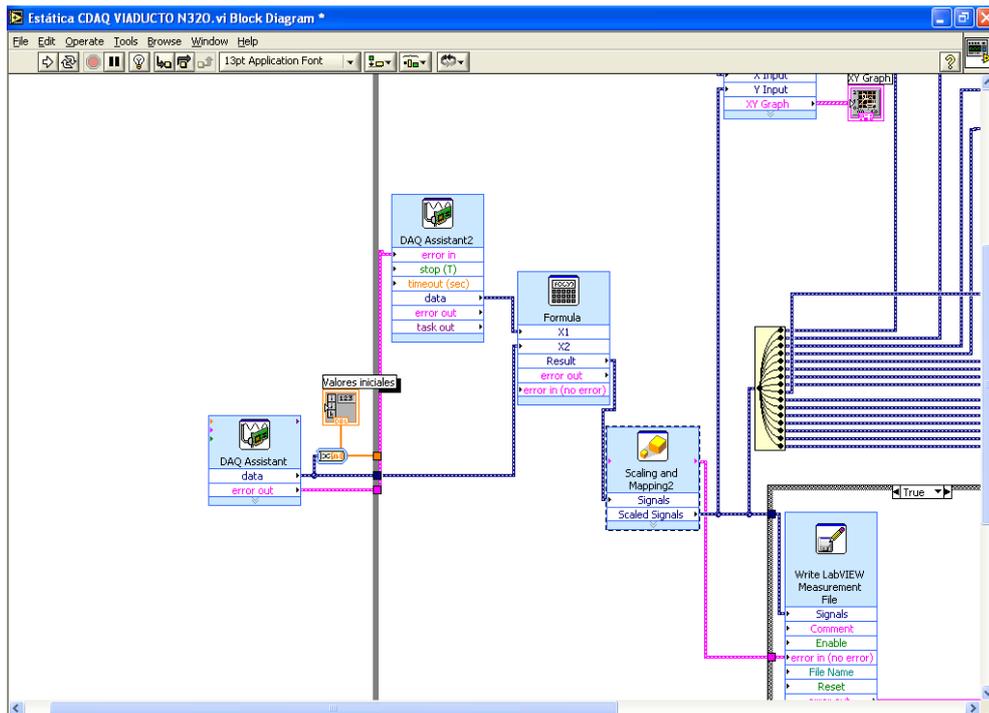


Fig. 34. Diagrama de funcionamiento del programa.

Las funciones básicas del programa son:

- Configuración del Módulo de Adquisición de Datos especificando entrada de la señal del transductor de desplazamiento (voltios), rangos y canales conectados

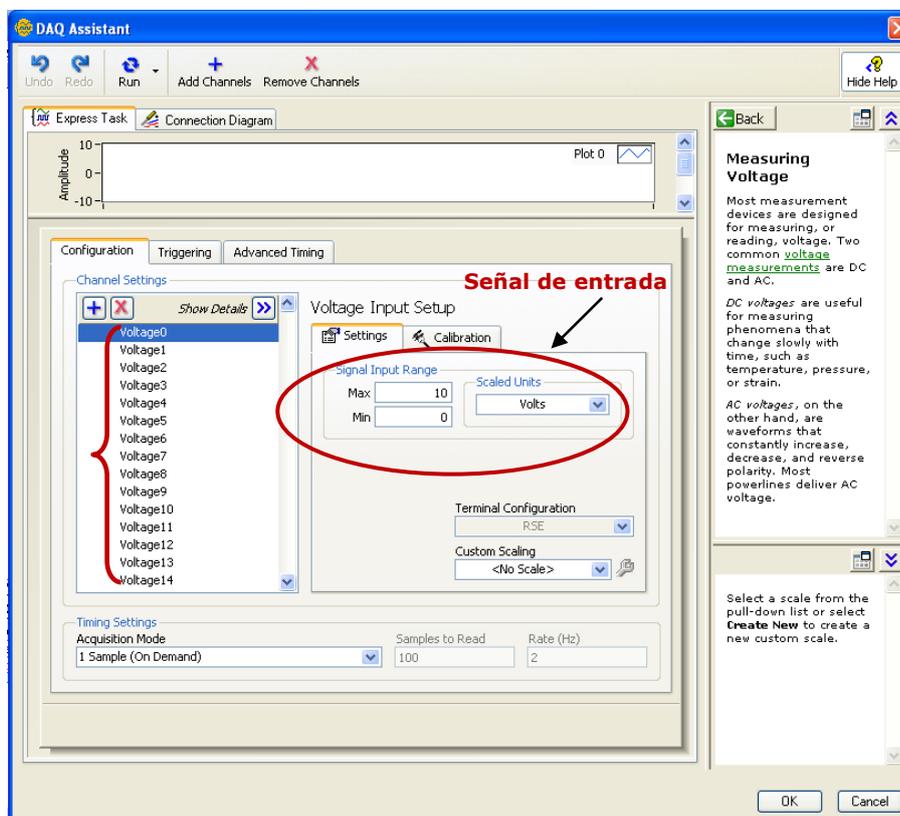


Fig. 35. Configuración del Módulo de Adquisición de Datos

- Compara los datos de entrada en cada momento y les resta el primer dato tomado (siendo este el cero en esa lectura), para obtener la lectura real en cada instante de tiempo.

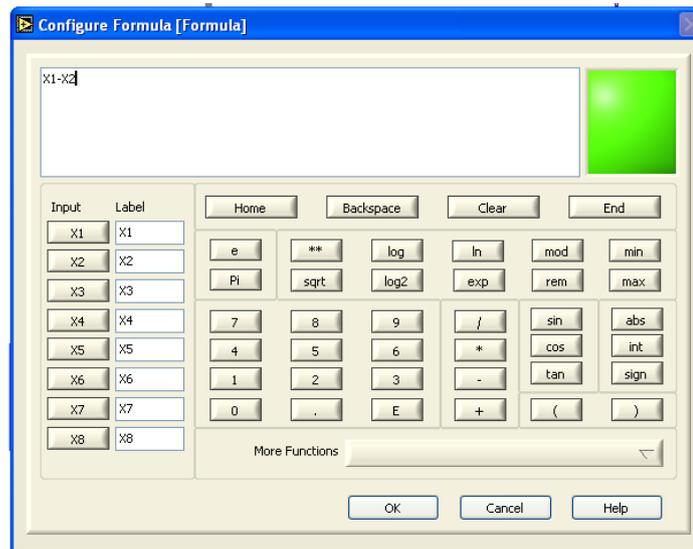


Fig. 36. Fórmula para obtener valor real en cada instante (voltios).

- Se escala la señal obtenida linealmente, de voltios (0 a 10 voltios) a mm (rango del transductor de desplazamiento de 0 a 150 mm).

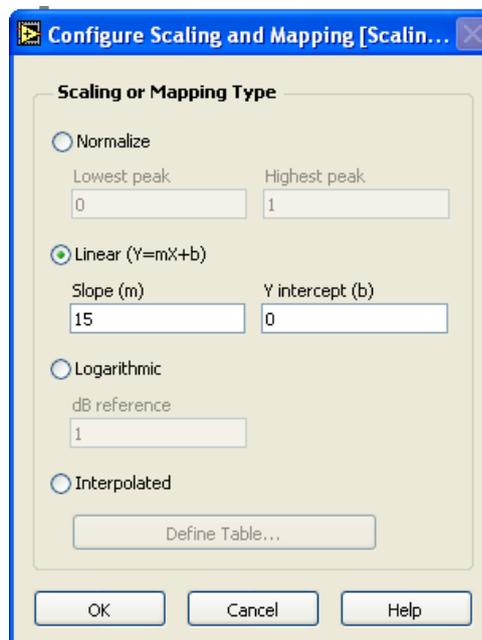


Fig. 37. Escala lineal de la señal.

- Una vez tenemos la señal escalada en mm, ésta sigue 2 caminos, se almacena en un archivo de datos y se ve en tiempo real en gráfica en pantalla.

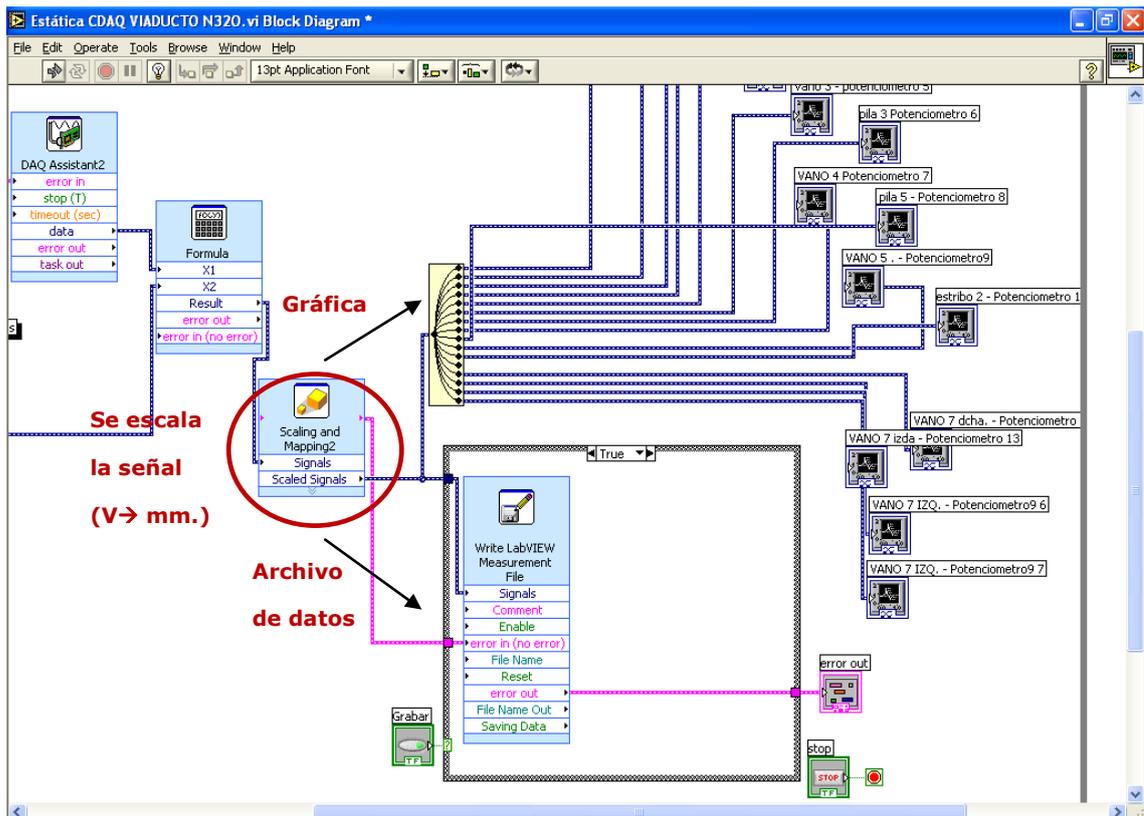


Fig. 38. Diagrama del camino de la señal una vez escalada.

- Una vez tenemos la señal en mm, ésta se almacena en un archivo en el cual se transcriben todos los valores obtenidos en cada instante de tiempo.

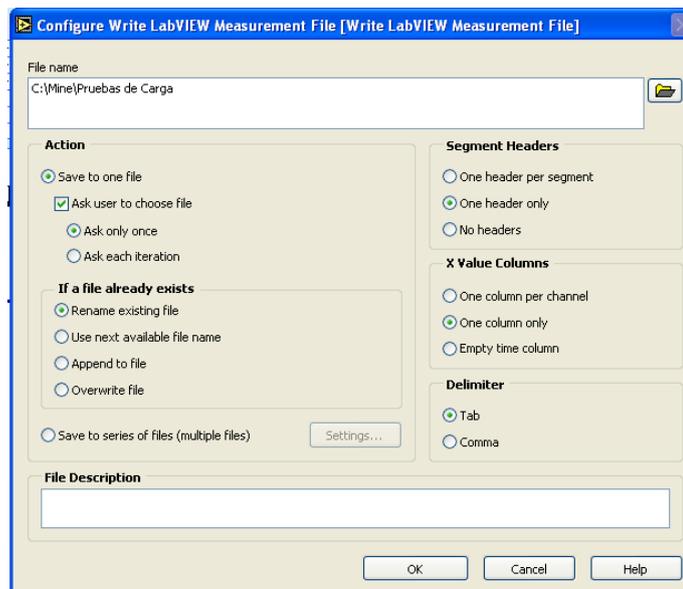


Fig. 39. Configuración del escritor del programa.

- A la vez que transcribe los datos a un archivo en tiempo real nos muestra en pantalla los mismos datos en gráficas (ver fig. 41. pantalla en tiempo real)

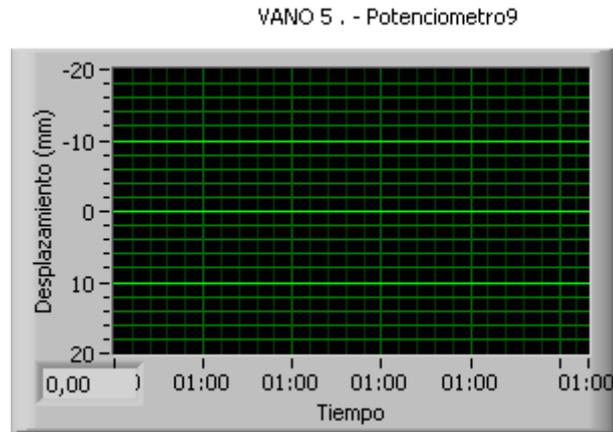


Fig. 40. Ejemplo de gráfica que vemos en tiempo real.

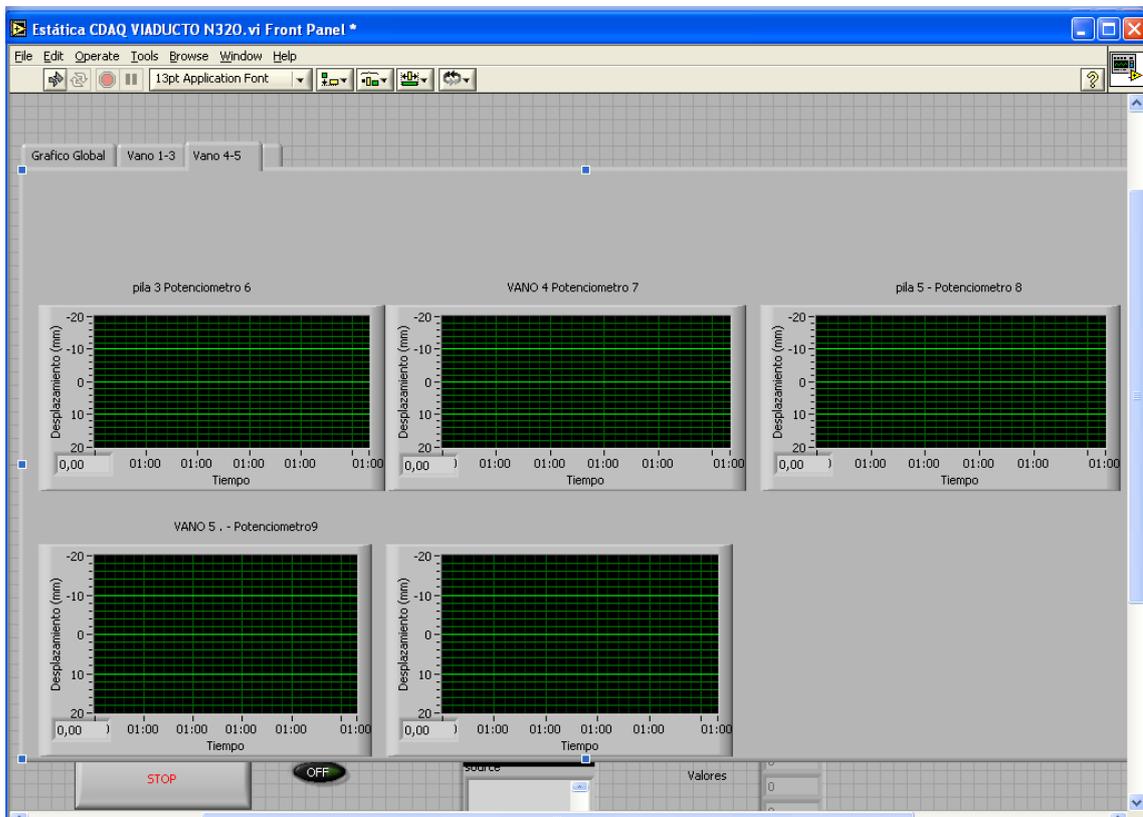


Fig. 41. Pantalla en tiempo real.

- Se han creado diferentes botones, tanto para parar el funcionamiento del programa (fig.42.) como para indicar cuándo nos interesa que se graben datos o no (fig. 43.), ya que por ejemplo cuando se hacen pruebas o se comprueba que los transductores funcionan correctamente no nos es necesario que se nos guarde un archivo de datos.



Fig. 42. Botón para grabar datos →crea el archivo de escritura y lo guarda.



Fig.43. Para parar el funcionamiento del programa.

Con los datos que se obtienen del programa tanto escritos como visualizados en tiempo real se puede analizar correctamente los resultados obtenidos una vez realizada la prueba de carga y en tiempo real detectar anomalías a simple vista.

5.2.3. Elementos auxiliares.

Para la realización de la prueba de carga se colocarán los transductores de desplazamiento en los puntos de medida marcados en el proyecto de prueba de carga estática (también se puede ver en la Fig. 45 Esquema posición de los transductores).

Los transductores de desplazamiento van colocados en unas bases fijas sobre el terreno que se pueden nivelar mediante 3 tornillos; colocados en la parte inferior de la base. El transductor se fija a la base mediante una chapa de agarre de espesor 5 mm que sujeta el transductor en posición vertical a la base fijándolo con 2 tornillos hexagonales y 2 tuercas palomilla (véase plano de la base en Anejo C.2.2).

A fin de medir las flechas en la prueba de carga se coloca un cable de acero trenzado de diámetro 2 mm fijado a la parte inferior de la estructura con un sistema de grapas. Este cable sujeta un peso (véase plano del peso en Anexo C.2.1) de diámetro 60 mm y longitud 240 mm mediante una arandela colocada sobre el transductor de desplazamiento. El sistema permite que el movimiento de flecha producido en el tablero se transmita al peso situado en la base de sujeción y transmite el desplazamiento al transductor de desplazamiento.

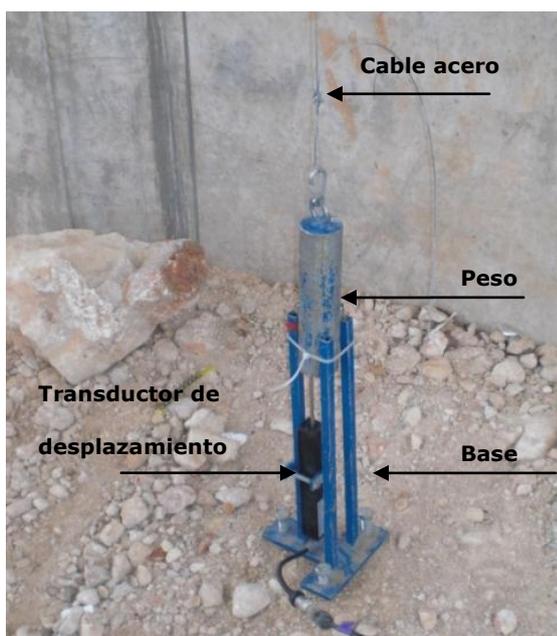


Fig. 44. Conjunto formado por peso, potenciómetro y base de potenciómetro

5.3. Puntos a instrumentar.

Se colocaron un total de 9 transductores, situando uno en cada centro de vano, y en cada pila para medir la deformación de los apoyos. En el esquema adjunto se indica la posición de los transductores durante las pruebas de carga, véase fig. 45.



 Potenciómetro

Fig. 45 Esquema posición de los transductores

En el vano central fue más complicada la colocación del potenciómetro ya que el vano central del viaducto atraviesa la carretera N-320. El punto a instrumentar coincidía con la separación de carriles de la vía y por tanto se tuvo que desviar el tráfico hacia los arcenes de la vía (véase fig. 46). El resto de potenciómetros a colocar eran de fácil acceso.



Fig. 46. Desvío del tráfico hacia los arcenes para la colocación del potenciómetro en centro del vano 3.

5.4. Hipótesis de carga.(Ciclos de carga)

Se realizaron las siete hipótesis de carga descritas en el Proyecto de prueba de carga. Para su materialización se contó con 24 camiones de tres ejes con un peso aproximado de 26 tn.

Las hipótesis de prueba de carga consistieron en:

Hipótesis 1: nueve camiones en el vano 1 y doce camiones en el vano 2 (véase fig. 47).

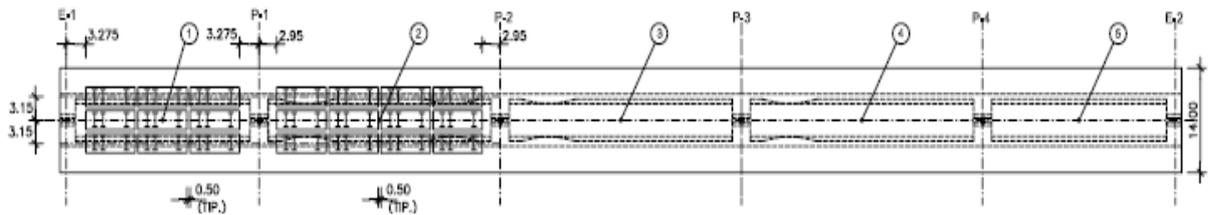


Fig. 47. Ciclo de carga en hipótesis 1

Hipótesis 2: nueve camiones en el vano 1 y doce camiones en el vano 3 (ver figura 48).

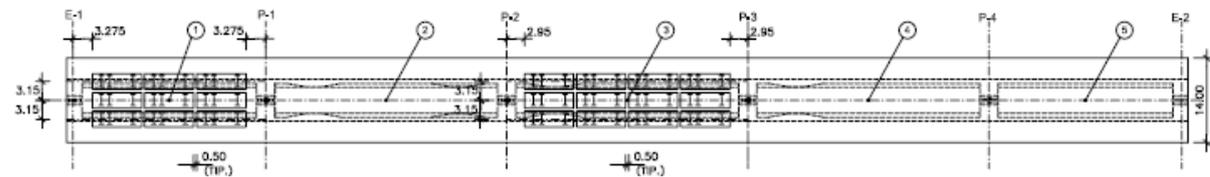


Fig. 48. Ciclo de carga en hipótesis 2

Hipótesis 3: doce camiones en el vano 2 y doce camiones en el vano 3 (ver fig.49).

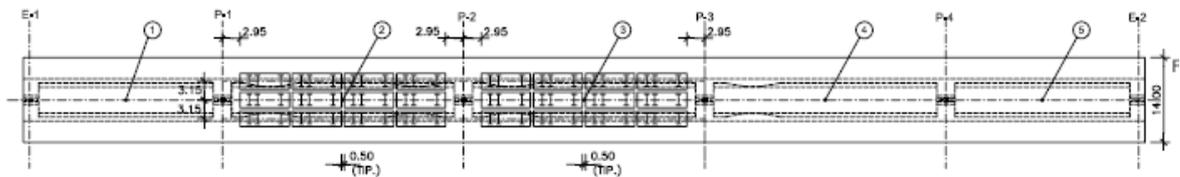


Fig. 49. Ciclo de carga en hipótesis 3

Hipótesis 4: doce camiones en el vano 2 y doce camiones en el vano 4. (ver fig.50).

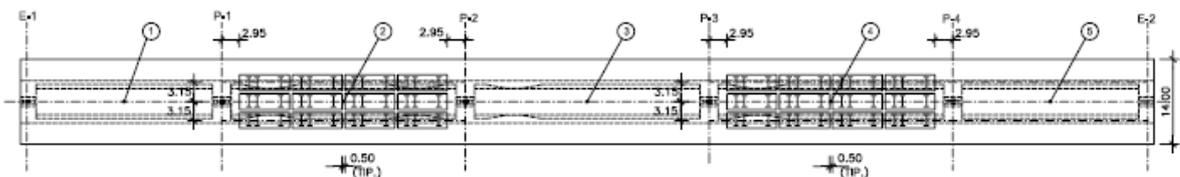


Fig. 50. Ciclo de carga en hipótesis 4

Hipótesis 5: doce camiones en el vano 3 y doce camiones en el vano 4. (ver figura 51).

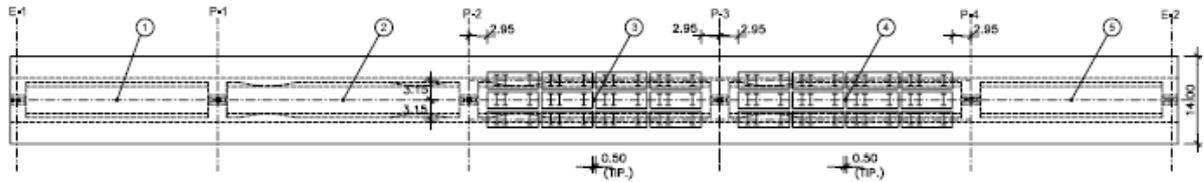


Fig. 51. Ciclo de carga en hipótesis 5

Hipótesis 6: doce camiones en el vano 3 y nueve camiones en el vano 5. (ver figura 52).

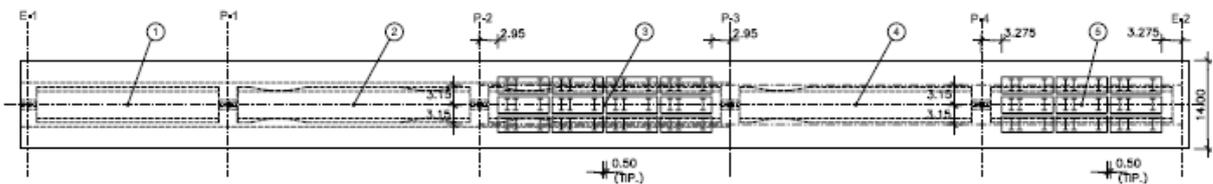


Fig. 52. Ciclo de carga en hipótesis 6

Hipótesis 7: doce camiones en el vano 4 y nueve camiones en el vano 5. (ver figura 53).

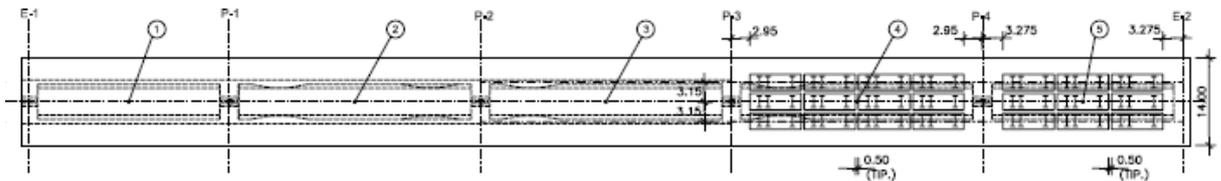


Fig. 53. Ciclo de carga en hipótesis 7

5.5. Proceso de ejecución.

Preparativos para la ejecución

Para poder ejecutar la prueba de carga correctamente, con anterioridad al día de la ejecución se realizaron diversos trabajos:

- El tablero debe estar libre de cualquier calzo, apoyo provisional o bloqueo de apoyos.
- La estructura ha de encontrarse acabada totalmente (incluyendo barandillas colocadas, ya que también está considerado como peso propio de la estructura) y han de haber pasado 28 días tras el último hormigonado.

- El tablero ha de ser accesible a los camiones, sin maquinaria ni cargas (como por ejemplo acopios de materiales) y con las juntas de dilatación colocadas y terreno bajo tablero libre para trabajos.
- Mediante aparatos topográficos se marcó en la parte inferior del tablero los puntos a instrumentar según Proyecto. En la parte superior del tablero se marcaron las posiciones de los camiones en cada hipótesis.
- Con una cesta elevadora se procedió a la colocación del cable de acero, en la parte inferior del tablero, fijado en el punto a instrumentar mediante grapas aptas para anclar en hormigón.



Fig. 54. Colocación de cable de acero bajo el tablero en el punto a instrumentar.

- Una vez colocado el cable de acero en la parte inferior del tablero se coloca el peso. Éste se sujeta al cable de acero pasándolo por la arandela del peso y anudándolo con una brida metálica.
- Se colocaron las bases de sujeción del transductor de desplazamiento en el terreno, nivelándolas. Con el transductor colocado, éstos se colocaron bajo el peso suspendido.
- Se cableó desde cada transductor hasta un punto central donde posteriormente se colocarían los equipos de Adquisición de Datos, marcando en cada extremo del cable el número del punto a instrumentar.
- En el punto a instrumentar en el vano 3 se desvió ligeramente el tráfico de la carretera N-320 señalizando el desvío y con 2 personas dirigiendo el tráfico.
- Se conectó cada cable en la caja de conexiones, ésta conectada al módulo de Adquisición de Datos y a la corriente. El módulo de Adquisición de Datos conectado a la corriente y, vía USB, al ordenador portátil. Éste último, también conectado a la corriente.
- Se puso en marcha el grupo electrógeno para alimentar el sistema.

- Una vez puesto en marcha el sistema, se chequeó cada transductor (bajando y subiendo el vástago) para comprobar que cada punto funcionaba correctamente.
- Se colocaron en el acceso de la estructura los 24 camiones necesarios en fila. Se chequearon los tickets de pesaje comprobando que tanto la carga como el tipo de camión eran correctos.

Proceso de ejecución

Para cada una de las hipótesis de carga se realizaron las siguientes operaciones y en el siguiente orden:

- Con la estructura en vacío, se ejecutó el programa instalado en el ordenador portátil, comenzando así el registro y la monitorización de las lecturas realizadas por los sensores. Se tomaron lecturas simultaneas cada medio segundo, desde el comienzo hasta el fin de cada caso de carga, de los nueve sensores colocados.
- Se anotaron la fecha y hora de comienzo de la hipótesis de carga y las matrículas y posiciones de los camiones que intervinieron en cada hipótesis de carga. También se anotó la temperatura.
- Se colocaron de uno en uno los camiones que formaban el tren de carga.
- Siguiendo las "Recomendaciones para la realización de pruebas de carga de recepción en puentes de carreteras", transcurridos diez minutos desde la puesta en carga de la estructura se tomaron lecturas de las flechas para poder verificar el criterio de estabilización descrito en el Proyecto de Carga.
- Se descargó la estructura sacando de uno en uno los camiones.
- Se tomaron lecturas de las flechas transcurridos diez minutos de la descarga, a fin de comprobar si la estructura cumplía con el criterio de remanencia de flechas descrito en el Proyecto de Carga de la estructura.

Una vez finalizada la prueba de carga, realizando las 7 hipótesis indicadas en proyecto se recogieron los transductores de desplazamiento, desmontándolos de sus bases, pesas, cables recogidos en bobinas, equipos de Adquisición de Datos y nuevamente con la cesta elevadora se desancló el cable fijado al tablero.



Fig. 55 Camiones cargados colocados en vano 5.

5.6. Descripción del tren de carga.

El tren de cargas para la realización de la prueba se materializó mediante el empleo de 24 camiones de tres ejes y peso total de 26 toneladas, estos están recogidos en el anejo 1 de las "Recomendaciones para la realización de pruebas de carga de recepción en puentes de carretera" de las siguientes características:

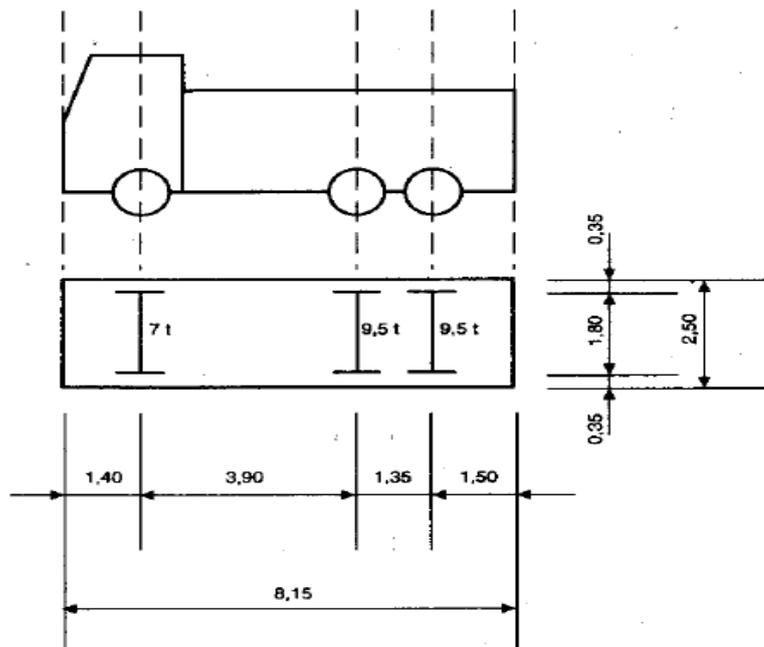


Fig. 56. Camión de 3 ejes (26t)

En la siguiente tabla se detalla la carga de cada uno de los camiones, de acuerdo con el pesaje efectuado, cuyos valores fueron facilitados por la obra y se adjuntan en el correspondiente anejo. Se tiene los pesajes de los 24 camiones los días 14 y 15 de enero. El anejo también incluye los esquemas con las posiciones de los camiones para cada hipótesis de carga.

MATRÍCULA	PESO (T)	DESVIACIÓN (%)
3916 BHZ	26,08	0,31
0531 BLW	25,84	-0,62
1412 FCS	26	0,00
0500 DTN	25,8	-0,77
1586 BFF	26,22	0,85
6348 DFL	25,88	-0,46
SS 1369 AZ	26,06	0,23
2767 FHS	26,02	0,08
0869 DZN	25,88	-0,46
8170 BPJ	26,08	0,31
8623 FFB	25,8	-0,77
5925 CGT	26	0,00
2335 BYD	26,3	1,15
5326 BPL	26,3	1,15
4401 DGJ	25,74	-1,00
5053 BTY	26,22	0,85
M 5612 WS	26,2	0,77
CU 7854 E	26,1	0,38
CU 7231 J	26,2	0,77
3506 CSB	26,1	0,38
CU 3952 K	26,2	0,77
8437 BJY	26,2	0,77
M 9571 XD	26,18	0,69
M 9394 XT	26,3	1,15

Se ha calculado la desviación respecto al peso en porcentaje de carga de los camiones y se cumple, tal y como indica las "Recomendaciones para la realización de pruebas de carga de recepción en puentes de carretera", que la desviación en peso es inferior al 5%. Encontramos una desviación mínima de un -1% y una desviación máxima de un 1,15%.

En los anexos se puede ver la colocación de camiones en cada hipótesis.

5.7. Resultados de la prueba de carga.

En las tablas que siguen, se indican los resultados de las flechas obtenidas en los vanos instrumentados para cada hipótesis de carga, haciendo hincapié en los vanos cargados.

Se indica la flecha inicial, la flecha transcurridos 10 minutos y la flecha remanente. Los valores positivos representan descensos de la estructura y los valores negativos representan ascensos. Se incluyen también los valores de la flecha teórica del proyecto de prueba de carga.

Respecto a los criterios de aceptación se comprueba:

- Flecha: Se comprueba que los valores de flecha obtenidos se encuentran entre el 60% y el 115% del valor de proyecto
- Criterio estabilización: Se comprueba que no hay una diferencia superior al 5% entre la flecha inicial y la flecha transcurridos 10 minutos.
- Criterio remanencia: Se comprueba que el valor de la flecha remanente no es superior al 15% de la flecha transcurridos 10 minutos.

Hipótesis 1: Cargado vano 1 y 2

Resultados obtenidos (teniendo en cuenta descenso de apoyos)

Fecha: 15/01/09 Hora: 10.45 T ^a = -4 °C		f₀ (mm)	f₁₀ (mm)	f_r (mm)	f_{teórica} (mm)
Hipótesis 1	Centro Vano 1	0,48	0,48	-0,01	1,400
	Centro Vano 2	0,87	0,89	0,14	4,100
	Centro Vano 3	-0,92	-0,93	-0,75	-1,700
	Centro Vano 4	0,20	0,15	0,11	0,400
	Centro Vano 5	-0,23	-0,31	-0,11	-0,100

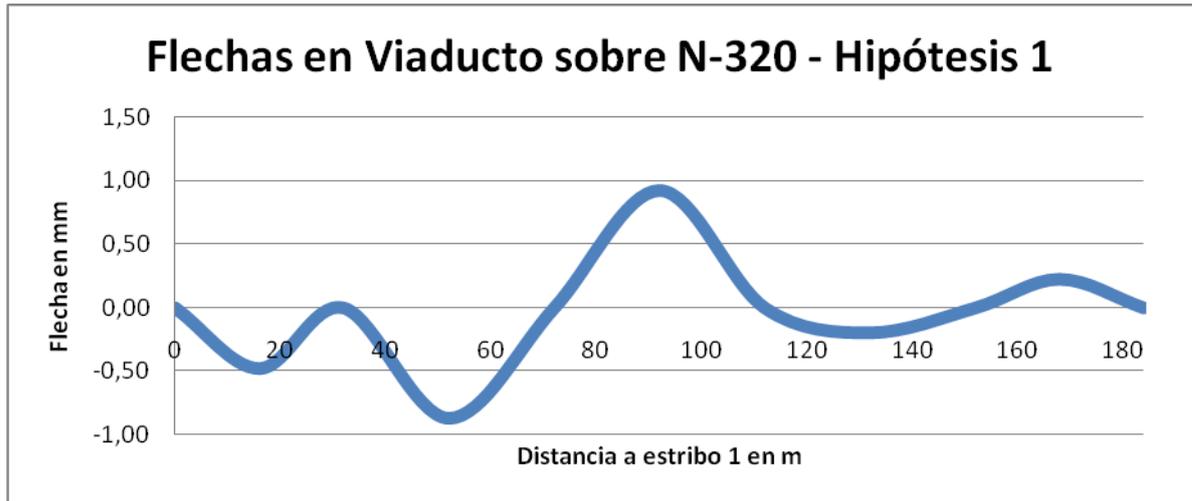


Fig. 57. Gráfica flechas hipótesis 1

Criterios de aceptación

Hipótesis 1	Flechas $0,6 \cdot f_p < f_0 < 1,15 \cdot f_p$	Criterio estabilización $f_{10} < 1,05 \cdot f_0$	Criterio de remanencia $f_r < 0,15 \cdot f_{10}$
c.v. vano 1	poca flecha 34%	estable 101%	ok rem -2%
c.v. vano 2	poca flecha 21%	estable 102%	fallo rem 16%
c.v. vano 3	poca flecha 54%	estable 101%	fallo rem 81%
c.v. vano 4	poca flecha 49%	estable 77%	fallo rem 70%
c.v. vano 5	exceso flecha 225%	error 138%	fallo rem 35%

Hipótesis 2: Cargado vano 1 y 3.

Resultados obtenidos (teniendo en cuenta descenso de apoyos)

Fecha: 15/01/09 Hora: 12.41 T ^a = -3 °C		f ₀ (mm)	f ₁₀ (mm)	f _r (mm)	f _{teórica} (mm)
Hipótesis 2	Centro Vano 1	1,02	1,02	0,15	3,800
	Centro Vano 2	-2,29	-2,31	-0,70	-3,600
	Centro Vano 3	4,30	4,46	-0,14	6,000
	Centro Vano 4	-0,64	-0,79	-0,20	-2,200
	Centro Vano 5	0,11	-0,06	0,05	0,500

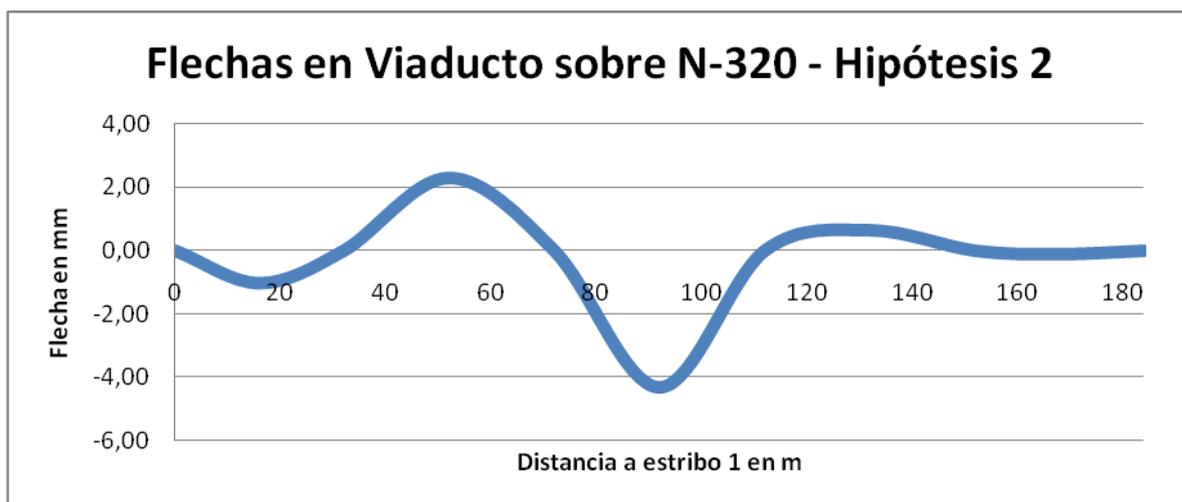


Fig. 58. Gráfica flechas hipótesis 2

Criterios de aceptación

Hipótesis 2	Flechas $0,6 \cdot f_p < f_0 < 1,15 \cdot f_p$		Criterio estabilización $f_{10} < 1,05 \cdot f_0$		Criterio de remanencia $f_r < 0,15 \cdot f_{10}$	
c.v. vano 1	poca flecha	27%	estable	100%	ok rem	16%
c.v. vano 2	ok flecha	63%	estable	101%	fallo rem	30%
c.v. vano 3	ok flecha	72%	estable	104%	ok rem	-3%
c.v. vano 4	poca flecha	29%	error	123%	fallo rem	25%
c.v. vano 5	poca flecha	22%	estable	-50%	ok rem	-91%

Hipótesis 3: Cargados vano 2 y 3.

Resultados obtenidos (teniendo en cuenta descenso de apoyos)

Fecha: 15/01/09 Hora: 11.50 T ^a = -5 °C		f ₀ (mm)	f ₁₀ (mm)	f _r (mm)	f _{teórica} (mm)
Hipótesis 3	Centro Vano 1	-1,05	-1,09	-0,25	-1,400
	Centro Vano 2	2,16	2,27	0,30	3,500
	Centro Vano 3	3,53	3,76	0,54	3,600
	Centro Vano 4	-0,65	-0,64	-0,19	-1,500
	Centro Vano 5	0,17	0,18	0,03	0,400

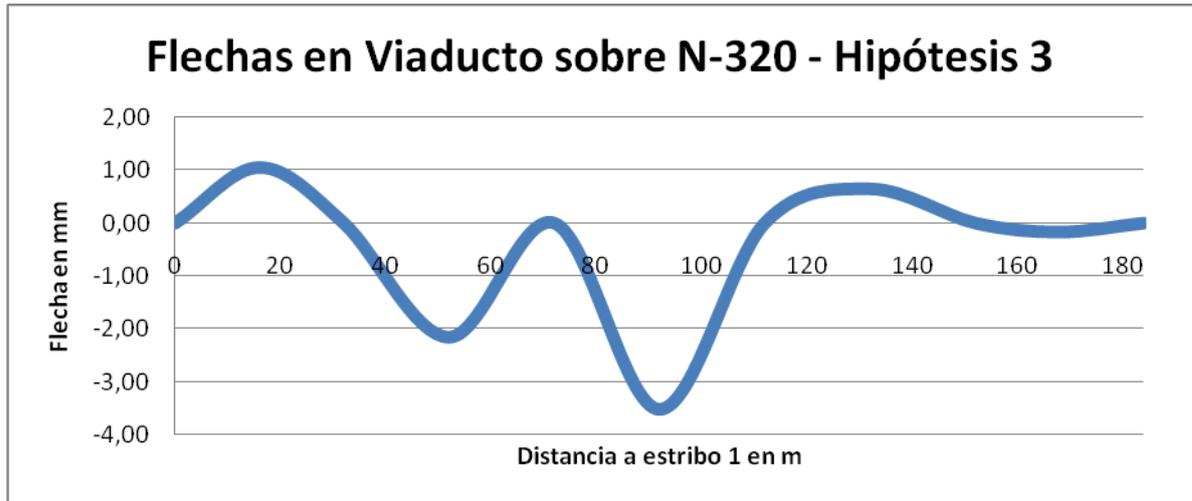


Fig. 59. Gráfica flechas hipótesis 3

Criterios de aceptación

Hipótesis 3	Flechas $0,6 \cdot f_p < f_0 < 1,15 \cdot f_p$		Criterio estabilización $f_{10} < 1,05 \cdot f_0$		Criterio de remanencia $f_r < 0,15 \cdot f_{10}$	
c.v. vano 1	ok flecha	75%	estable	103%	fallo rem	23%
c.v. vano 2	ok flecha	62%	estable	105%	ok rem	13%
c.v. vano 3	ok flecha	98%	error	107%	ok rem	14%
c.v. vano 4	poca flecha	43%	estable	98%	fallo rem	30%
c.v. vano 5	poca flecha	43%	estable	103%	fallo rem	17%

Hipótesis 4: Cargados vano 2 y 4.

Resultados obtenidos (teniendo en cuenta descenso de apoyos)

Fecha: 15/01/09 Hora: 13.20 T ^a = 2 °C		f ₀ (mm)	f ₁₀ (mm)	f _r (mm)	f _{teórica} (mm)
Hipótesis 4	Centro Vano 1	-1,78	-1,85	-0,69	-2,100
	Centro Vano 2	3,28	3,02	-0,09	6,100
	Centro Vano 3	-2,42	-2,48	-0,59	-4,200
	Centro Vano 4	4,79	4,89	0,29	6,100
	Centro Vano 5	-1,05	-0,97	-0,32	-2,000

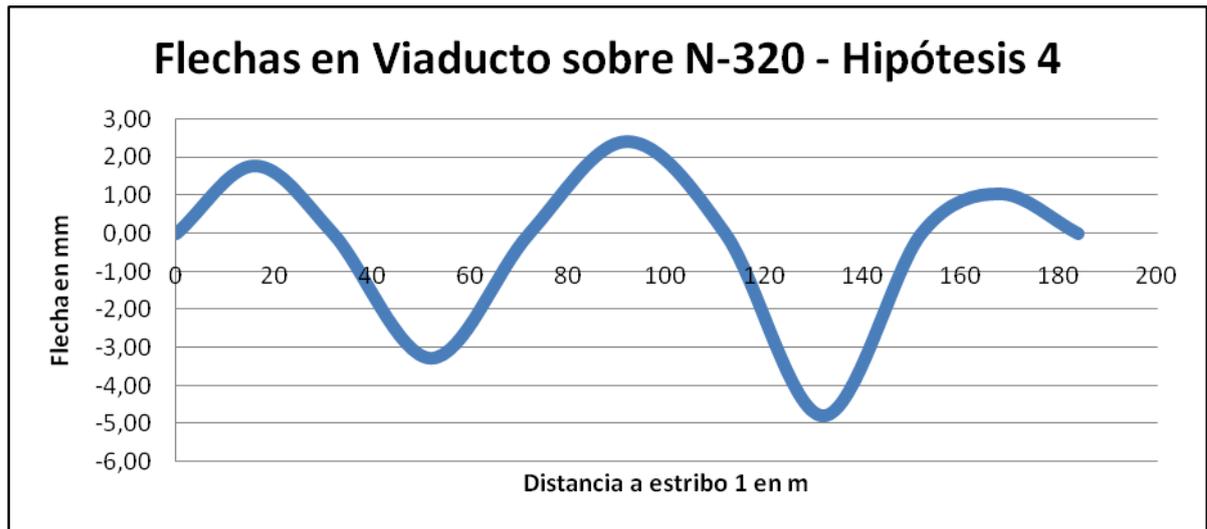


Fig. 60. Gráfica flechas hipótesis 4

Criterios de aceptación

Hipótesis 4	Flechas $0,6 \cdot f_p < f_0 < 1,15 \cdot f_p$	Criterio estabilización $f_{10} < 1,05 \cdot f_0$	Criterio de remanencia $f_r < 0,15 \cdot f_{10}$
c.v. vano 1	ok flecha 85%	estable 104%	fallo rem 37%
c.v. vano 2	poca flecha 54%	estable 92%	ok rem -3%
c.v. vano 3	poca flecha 58%	estable 102%	fallo rem 24%
c.v. vano 4	ok flecha 79%	estable 102%	ok rem 6%
c.v. vano 5	poca flecha 52%	estable 93%	fallo rem 32%

Hipótesis 5: Cargados vano 3 y 4.

Resultados obtenidos (teniendo en cuenta descenso de apoyos)

Fecha: 15/01/09 Hora: 15.30 T ^a = 3 °C		f ₀ (mm)	f ₁₀ (mm)	f _r (mm)	f _{teórica} (mm)
Hipótesis 5	Centro Vano 1	0,18	0,17	-0,02	0,400
	Centro Vano 2	-1,38	-1,41	-0,78	-1,500
	Centro Vano 3	2,35	2,41	0,34	3,500
	Centro Vano 4	3,03	3,18	0,00	3,500
	Centro Vano 5	-0,36	-0,44	-0,09	-1,400

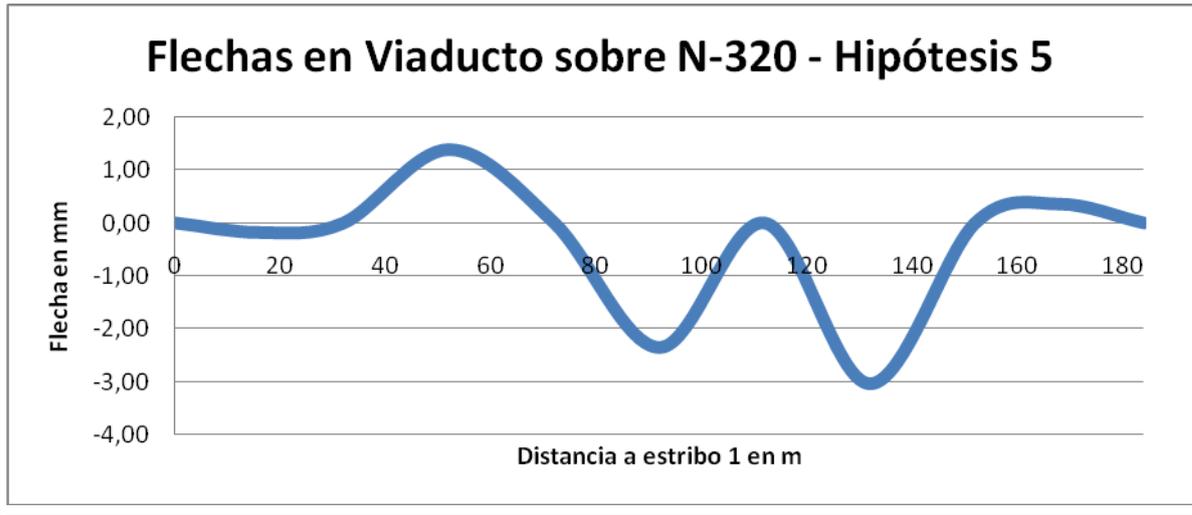


Fig. 61. Gráfica flechas hipótesis 5

Criterios de aceptación

Hipótesis 5	Flechas $0,6 \cdot f_p < f_0 < 1,15 \cdot f_p$	Criterio estabilización $f_{10} < 1,05 \cdot f_0$	Criterio de remanencia $f_r < 0,15 \cdot f_{10}$
c.v. vano 1	poca flecha 45%	estable 92%	ok rem -9%
c.v. vano 2	ok flecha 92%	estable 102%	fallo rem 55%
c.v. vano 3	ok flecha 67%	estable 103%	ok rem 14%
c.v. vano 4	ok flecha 87%	estable 105%	ok rem 0%
c.v. vano 5	poca flecha 25%	error 124%	fallo rem 19%

Hipótesis 6: Cargados vano 3 y 5.

Resultados obtenidos (teniendo en cuenta descenso de apoyos)

Fecha: 15/01/09 Hora: 16.08 $T^a = 3 \text{ }^\circ\text{C}$		f_0 (mm)	f_{10} (mm)	f_r (mm)	$f_{teórica}$ (mm)
Hipótesis 6	Centro Vano 1	0,47	0,46	0,19	0,500
	Centro Vano 2	-1,14	-1,12	0,07	-2,200
	Centro Vano 3	4,35	4,33	0,48	6,000
	Centro Vano 4	-2,06	-2,06	0,02	-3,600
	Centro Vano 5	1,19	1,19	0,14	3,800

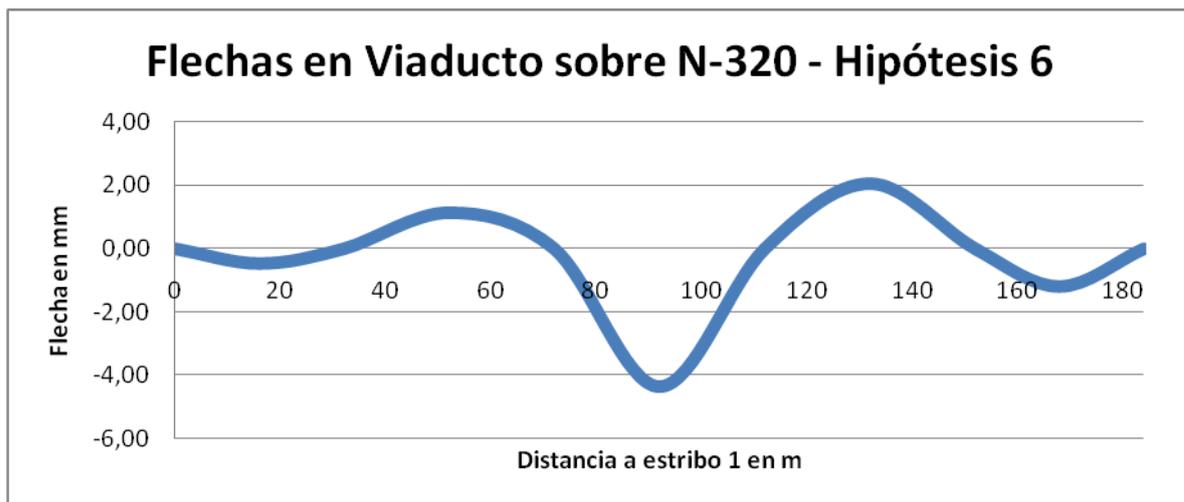


Fig. 62. Gráfica flechas hipótesis 6

Criterios de aceptación

Hipótesis 6	Flechas $0,6 \cdot f_p < f_0 < 1,15 \cdot f_p$	Criterio estabilización $f_{10} < 1,05 \cdot f_0$	Criterio de remanencia $f_r < 0,15 \cdot f_{10}$
c.v. vano 1	ok flecha 93%	estable 98%	fallo rem 42%
c.v. vano 2	poca flecha 52%	estable 98%	ok rem -6%
c.v. vano 3	ok flecha 73%	estable 100%	ok rem 11%
c.v. vano 4	poca flecha 57%	estable 100%	ok rem -1%
c.v. vano 5	poca flecha 31%	estable 100%	ok rem 12%

Hipótesis 7: Cargados vano 4 y 5.

Resultados obtenidos (teniendo en cuenta descenso de apoyos)

Fecha: 15/01/09 Hora: 16.45 T ^a = 3 °C		f ₀ (mm)	f ₁₀ (mm)	f _r (mm)	f _{teórica} (mm)
Hipótesis 7	Centro Vano 1	0,01	-0,01	-0,03	-0,100
	Centro Vano 2	0,35	0,33	0,04	0,500
	Centro Vano 3	-1,22	-1,25	-0,07	-1,700
	Centro Vano 4	3,62	3,64	0,29	4,000
	Centro Vano 5	1,17	1,23	0,12	1,400

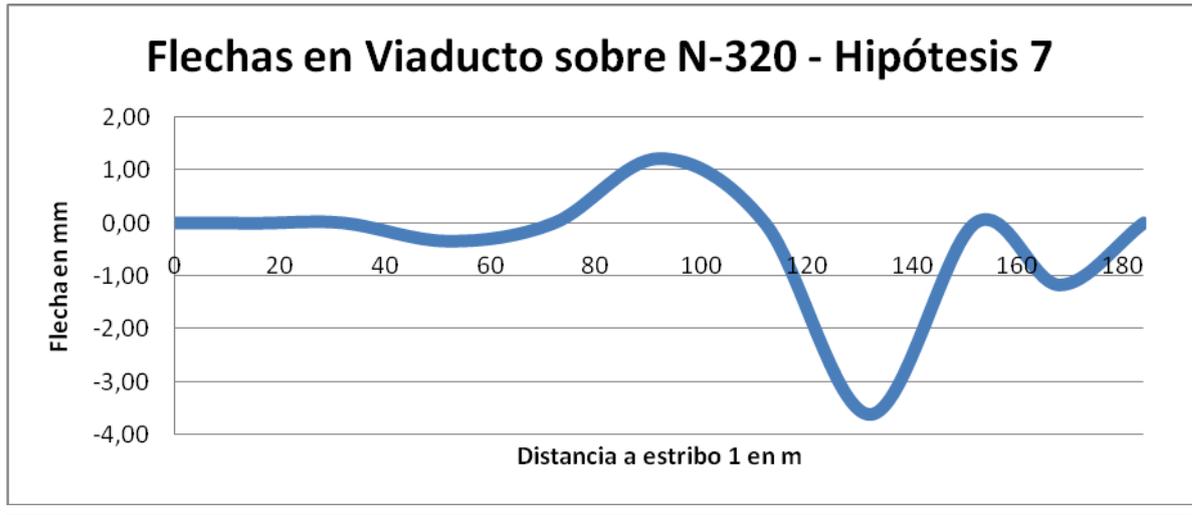


Fig. 63. Gráfica flechas hipótesis 7

Criterios de aceptación

Hipótesis 7	Flechas $0,6 \cdot f_p < f_0 < 1,15 \cdot f_p$	Criterio estabilización $f_{10} < 1,05 \cdot f_0$	Criterio de remanencia $f_r < 0,15 \cdot f_{10}$
c.v. vano 1	poca flecha -5%	error -200%	fallo rem 250%
c.v. vano 2	ok flecha 69%	estable 96%	ok rem 12%
c.v. vano 3	ok flecha 71%	estable 103%	ok rem 6%
c.v. vano 4	ok flecha 90%	estable 101%	ok rem 8%
c.v. vano 5	ok flecha 84%	estable 105%	ok rem 9%

5.8. Análisis de resultados

Según las "Recomendaciones para la realización de pruebas de carga de recepción en puentes de carreteras".

Respecto al criterio de flechas.

Las flechas medidas en los vanos cargados se encuentran, en general, dentro de la horquilla 60-110% de los valores de cálculo, si bien en algunos casos las flechas en los vanos cargados se encuentran por debajo del 60% del valor de cálculo (34% vano 1 y 21% en vano 2 en hipótesis 1, 27% vano 1 en hipótesis 2, 54% vano 2 en hipótesis 4 y 31% vano 5 en hipótesis 6). Que se encuentren flechas por debajo del 60 % podría deberse a una estructura ligeramente más rígida de lo esperado.

Respecto al criterio de deformación remanente.

Las flechas remanentes medidas en los vanos cargados están, en general, por debajo del máximo del 15%. Excepto en el caso de la hipótesis 1 vano 2 que la flecha remanente está ligeramente por encima del límite del 15% (16%) de la flecha instantánea, pero en este caso se trata de valores muy pequeños en los que las mediciones son del orden de magnitud de la precisión de los equipos.

Respecto al criterio de estabilización.

En general las lecturas estabilizan a los 10 minutos ya que no superan el 105% de la flecha inicial salvo en el caso del vano 3 en la hipótesis 3 (107% de la flecha inicial).

En resumen, basándonos en los datos obtenidos en los vanos cargados, las medidas de flechas y las deformadas remanentes son correctas en su conjunto y las lecturas estabilizan, comportándose la estructura según lo previsto en el Proyecto de Carga.

Además, como se puede observar en las gráficas, el comportamiento cualitativo de la estructura se ajusta a lo esperado.

5.9. Valoración económica de la ejecución.

Para la valoración de esta prueba de carga estática se han tenido en cuenta:

- Costes directos (elementos auxiliares, amortización equipos, mano de obra, transportes, etc.).
- Costes indirectos (gastos generales y gastos financieros).
- Impuestos (I.V.A.).

Costes directos	Cantidad	Precio unidad	Coste (€)
<i>Elementos auxiliares</i>			
Topografía (equipo y mano de obra)	8 h.	50 €	400 €
Cesta elevadora	2 días.	200 €	400 €
Grupo electrógeno 40 KVa	1 día.	48 €	48 €

Cable acero	200 m.	0,20 €	40 €
Desvío tráfico (equipos +mano de obra)	8 h.	40 €	320 €
<u>Mano de obra</u>			
Técnico especialista (operario)	16 h.	19,75 €	316 €
Desplazamiento técnico especialista	2 uds.	250 €	500 €
Mano de obra auxiliar	32 h.	16,42 €	525,44 €
Ingeniero especialista	8 h.	60 €	480 €
Desplazamiento ingeniero especialista	2 uds.	300 €	600 €
Realización informe resultados	1 ud.	500 €	500 €
<u>Equipos de pruebas de carga (amortización)</u>			
Ordenador portátil	2 días	30 €	60 €
Sistema adquisición de datos	2 días	100 €	200 €
Transductor desplazamiento	9 udsX2 días	10 €	180 €
Cable eléctrico y conexiones	500 m.	0,15 €	75 €
<u>Transporte equipos de pruebas de carga</u>			
Transportes material / equipos	2 uds.	500 €	1000 €
<u>Camiones</u>			
Camiones cargados 3 ejes	24 uds X 8 h.	70 € / h.	13.440 €
Costes directos	%	Coste (€)	
Gastos generales	16	3021,51 €	
Costes financieros	4	755,38 €	
TOTAL		22.661,33 €	
Con IVA	16 %	3625,81 €	
Coste total prueba de carga		26.287,14 €	

El presupuesto de licitación para esta obra es de 103.891.646,02 y la ejecución de la prueba de carga representaría según los costes calculados un 0,0253% del precio total de licitación. También cabe destacar que la partida más alta es el coste de los camiones cargados, que representa un 51,1 % del coste total de la prueba de carga.

CAPÍTULO 6.

CONCLUSIONES

Una vez realizado el total del proyecto, en el cual se estudia la normativa y recomendaciones, la tipología e instrumentación para pruebas de carga, se realiza la ejecución de una prueba de carga estática y basándome en mi experiencia en este campo, puedo concluir:

- Respecto al Proyecto de prueba de carga, normalmente no se encuentra englobado en el Proyecto de la estructura, sino que se contrata a un proyectista diferente. De hecho hay empresas que ofertan tanto el proyecto de ejecución de la prueba de carga como la ejecución de la misma. Este segundo proyectista no ha diseñado ni ejecutado la estructura y, por tanto, entiendo que no tiene la misma información sobre ésta que el proyectista del Proyecto general de la estructura.
- La empresa subcontratada para realizar la medición debería ser simple notario de unos datos. No sería necesario, que dispusieran de los datos teóricos para la ejecución de la misma, "quien mide no es necesario que sepa lo que ha de obtener", sino que una vez entregados los datos a la obra la Dirección facultativa debería realizar el informe final. Lo que no suele existir y si que debería disponer de ello la empresa subcontratada para realizar las mediciones es un proceso de ejecución y un pliego de prescripciones técnicas en dichos proyectos ya que es necesario para la correcta ejecución de la misma.
- En las "Recomendaciones para la realización de pruebas de carga de recepción en puentes de carretera", se nombra a un Director de la Prueba de carga. En el caso habitual de una obra nos encontramos con el Proyectista, la Dirección facultativa, el Jefe de obra y la empresa subcontratada para la ejecución de la prueba de carga, que es simple

notario de unos datos, pero ¿quién es el Director de la Prueba de Carga?. Entiendo que debería ser el Director de Obra y por tanto dirigir la prueba de carga, en la realidad excepcionalmente el Director de Obra se encuentra presente durante la ejecución de la prueba de carga.

- En relación a la normativa vigente, sobre la realización de pruebas de carga, me encuentro que es bastante confusa y, en algunos casos, contradictoria si se trata de puentes de hormigón de carretera. La EHE – 2008 nos indica que solo es necesario realizar prueba de carga si no se ha proyectado y ejecutado la estructura en base a la instrucción, cumpliendo la calidad prevista. Pero en el caso de puentes de carretera nos encontramos que existe la normativa IAP 98 que nos obliga a realizar la prueba de carga. Sí que es necesario en casos en los cuales los controles y ensayos no hayan sido del todo satisfactorio u obras especiales donde es conveniente ensayar la estructura en su conjunto.
- Se encuentran proyectos en los que se desprecia el descenso de apoyos, cuando hay veces que el apoyo pot o neopreno puede descender incluso más que el valor teórico de flecha en centro de vano. En el caso de la prueba de carga realizada en este trabajo, los apoyos pot tenían un descenso de cómo máximo 1 mm. Esto ocurre sobre todo en estructuras donde no ha habido paso en ella ni ha estado cargada y por tanto no ha asentado. Así que creo que se deberían realizar mediciones en apoyos en todas la pruebas de carga estáticas.
- Si miramos el tema económico, parece ser una incoherencia el valor de la prueba de carga respecto al valor de la estructura y al contrario nos encontramos que sin un informe favorable al realizar la prueba de carga no se puede realizar la entrega final de la estructura. Con esto quiero decir que no se le da importancia a la ejecución de la prueba de carga, ya que no tiene un valor económico representativo, pero sin un informe final no se puede entregar la estructura, por lo tanto en obra más que el ensayo en sí, se le da importancia simplemente a un informe favorable.

Como valoración personal de este trabajo final de carrera, finalizo haciendo hincapié en que, en la actualidad, debido a los controles y ensayos que se hacen durante la ejecución y el conocimiento que se tiene sobre el hormigón, más que hacer una prueba de carga una vez acabada la estructura (que en la mayoría de los casos siempre es favorable, a pesar de no cumplir los criterios de aceptación al 100 %), sería más productivo insistir en la disposición de los medios técnicos y económicos necesarios para que las obras se ejecuten y controlen según lo especificado en la normativa y exigiendo el buen arte de la construcción de obras tan importantes como son los puentes.

CAPÍTULO 7.

BIBLIOGRAFÍA

7.1. Referencias bibliográficas

ACHE (Asociación Científico – Técnica del hormigón Estructural) eds.2004. Prueba de carga de estructuras. Monografía M-9 de ache. Edita: ACHE

Instrucción de Hormigón Estructural. 2008. Edita: Ministerio de Fomento. Aprobada por el Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio.

Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera (IAP - 98). Edita:Ministerio de Fomento

Recomendaciones para la realización de pruebas de carga de recepción en puentes de carretera. Noviembre 1999. Edita: Ministerio de Fomento.

7.2. Bibliografía de Consulta

Libros y artículos de consulta

Pallás Areny, Ramón, eds. 2003. Sensores y acondicionadores de Señal. Barcelona: Marcombo Boixareu Editores.

Del Cuvillo Jiménez, Ramón, Noviembre 2005. Prueba de carga de puentes de hormigón de carretera. Revista de Obras Públicas.

Del Cuvillo Jiménez, Ramón y Martínez- Ridruejo del Cuvillo, Álvaro, Septiembre 2002. Trenes de carga de puentes de carretera. Revista de Obras Públicas.

Las pruebas de carga de recepción de las estructuras de la circunvalación de Madrid M-50, y las radiales R-3 y R-5. Cuadernos Intemac. 3º trimestre 2005. Edita: Intemac

Fernández Gómez, Jaime, eds: 2001. Evaluación de la capacidad resistente de estructuras de hormigón: ensayos no destructivos y pruebas de carga. Editorial: Intemac.

Webs de consulta

www.fomento.es (Ministerio de Fomento)

www.carreteros.org

www.mekano4.com

www.Icc.es

www.intemac.es

www.elap.it

www.ni.com

www.sensing.es

www.smartec.com

www.encardio.com

www.fomento.es

<http://ropdigital.ciccp.es/public/index.php> (web revista obras públicas)

www.itec.es (Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña)



Escola Tècnica Superior d'Enginyers
de Camins, Canals i Ports de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

ANEXOS A LA MEMORIA

ANEXOS A LA MEMORIA

Índice anexos	83
ANEXO A. Normativa	84
A.1. IAP – 98.....	84
A.2. EHE 2008	84
ANEXO B. Nota de prensa	90
ANEXO C. Características técnicas de los equipos usados.	94
C.1. Características técnicas transductor de desplazamiento.....	94
C.2. Características técnicas de los equipos auxiliares.	97
C.2.1. Peso.....	97
C.2.2. Base para potenciómetro.....	98
C.2.3. Características del cable eléctrico.....	98
C.2.4. Características técnicas conectores.....	100
C.3. Características técnicas módulo de adquisición de datos.....	102
C.3.1. Chasis del módulo de adquisición de datos.	102
C.3.2. Módulo de entrada Analógica.....	102
ANEXO D. Proyecto de prueba de carga.....	107
ANEXO E. Fotografías ejecución prueba de carga	121
ANEXO F. Posición camiones y tickets de pesaje	125
F.1. Posiciones de los camiones.....	125
F.2. Tickets pesaje camiones	127
ANEXO G. Proveedores del servicio	140

ANEXO A. NORMATIVA

En este anexo se encuentran extracciones de la normativa vigente española aplicada a las pruebas de carga:

A.1. IAP – 98

En las Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera, nos encontramos con el capítulo 5 dedicado a las pruebas de carga.

CAPÍTULO 5 PRUEBAS DE CARGA

Todo puente proyectado de acuerdo con la presente Instrucción deberá ser sometido a pruebas de carga antes de su puesta en servicio, según lo indicado en el preceptivo anejo que sobre la materia incluirá todo proyecto aprobado por la Dirección General de Carreteras.

Tales pruebas de carga podrán ser estáticas o dinámicas. Las primeras serán siempre obligatorias, las segundas serán preceptivas en aquellas estructuras en las que sea necesario verificar que las vibraciones que se puedan producir no afectarán a la funcionalidad de la obra.

En caso de ser necesario, el proyecto de la prueba de carga podrá ser revisado y adaptado una vez finalizada la construcción del puente, para tener en cuenta las disponibilidades de camiones existentes realmente en obra, así como para recoger, si fuera oportuno, en la modelización de la estructura las variaciones que se hayan podido producir con respecto a lo inicialmente considerado en el proyecto.

A.2. EHE 2008



Artículo 100.º Control del elemento construido

Una vez finalizada la ejecución de cada fase de la estructura, se efectuará una inspección del mismo, al objeto de comprobar que se cumplen las especificaciones dimensionales del proyecto.

En el caso de que el proyecto adopte en el cálculo unos coeficientes de ponderación de los materiales reducidos, de acuerdo con lo indicado en el apartado 15.3, se deberá comprobar que se cumplen específicamente las tolerancias geométricas establecidas en el proyecto o, en su defecto, las indicadas al efecto en el Anejo nº 11 de esta Instrucción.

Artículo 101.º Controles de la estructura mediante ensayos de información complementaria

101.1. Generalidades

De las estructuras proyectadas y construidas con arreglo a la presente Instrucción, en las que los materiales y la ejecución hayan alcanzado la calidad prevista, comprobada mediante los controles preceptivos, sólo necesitan someterse a ensayos de información y en particular a pruebas de carga, las incluidas en los supuestos que se relacionan a continuación:

- a) cuando así lo dispongan las Instrucciones, reglamentos específicos de un tipo de estructura o el pliego de prescripciones técnicas particulares.
- b) cuando debido al carácter particular de la estructura convenga comprobar que la misma reúne ciertas condiciones específicas. En este caso el pliego de prescripciones técnicas particulares establecerá los ensayos oportunos que deben realizar, indicando con toda precisión la forma de realizarlos y el modo de interpretar los resultados.
- c) cuando a juicio de la Dirección Facultativa existan dudas razonables sobre la seguridad, funcionalidad o durabilidad de la estructura.

101.2. Pruebas de carga

Existen muchas situaciones que pueden aconsejar la realización de pruebas de carga de estructuras. En general, las pruebas de carga pueden agruparse de acuerdo con su finalidad en:

- a) Pruebas de carga reglamentarias.

Son todas aquellas fijadas por el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o Instrucciones o Reglamentos, y que tratan de realizar un ensayo que constate el comportamiento de la estructura ante situaciones representativas de sus acciones de servicio. Las reglamentaciones de puentes de carretera y puentes de ferrocarril fijan, en todos los casos, la necesidad de realizar ensayos de puesta en carga previamente a la recepción de la obra. Estas pruebas tienen por objeto el comprobar la adecuada concepción y la buena ejecución de las obras frente a las cargas normales de explotación, comprobando si la obra se comporta según los supuestos de proyecto, garantizando con ello su funcionalidad.

Hay que añadir, además, que en las pruebas de carga se pueden obtener valiosos datos de investigación que deben confirmar las teorías de proyecto (reparto de cargas, giros de apoyos, flechas máximas) y utilizarse en futuros proyectos.

Estas pruebas no deben realizarse antes de que el hormigón haya alcanzado la resistencia de proyecto. Pueden contemplar diversos sistemas de carga, tanto estáticos como



dinámicos.

Las pruebas dinámicas son preceptivas en puentes de ferrocarril y en puentes de carretera y estructuras en las que se prevea un considerable efecto de vibración, de acuerdo con las Instrucciones de acciones correspondientes. En particular, este último punto afecta a los puentes con luces superiores a los 60 m o diseño inusual, utilización de nuevos materiales y pasarelas y zonas de tránsito en las que, por su esbeltez, se prevé la aparición de vibraciones que puedan llegar a ocasionar molestias a los usuarios. El proyecto y realización de este tipo de ensayos deberá estar encomendado a equipos técnicos con experiencia en este tipo de pruebas.

La evaluación de las pruebas de carga reglamentarias requiere la previa preparación de un proyecto de Prueba de carga, que debe contemplar la diferencia de actuación de acciones (dinámica o estática) en cada caso. De forma general, y salvo justificación especial, se considerará el resultado satisfactorio cuando se cumplan las siguientes condiciones:

- En el transcurso del ensayo no se producen fisuras que no se correspondan con lo previsto en el proyecto y que puedan comprometer la durabilidad y seguridad de la estructura.
- Las flechas medidas no exceden los valores establecidos en proyecto como máximos compatibles con la correcta utilización de la estructura.
- Las medidas experimentales determinadas en las pruebas (giros, flechas, frecuencias de vibración) no superan las máximas calculadas en el proyecto de prueba de carga en más de un 15% en caso de hormigón armado y en 10% en caso de hormigón pretensado.
- La flecha residual después de retirada la carga, habida cuenta del tiempo en que esta última se ha mantenido, es lo suficientemente pequeña como para estimar que la estructura presenta un comportamiento esencialmente elástico. Esta condición deberá satisfacerse tras un primer ciclo carga-descarga, y en caso de no cumplirse, se admite que se cumplan los criterios tras un segundo ciclo.

b) Pruebas de carga como información complementaria

En ocasiones es conveniente realizar pruebas de carga como ensayos para obtener información complementaria, en el caso de haberse producido cambios o problemas durante la construcción. Salvo que lo que se cuestione sea la seguridad de la estructura, en este tipo de ensayos no deben sobrepasarse las acciones de servicio, siguiendo unos criterios en cuanto a la realización, análisis e interpretación semejantes a los descritos en el caso anterior.

c) Pruebas de carga para evaluar la capacidad resistente

En algunos casos las pruebas de carga pueden utilizarse como medio para evaluar la seguridad de estructuras. En estos casos la carga a materializar deberá ser una fracción de la carga de cálculo superior a la carga de servicio. Estas pruebas requieren siempre la redacción de un Plan de Ensayos que evalúe la viabilidad de la prueba, la realización de la misma por una organización con experiencia en este tipo de trabajos, y ser dirigida por un técnico competente.

El Plan de Prueba recogerá, entre otros, los siguientes aspectos:

- Viabilidad y finalidad de la prueba.
- Magnitudes que deben medirse y localización de los puntos de medida.
- Procedimientos de medida.
- Escalones de carga y descarga.
- Medidas de seguridad.



Este último punto es muy importante, dado que por su propia naturaleza en este tipo de pruebas se puede producir algún fallo o rotura parcial o total del elemento ensayado.

Estos ensayos tienen su aplicación fundamental en elementos sometidos a flexión. Para su realización deberán seguirse los siguientes criterios:

- Los elementos estructurales que sean objeto de ensayo deberán tener al menos 56 días de edad, o haberse comprobado que la resistencia real del hormigón de la estructura ha alcanzado los valores nominales previstos en proyecto.
- Siempre que sea posible, y si el elemento a probar va a estar sometido a cargas permanentes aún no materializadas, 48 horas antes del ensayo deberían disponerse las correspondientes cargas sustitutorias que gravitarán durante toda la prueba sobre el elemento ensayado.
- Las lecturas iniciales deberán efectuarse inmediatamente antes de disponer la carga de ensayo.
- La zona de estructura objeto de ensayo deberá someterse a una carga total, incluyendo las cargas permanentes que ya actúen, equivalente a $0,85 (1,35 G + 1,5 Q)$, siendo G la carga permanente que se ha determinado actúa sobre la estructura y Q las sobrecargas previstas.
- Las cargas de ensayo se dispondrán en al menos cuatro etapas aproximadamente iguales, evitando impactos sobre la estructura y la formación de arcos de descarga en los materiales empleados para materializar la carga.
- 24 horas después de que se haya colocado la carga total de ensayo, se realizarán las lecturas en los puntos de medida previstos. Inmediatamente después de registrar dichas lecturas se iniciará la descarga, registrándose las lecturas existentes hasta 24 horas después de haber retirado la totalidad de las cargas.
- Se realizará un registro continuo de las condiciones de temperatura y humedad existentes durante el ensayo con objeto de realizar las oportunas correcciones si fuera pertinente.
- Durante las pruebas de carga deberán adoptarse las medidas de seguridad adecuadas para evitar un posible accidente en el transcurso de la prueba. Las medidas de seguridad no interferirán la prueba de carga ni afectarán a los resultados.

El resultado del ensayo podrá considerarse satisfactorio cuando se cumplan las condiciones siguientes:

- Ninguno de los elementos de la zona de estructura ensayada presenta fisuras no previstas y que comprometan la durabilidad o seguridad de la estructura.
- La flecha máxima obtenida es inferior de $l^2 / 20000 h$, siendo l la luz de cálculo y h el canto del elemento. En el caso de que el elemento ensayado sea un voladizo, l será dos veces la distancia entre el apoyo y el extremo.
- Si la flecha máxima supera $l^2 / 20000 h$, la flecha residual una vez retirada la carga, y transcurridas 24 horas, deberá ser inferior al 25 % de la máxima en elementos de hormigón armado e inferior al 20 % de la máxima en elementos de hormigón pretensado. Esta condición deberá satisfacerse tras el primer ciclo de carga-descarga. Si esto no se cumple, se permite realizar un segundo ciclo de carga-descarga después de transcurridas 72 horas de la finalización del primer ciclo. En tal caso, el resultado se considerará satisfactorio si la flecha residual obtenida es inferior al 20 % de la flecha máxima registrada en ese ciclo de carga, para todo tipo de estructuras.



101.3. Otros ensayos no destructivos

Este tipo de ensayos se empleará para estimar en la estructura otras características del hormigón diferentes de su resistencia, o de las armaduras que pueden afectar a su seguridad o durabilidad.

Artículo 102.º Control de aspectos medioambientales

La Dirección Facultativa velará para que se observen las condiciones específicas de carácter medioambiental que, en su caso, haya definido el proyecto para la ejecución de la estructura.

En el caso de que la Propiedad hubiera establecido exigencias relativas a la contribución de la estructura a la sostenibilidad, de conformidad con el Anejo nº 13 de esta Instrucción, la Dirección Facultativa deberá comprobar durante la fase de ejecución que, con los medios y procedimientos reales empleados en la misma, se satisface el mismo nivel (A, B, C, D ó E) que el definido en el proyecto para el índice ICES.

ANEXO B.

NOTA DE PRENSA

A continuación se encuentra la nota de prensa publicada por el ministerio de fomento por la cual sale a licitación el tramo de LAV en el cual esta ubicada la estructura a la cual se le ha realizado la prueba de carga



Línea de Alta Velocidad Madrid-Castilla La Mancha-Comunidad Valenciana-Región de Murcia

El Gobierno autoriza las obras de plataforma de tres tramos ferroviarios de alta velocidad en la provincia de Cuenca

- Los tramos, cuya longitud total es de 33,9 km, son Cuenca-Olalla, Olalla-Arcas del Villar y Arcas del Villar-Fuentes
- El presupuesto de licitación total asciende a 318,5 M €

Madrid, 24 de febrero de 2006 (Ministerio de Fomento)

El Consejo de Ministros ha autorizado hoy al Ministerio de Fomento a licitar las obras de construcción de plataforma de vía en tres nuevos tramos de la Línea de Alta Velocidad Madrid-Castilla La Mancha-Comunidad Valenciana-Región de Murcia, localizados todos ellos en la provincia de Cuenca. El presupuesto de licitación total asciende a 318.480.056,20 euros.

Los tramos, cuya longitud total es de 33,9 kilómetros, son Cuenca-Olalla, Olalla-Arcas del Villar y Arcas del Villar-Fuentes. Las obras, que serán licitadas por el Administrador de Infraestructuras Ferroviarias, entidad pública empresarial adscrita al Ministerio de Fomento, tienen un plazo de ejecución que oscila entre los 36 y 39 meses, dependiendo del tramo. El nuevo trazado se ha diseñado para doble vía de alta velocidad en ancho internacional.

Con esta autorización el Gobierno da un nuevo impulso a la conexión ferroviaria entre Madrid y Levante, a través de un corredor de alta velocidad, al promover los primeros pasos para dar comienzo a las obras de los tramos. El objetivo es que la alta velocidad llegue a Valencia en 2010.



Características de los tramos

- **Tramo Cuenca-Olalla**

Discurre por los municipios de Cuenca y Villar de Olalla. Tiene una longitud de 10,9 km y cuenta con un presupuesto de licitación de 104.782.840,97 euros. El plazo de ejecución de las obras es de 36 meses.

Como elementos singulares en el tramo hay que destacar cuatro viaductos: viaducto sobre el arroyo Fuente de la Zarza (44 m), viaducto sobre el arroyo de la Vega (489 m), viaducto sobre la carretera a Colliguilla (18 m), y el viaducto sobre el río Júcar (562 m). Todos se llevarán a cabo mediante cimbra, excepto el cuarto que se realizará por medio de empuje con tablero. En este tramo también queda situado el túnel de la loma del Carrascal, de doble vía, y 2.198 m de longitud.

- **Tramo Olalla-Arcas del Villar**

Con una longitud de 10,6 kms, este tramo discurre por los municipios de Villar de Olalla, Cuenca y Arcas del Villar. En su trazado se incluye la ampliación de plataforma para el haz de vías de la futura estación de Cuenca. Cuenta con un presupuesto de licitación de 103.891.646,02 euros. El plazo de ejecución de las obras es de 39 meses.

Como elementos singulares hay que destacar el viaducto sobre la N-320, de 184 m, a realizar con tablero de sección cajón unicelular, y el túnel del Bosque, de doble vía y 3.128 m de longitud.

- **Tramo Arcas del Villar-Fuentes**

Tiene una longitud de 12,4 kms y discurre por los municipios de Arcos del Villar y Fuentes. El presupuesto de licitación del tramo asciende a 109.805.569,21 euros. El plazo de ejecución de las obras de 38 meses.



Como elementos singulares en el trazado hay que destacar el viaducto sobre el arroyo de la Motilla de 307 m, a construir mediante tablero de sección cajón unicelular, y tres túneles de doble vía: túnel artificial de la Atalaya (335 m), túnel artificial de lo Hueco (157 m), y el túnel en mina de El Cubillo (1365 m).

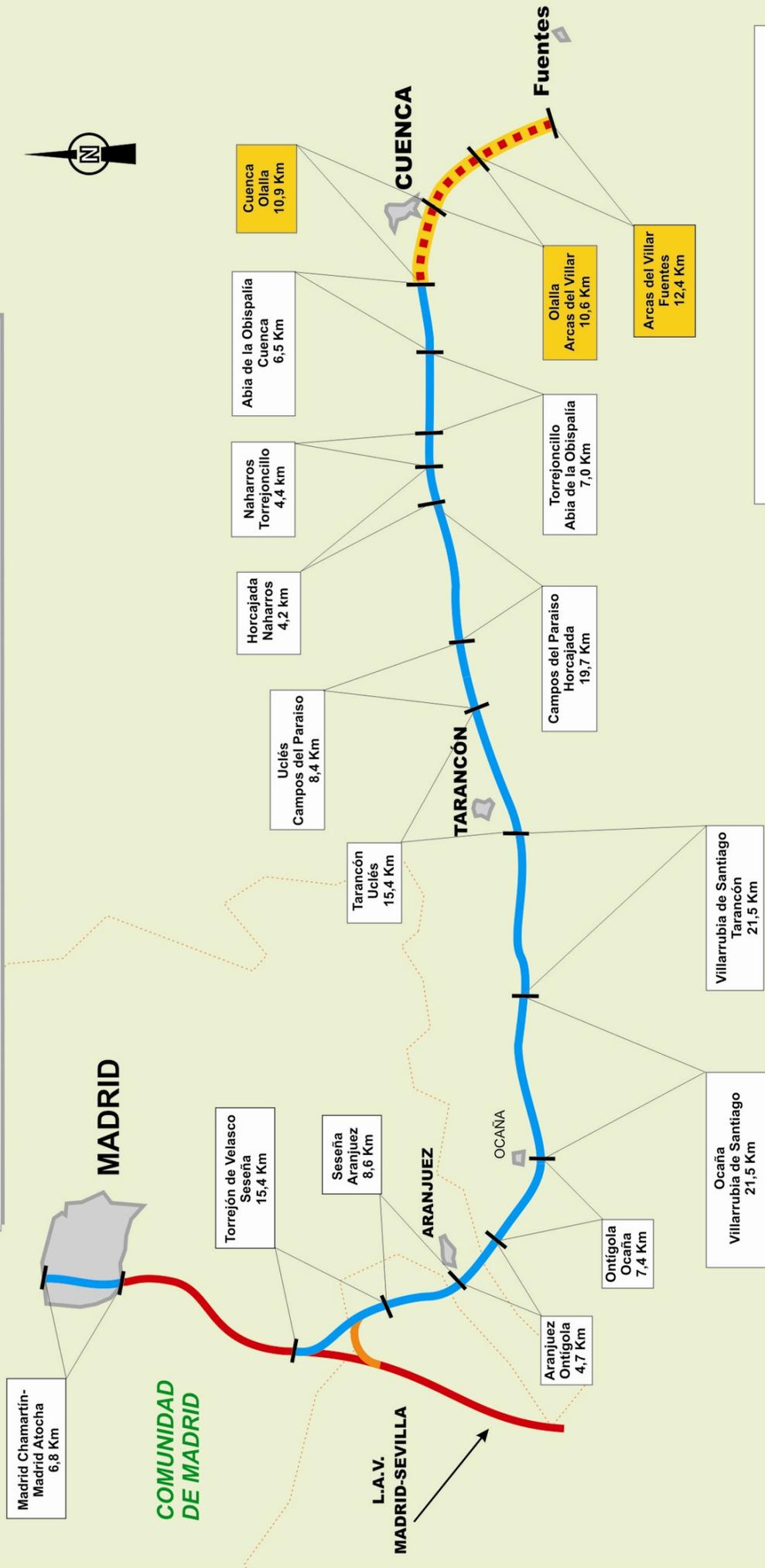
Los proyectos de los tres tramos contemplan las actuaciones necesarias para la ejecución de las obras de infraestructura tales como: movimientos de tierra, estructurales, túneles, reposición de los servicios y servidumbres afectados, y la construcción de conexiones transversales que aseguren la permeabilidad viaria de la línea, además de las correspondientes obras de drenaje.

Beneficios de la actuación

Los principales beneficios derivados de la construcción de estos tres tramos, correspondientes a la línea de Alta Velocidad Madrid-Castilla La Mancha-Comunidad Valenciana/Región de Murcia, son los siguientes:

- Establecimiento de una nueva relación ferroviaria de alta velocidad entre las ciudades de Madrid-Cuenca-Albacete/Valencia-Alicante.
- Aumento de la seguridad con disposición de vallado a ambos lados de la vía, y ausencia de pasos a nivel a lo largo de toda la línea.
- Incremento de la capacidad y la regularidad al contar con doble vía en todo el trayecto.
- Aumento de confort al establecerse unas condiciones óptimas de rodadura.

**NUEVO ACCESO FERROVIARIO DE ALTA VELOCIDAD DE LEVANTE.
MADRID-CASTILLA LA MANCHA-COMUNIDAD VALENCIANA-REGION DE MURCIA
TRAMO: MADRID-CUENCA-FUENTES**



AUTORIZACIÓN LICITACIÓN OBRAS
CONSEJO DE MINISTROS DE 24- FEB- 2006

- EN SERVICIO
- OBRAS
- OBRAS AUTORIZADA LICITACIÓN
- PROYECTO
- PENDIENTE D.I.A.

SITUACIÓN EN FEBRERO DE 2006

CASTILLA-LA MANCHA

ANEXO C. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS USADOS.

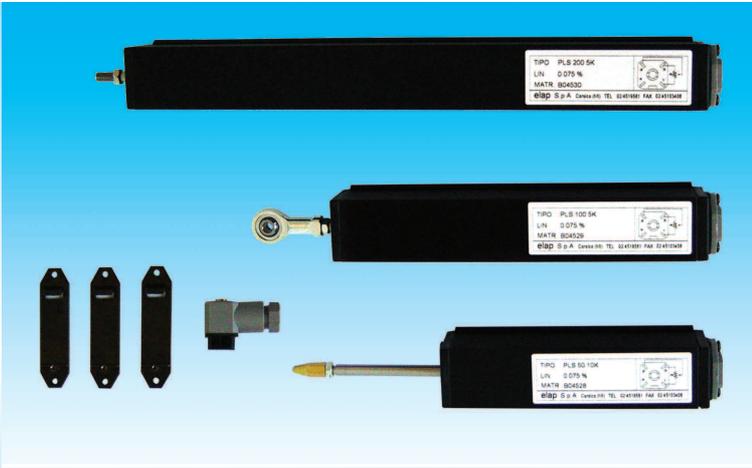
C.1. Características técnicas transductor de desplazamiento.

En las siguientes 2 páginas de este anexo pueden verse las características técnicas de los transductores de desplazamiento ELAP proporcionadas por el proveedor de los transductores.

elap PLS

POTENZIOMETRI LINEARI

LINEAR MOTION POTENTIOMETERS



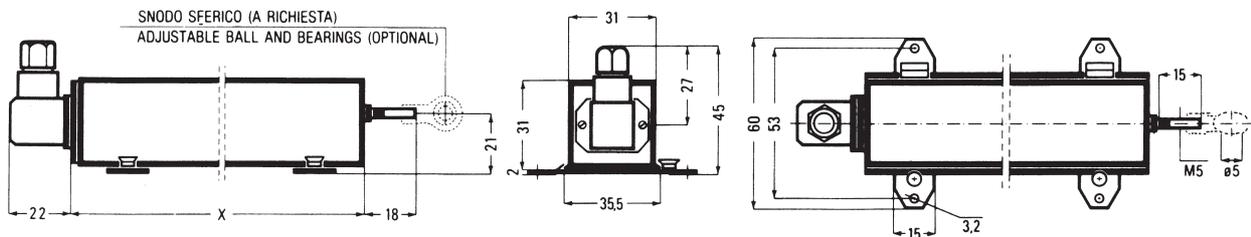
- Elevata linearità
- Numerose corse utili
- Risoluzione infinita
- Fissaggio semplice

I potenziometri lineari della serie PLS trasformano i movimenti meccanici lineari in corrispondenti segnali elettrici; precisi, robusti ed affidabili, soddisfano ogni esigenza di misura e controllo di posizione sulle macchine operatrici di qualsiasi tipo e settore produttivo.

- Excellent linearity
- Several strokes available
- Infinite resolution
- Easy fixing method

Linear motion potentiometers series PLS change mechanical linear moves into the corresponding electrical signals. Accurate, stout and reliable, they solve any problem linked to measuring and positioning control on any kind of industrial machine.

DIMENSIONI MECCANICHE / DIMENSIONS

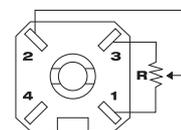


CORSE UTILI / AVAILABLE STROKES

CORSA NOMINALE NOMINAL STROKES	50	100	150	200	250	300	400	500	750	950
X	130	180	230	280	330	380	480	580	830	1030

- CORSA ELETTRICA: corsa nominale ± 1 mm • ELECTRICAL STROKE: nominal stroke ± 1 mm
- CORSA MECCANICA: corsa nominale ± 3 mm • MECHANICAL STROKE: nominal stroke ± 3 mm

SCHEMA COLLEGAMENTI CONNECTIONS DIAGRAM



PIN 1: resistenza 0 Ohm con stelo inserito
resistance 0 Ohm with stem in

CARATTERISTICHE PRINCIPALI

- numerose corse utili disponibili da 50 a 950 mm
- elemento resistivo in plastica conduttiva
- 20 milioni di manovre
- risoluzione infinita
- elevata linearità
- velocità di spostamento fino a 1 m/sec.
- albero diametro 6 mm
- costruzione meccanica con robusta custodia in alluminio
- fissaggio semplice con supporti mobili
- collegamenti elettrici con connettore orientabile
- protezione IP65
- accessori disponibili: molla di ritorno, snodo sferico, giunto di disassamento, puntale a sfera

MAIN FEATURES

- several strokes available from 50 to 950 mm
- conductive plastic resistance element
- 20,000,000 operations life
- infinite resolution
- excellent linearity
- moving speed up to 1 m/sec.
- shaft diameter 6 mm
- stout aluminium case
- easy clamping by movable feet
- electrical connections by orientable connector
- IP65 protection degree
- available fittings: return spring, ball joint, out-of-alignment joint, feeler pin

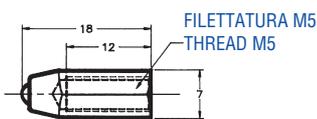
ELAP S.P.A. I-20094 CORSICO (MI) ITALIA - VIA VITTORIO VENETO 4 - TEL. (+39) 02 45 19561 R.A.
FAX (+39) 02 45103406 - E-MAIL: elapspa@tin.it - URL www.elap.it

CARATTERISTICHE TECNICHE SPECIFICATIONS

SERIE PLS

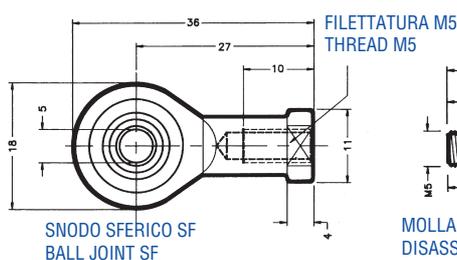
• Corse utili mm Strokes mm	50	100	150	200	250	300	400	500	750	950
• Elemento resistivo Resistive element	plastica conduttiva conductive plastic									
• Valore resistivo Resistive value	standard: 5 KOhm; a richiesta: 2 KOhm, 10 KOhm, 20 KOhm standard: 5 KOhm; on request: 2 KOhm, 10 KOhm, 20 KOhm									
• Tolleranza valore resistivo Total resistance tolerance	standard $\pm 20\%$, a richiesta $\pm 10\%$ standard $\pm 20\%$; on request $\pm 10\%$									
• Linearità indipendente Independent linearity	$\pm 0.075\%$							$\pm 0.1\%$		
• Risoluzione Resolution	infinita infinite									
• Rumore elettrico Output smoothness	< 0.1 % tensione alimentazione < 0.1 % against input voltage									
• Variazione resistenza di contatto Contact resistance variation	< 2 % C.R.V.									
• Massima potenza (W) power rating (W)	0.5	1	1.75	2	2.25	2.5	3	4	4	4.75
• Coefficiente di resistenza temperatura Resistance temperature coefficient	± 400 p.p.m. / ° C									
• Resistenza di isolamento Insulation resistance	> 1000 MOhm a 500 Vcc > 1000 MOhm at 500 Vdc									
• Connessioni elettriche Electrical connections	connettore liberamente orientabile freely rotating connector									
• Materiale custodia Case material	alluminio anodizzato con flange terminali in nylon caricato con vetro anodised aluminium with nylon + glass closing flanges									
• Materiale albero Shaft material	acciaio inossidabile su boccola autolubrificante - rotazione libera stainless steel on autolubricating alebox - free rotation									
• Attrito movimento Sliding friction	0.1 Kg - tipi con molla > 0.5 Kg 0.1 Kg - types with spring > 0.5 Kg									
• Massima tenuta flange terminali Max strain on closing stranges	10 Kg									
• Fissaggio Fixing	supporti metallici posizionabili a piacere freely movable clamping feet									
• Durata Life	20.000.000 manovre senza carico 20,000,000 motions no load									
• Grado di protezione Protection degree	IP65									
• Temperatura di esercizio Operating temperature	- 25° ÷ 85° C									
• Massima velocità lineare stelo Stem max linear speed	1 m / sec.									
• Resistenza alle vibrazioni (10-2000Hz) Resistance to vibrations (10-2000Hz)	15 G									
• Resistenza all'urto (11 ms) Shock resistance (11 ms)	50 G									

ACCESSORI DI MONTAGGIO OPTIONAL FITTINGS

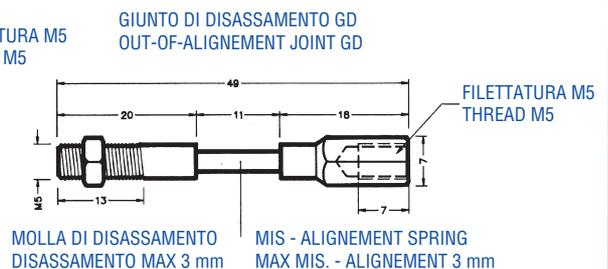


PUNTALE A SFERA PS / FEELER PIN PS

MOLLA DI RITORNO INTERNA MR
disponibile per corse fino a 150 mm
INSIDE RETURN SPRING MR
available for strokes up to 150 mm



SNODO SFERICO SF
BALL JOINT SF



MOLLA DI DISASSAMENTO
DISASSAMENTO MAX 3 mm

MIS - ALIGNEMENT SPRING
MAX MIS. - ALIGNEMENT 3 mm

COME ORDINARE / ORDERING INFORMATION

Esempio / Example

TIPO TYPE	CORSA mm STROKE mm	OHM OHM	TOLLERANZA RESISTENZA RESISTANCE TOLERANCE	ACCESSORI FITTINGS
PLS	50	5 K	$\pm 20\%$	MR

CON RISERVA DI VARIAZIONE
VARIATIONS ADMITTED WITHOUT NOTICE

ELAP S.P.A. I-20094 CORSICO (MI) ITALIA - VIA VITTORIO VENETO 4 - TEL. (++39) 02 45 19561 R.A.
FAX (++39) 02 45103406 - E-MAIL: elapsa@tin.it - URL www.elap.it

C.2. Características técnicas de los equipos auxiliares.

C.2.1. Peso

* Este plano es propiedad de MEKANO-4 S.A. y no debe ser copiado o reproducido, ni total ni parcialmente sin permiso por escrito de MEKANO-4 S.A.

Pedido a proveedor: 07/09/2006

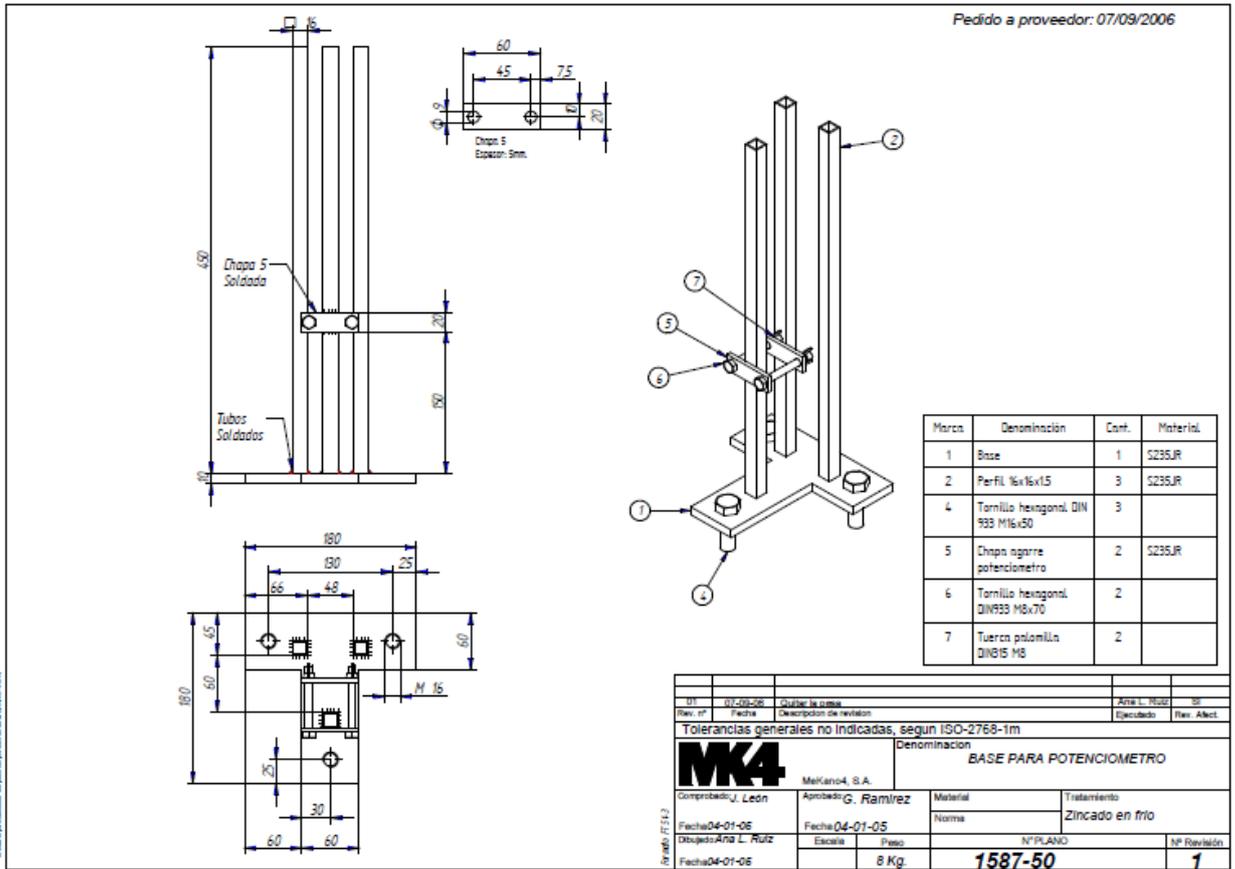
01	07-09-06	Cambiar tipo de arandela	Ana L. Ruiz	SI
Rev. nº	Fecha	Descripcion de revision	Ejecutado	Rev. Afect.

Tolerancias generales no indicadas, segun ISO-2768-1m

 MeKano4, S.A.	Denominacion		Formato: FT 51-4Y
	PESA POTENCIOMETRO		
Comprobado: J. León	Aprobado: G. Ramirez	Material S235JR	Tratamiento
Fecha 04-01-05	Fecha 04-01-05	Norma EN 10025	Zincado en frío
Dibujado: Ana L. Ruiz	Escala	Peso	Nº PLANO
Fecha 04-01-05		5.3 Kg.	1587-49
			Nº Revisión
			1

C.2.2.

Base para potenciómetro.



C.2.3.

Características del cable eléctrico.

SUMTRONIC YCY

SUMTRONIC YCY 20 × 0,22 mm²

Cable manguera flexible apantallado con trenza de cobre destinado a transmisión de señales y datos en informática, en equipos de control electrónico, aplicaciones telefónicas, intercomunicación, etc., especialmente indicado en instalaciones con riesgo de interferencias eléctricas y electromagnéticas.

CONSTRUCCIÓN

Conductor: Cobre electrolítico recocido, clase 5
S/Norma: VDE 0812
Aislamiento: PVC tipo Y1 1
S/Norma: VDE 0812
Formación: Conductores cableados
Código colores: S/DIN 47.100 (tabla IV)
Pantalla: Conjunto: Cinta Pet+Malla Cu Sn
Cobertura: aprox. 60%
Cubierta ext.: PVC tipo YM 1
Color: Gris (RAL 7032)

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Tensión de servicio: 250 V.
Tensión de ensayo: 1.000 V. 1 minuto/s
Resistencia de aislamiento: ≥20 MΩ/km

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Radio de curvatura: 15 × ø ext. (mm)
Temperatura de servicio: -5... +70°C

SECCIÓN: 0,14 mm² (18x0,10)

RΩ: ≤136 Ω / km CAP: C* 100 pF/m

Número conductores	Ø exterior mm nom.	Peso cable kg/km
2x0,14	3,9	21
3x0,14	4,1	25
4x0,14	4,4	29
5x0,14	4,7	33
7x0,14	5	40
8x0,14	5,7	49
10x0,14	6,5	59
12x0,14	6,7	65
14x0,14	7	72
16x0,14	7,3	79
18x0,14	7,6	83
21x0,14	7,6	89
24x0,14	8,7	109
25x0,14	8,7	112
27x0,14	8,9	117
30x0,14	9,2	127
36x0,14	10,2	152
37x0,14	10,2	157
50x0,14	11,7	203

SECCIÓN: 0,34 mm² (7x0,25)

RΩ: ≤52,2 Ω / km CAP: C* 125 pF/m

Número conductores	Ø exterior mm nom.	Peso cable kg/km
2x0,34	4,8	32
3x0,34	5	39
4x0,34	5,8	52
6x0,34	6,8	69
7x0,34	6,8	74
8x0,34	7,2	83
9x0,34	7,2	92
10x0,34	8,3	101
12x0,34	8,5	113
14x0,34	8,9	127
16x0,34	9,4	141
20x0,34	10,3	175
24x0,34	11,8	208
25x0,34	11,8	217
37x0,34	13,4	290
50x0,34	15,8	400

SECCIÓN: 0,75 mm² (24x0,20)

RΩ: ≤26 Ω / km CAP: C* 150 pF/m

Número conductores	Ø exterior mm nom.	Peso cable kg/km
2x0,75	6,1	53
3x0,75	6,4	66
4x0,75	6,9	80
6x0,75	7,7	93
12x0,75	10	151
16x0,75	12,2	164

SECCIÓN: 0,22 mm² (7x0,20)

RΩ: ≤85 Ω / km CAP: C* 120 pF/m

Número conductores	Ø exterior mm nom.	Peso cable kg/km
2x0,22	3,8	21
3x0,22	4	25
4x0,22	4,5	31
5x0,22	4,8	37
6x0,22	5,2	42
7x0,22	5,2	45
8x0,22	5,5	50
9x0,22	6,6	55
10x0,22	6,6	68
12x0,22	6,8	77
14x0,22	7,2	84
16x0,22	7,6	97
21x0,22	8,4	120
25x0,22	9,6	131
30x0,22	10,1	170
37x0,22	10,8	200
40x0,22	11,2	221

SECCIÓN: 0,50 mm² (16x0,20)

RΩ: ≤39 Ω / km CAP: C* 140 pF/m

Número conductores	Ø exterior mm nom.	Peso cable kg/km
2x0,50	5,7	45
3x0,50	6	54
4x0,50	6,4	65
5x0,50	7	76
6x0,50	7,5	87
7x0,50	7,5	95
8x0,50	8	106
10x0,50	9,3	130
12x0,50	9,6	147
16x0,50	11	194
20x0,50	11,6	225
24x0,50	13,3	273
25x0,50	13,3	280
30x0,50	14,4	337
36x0,50	15,5	390
40x0,50	16	427
50x0,50	18	525
60x0,50	19,5	630

NOTA

Otras medidas y secciones se pueden fabricar bajo demanda.

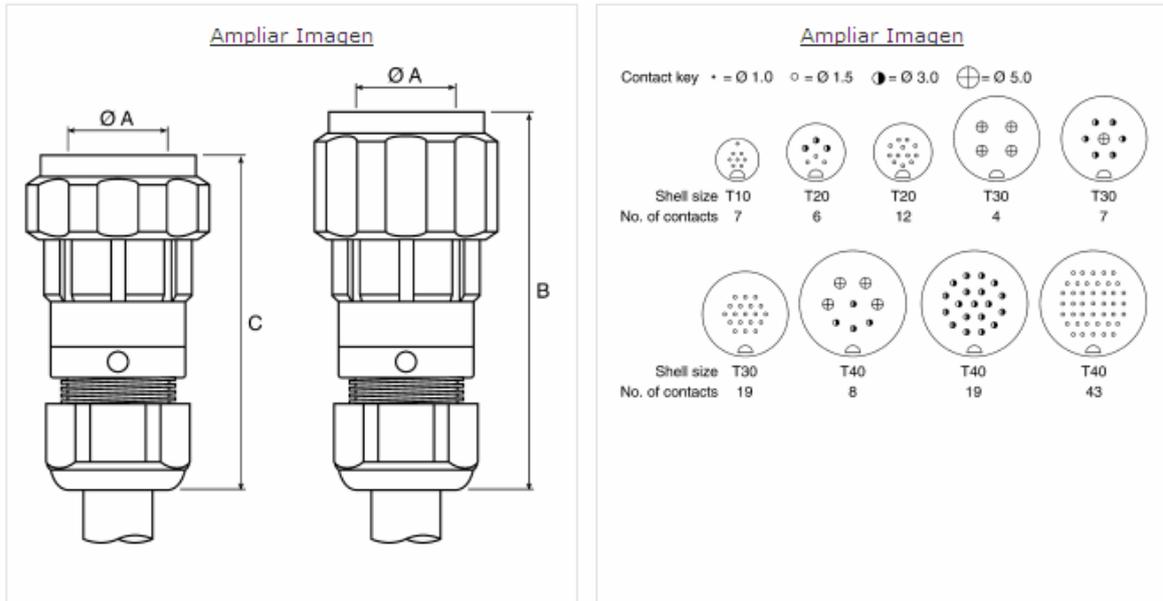
C* Capacidad entre conductores

C.2.4.

Características técnicas conectores.

Detalles

Conectores macho y hembra aéreos y para montaje en panel



Descripción de la gama

Conectores Ceep

Conectores IP67 de alta calidad diseñados especialmente para su uso en aplicaciones náuticas y otras aplicaciones en entornos hostiles. Los conectores tienen un acabado de óxido de zinc negro, junto a un chapado de níquel que garantiza una excelente protección frente a los efectos del agua salada.

- Carcasa fabricada en aluminio
- Contactos de latón mecanizado con chapado de oro sobre níquel
- Para uso en aplicaciones de datos, señal, control y potencia
- Se suministran totalmente ensamblados

Características técnicas			
Corriente nominal:	1,0 mm	7,5 A	(0,75 mm ²)
(tamaño del cable)	1,5 mm	10 A	(1,75 mm ²)
	3,0 mm	25 A	(5,1 mm ²)
	5,0 mm	50 A	(13 mm ²)
Resistencia de contacto	< 0,005 Ω		
Materiales de contacto	Latón mecanizado, chapado de oro sobre níquel		
Material de la carcasa	Aleación de aluminio		
Protección	Níquel no electrolítico		
Aislante	Thermoset		
Grado IP	IP67 (IEC625)		
Temperaturas de funcionamiento	-35 a +85°C		

Pruebas de carga estáticas en los puentes. Aplicación al caso del viaducto sobre la N-320 de la LAV- Levante (Provincia de Cuenca)

Dimensiones (mm)				
Para conectores de montaje aéreos				
Tamaño de la carcasa	Macho		Hembra	
	A	B	A	C
T-10	27,5	65,0	27,5	56,4
T-20	36,5	74,3	36,5	66,7
T-30	52,0	85,8	52,0	78,2
T-40	64,5	96,5	64,5	89,0

Dimensiones (mm)						
Para conectores para montaje en panel						
Tamaño de la carcasa	A	B (conector macho)	B (conector hembra)	C	D	E
T-10	21	23	22,5	25	19	3,2
T-20	28	24	24,5	31	24	3,5
T-30	42	24	24,5	46	34	3,5
T-40	52	24	24,5	56	41	3,5

C.3. Características técnicas módulo de adquisición de datos.

C.3.1. Chasis del módulo de adquisición de datos.



Ventas
España
91 640 0085
ni.spain@ni.com

Chasis de NI CompactDAQ

Instalación y configuración plug-and-play

Incluye fuente de alimentación AC y cable USB

Juegos de montaje disponibles para panel, cubierta, riel DIN y desarrollo de escritorio (como se muestra en la imagen)

Construcción de metal A380

Más de 5 MS/s por chasis en adquisición analógica de alta velocidad

Conectividad por Hi-Speed USB a la PC



Los chasis NI CompactDAQ se envían con todo lo que usted necesita para conectar a su PC los módulos de E/S de la Serie C incluyendo una fuente de alimentación AC y un cable USB de 1.8 m. Un chasis NI CompactDAQ opera con mínimo un módulo E/S de la Serie C o máximo con ocho, así usted puede configurar su sistema de medida para cumplir con sus necesidades ahora y dejar ranuras libres para una futura expansión.

C.3.2. Módulo de entrada Analógica.



Ventas
España
91 640 0085
ni.spain@ni.com

NI 9205

Módulo de Entrada Analógica de 32 Canales ± 200 mV a ± 10 V, 16 Bits, 250 kS/s

Conectividad de terminal de resorte o D-Sub
Resolución de 16 bits, rango de muestreo acumulado de 250 kS/s
Rango de operación de -40 a 70 °C
Operación intercambiable en vivo; protección de sobrevoltaje; aislamiento
32 entradas analógicas de una sola terminal o 16 diferenciales
Rangos de entrada programables de ± 200 mV, ± 1 V, ± 5 V y ± 10 V
Certificados de calibración trazable expedidos por el NIST



Información General

El NI 9205 de National Instruments cuenta con 32 entradas analógicas de una sola terminal y 16 diferenciales, resolución de 16 bits y máxima velocidad de muestreo de 250 kS/s. Cada canal NI 9205 tiene rangos de entrada programables de ± 200 mV, ± 1 V, ± 5 V y ± 10 V. Para protegerse contra señales transitorias, el módulo NI 9205 incluye hasta 60 V de protección contra sobrevoltajes entre canales de entrada y común (COM). Además, este módulo incluye doble barrera de aislamiento de canal a tierra para seguridad, inmunidad a ruido y alto rango de voltaje en modo común. Está diseñado para protección de sobrevoltaje transitorio de 1,000 Vrms.

Hay dos opciones de conector para el NI 9205; un conector de terminal de resorte de 36 posiciones para conectividad directa o un conector D-Sub de 37 posiciones. Para procurar la liberación de tensión y protección de alto voltaje a la terminal de 36 posiciones del NI 9205, se recomienda el accesorio NI 9940 de liberación de tensión.

El NI 9205 con opción D-Sub tiene un conector D-Sub estándar en la industria de 37 posiciones que brinda una opción de cableado de bajo costo a una variedad de accesorios de NI o de terceros. Algunos vendedores ofrecen fabricación personalizada de cable D-Sub y pueden proporcionar cables con pin-out que satisfaga las necesidades de su aplicación. El NI 9933 (u otro conector de D-Sub de 37 pines) se requiere para usarse con el NI 9205 con D-Sub. El NI 9933 incluye un conector de terminal de tornillo con liberación de tensión así como un conector D-Sub para crear cable personalizados.

Especificaciones

Documentos con Especificaciones

Especificaciones Detalladas
Hoja de Datos (Inglés)

Resumen de Especificaciones

General

Formato Físico	CompactDAQ, CompactRIO
Soporte para SO	Windows, Real-Time
Tipos de Medida	Voltaje
Tipo de Aislamiento	Aislamiento de Canal a Tierra

Entrada Analógica

Número de Canales	32 SE/16 DI
Velocidad de Muestreo	250 kS/s
Resolución	16 bits
Muestreo Simultáneo	No
Rango de Voltaje Máximo	-10..10 V
Precisión del Rango	6220 μ V
Rango de Voltaje Mínimo	-0.2..0.2 V
Precisión del Rango	157 μ V

Salida Analógica

Número de Canales	0
--------------------------	---

E/S Digital

Número de Canales	0
--------------------------	---

Contadores/Temporizadores

Número de Contadores/Temporizadores	0
--	---

Temporización/Disparo/Sincronización

Disparo	Analógico
Dispara Chasis cDAQ	No

Especificaciones Físicas

Longitud	9 cm
Ancho	2.3 cm
Conector de E/S	D-Sub de 37 pines, Terminal de resorte de 36 posiciones
Temperatura de Operación	-40..70 °C
Temperatura de Almacenamiento	-40..85 °C

Precios

null

Servicios**Instalación de Fábrica**

Reduzca el tiempo de configuración con los servicios de instalación de National Instruments y adquiera un sistema listo para usarse desde el momento en que lo recibe. Los servicios de instalación de fábrica incluyen:

- Instalación y pruebas de integración de cada hardware
- Instalación de cortesía de juegos de controladores y entornos de desarrollo de aplicaciones
- Tres años de garantía y cobertura de calibración
- Documentación personalizada además de una utilidad para recuperación y arranque a la medida

Este servicio esta ahora está disponible para sistemas PXI, CompactRIO y Compact FieldPoint.

Aprenda Más Acerca de los Servicios de Configuración y Desarrollo

<http://www.ni.com/services/esa/configuration.htm>

Personalice Su Sistema NI CompactRIO <http://ohm.ni.com/advisors/crio>

Configure Su Sistema NI Compact FieldPoint <http://ohm.ni.com/advisors/cfp>

Personalice su Sistema PXI <http://ohm.ni.com/advisors/pxi>

Hable con un Experto Sobre Configuraciones Personalizadas del Sistema

[javascript:openCallMeWindowCTA\(document.referrer,%20'US'\)](javascript:openCallMeWindowCTA(document.referrer,%20'US'))

Garantía Extendida

National Instruments diseña y fabrica todos los productos para reducir fallas, pero sabemos que pueden ocurrir fallas inesperadas. La garantía extendida le proporciona un precio económico fijo al momento de comprar su sistema que cubre cualquier costo de reparación por hasta tres años.

Ahorro significativo en comparación con incidentes que requieren reparación individual.

NI lleva a cabo localización de fallas, diagnósticos y reparación en cualquier momento si el sistema del producto falla.

Todas las partes y costos por mano de obra están cubiertos, así como cualquier ajuste necesario para restaurar completamente las especificaciones de manufactura del hardware

Para mayor información sobre sus opciones de garantía:

Aprenda Más sobre los Servicios de Garantía <http://www.ni.com/services/esa/warranty.htm>

Hable con un Experto Sobre Garantías Extendidas [javascript:openCallMeWindowCTA](javascript:openCallMeWindowCTA(document.referrer,%20'US'))

[document.referrer,%20'US'\)](javascript:openCallMeWindowCTA(document.referrer,%20'US'))

Vea las Políticas de la Garantía de Reparación http://www.ni.com/services/warranty_repair_policies.htm

Calibración

NI reconoce la necesidad de mantener los dispositivos calibrados adecuadamente para poder obtener medidas de alta precisión. Proporcionamos procedimientos de calibración manual, servicios para calibrar sus productos y software de calibración automatizada para calibrar varios de nuestros productos de medida.

Aprenda Más sobre los Servicios Calibración <http://www.ni.com/services/calibration.htm>

Capacitación

La capacitación de NI es el camino más rápido y acertado a la productividad con las herramientas de NI y al desarrollo exitoso de aplicaciones.

Aprenda más acerca de la Capacitación y Certificación de National

Instruments http://www.ni.com/training/esa/http://www.ni.com/training/esa/why_train.htm

Vea información y horarios de cursos <http://sine.ni.com/apps/utf8/nisv.custed>

Servicios de Reparación

Usted puede devolver su producto registrado bajo garantía sin costos adicionales por mano obra y de partes. NI ofrece localización de fallas, diagnósticos y reparación en cualquier momento si el sistema falla así como cualquier ajuste necesario para restaurar completamente las especificaciones de manufactura del hardware.

Aprenda Más sobre los Servicios de Garantía <http://www.ni.com/services/esa/warranty.htm>

Comuníquese con nosotros para obtener un formulario de Return Material Authorization (RMA) e instrucciones de envío http://sine.ni.com/apps/utf8/nicc.call_me

Vea el estado de su petición de RMA en línea <http://www.ni.com/support/servicereq/>

Registre su producto <http://www.ni.com/register>

Soporte Técnico

www.ni.com/soporte <http://www.ni.com/support/esa/>

Recursos

Información Adicional de Productos

Manuales (3)

Dibujos Dimensionales (2)

Certificación de Producto (2)

[Mi Perfil](#) | [RSS](#) | [Privacidad](#) | [Aviso Legal](#) | [Comuníquese con NI](#) © 2009 National Instruments Corporation. All rights reserved. | [✉ Enviar esta página](#)

ANEXO D. PROYECTO DE PRUEBA DE CARGA

En las siguientes páginas se encuentra el Proyecto para la realización de la prueba de carga del viaducto sobre la N-320, realizado por Iberinsa.

 IBERINSA IBERICA DE ESTUDIOS E INGENIERIA, S.A.	HOJA DE CALCULOS	CALCULO N°204067....
	LAV OLALLA – ARCAS DEL VILLAR VIADUCTO SOBRE LA N-320	PAGINA.....

3. PRUEBA DE CARGA MEDIANTE CAMIONES

3.1 INTRODUCCIÓN

Para realizar la prueba de carga mediante camiones del viaducto sobre la N-320 se tendrán en cuenta las Recomendaciones para la realización de pruebas de carga de recepción de puentes de carretera.

De acuerdo con el artículo 5 de la “Instrucción sobre las acciones a considerar en el Proyecto de Puentes de Carreteras (IAP)” todo puente deberá ser sometido a una prueba de carga antes de su puesta en servicio. El objeto de dicha prueba es controlar la adecuada concepción y la buena ejecución de la obra mediante el examen de su comportamiento bajo las cargas de explotación. Se excluyen de la necesidad de realizar prueba de carga las estructuras que por sus características funcionales no se vean afectadas en su comportamiento resistente por las cargas de servicio.

Al realizar la prueba de carga se intenta comprobar que la obra se comporta según lo expuesto en el proyecto, confirmando las teorías vertidas en él.

En este capítulo se incluye únicamente la prueba de carga estática, siendo objeto de otro apartado de este anejo la prueba de carga dinámica.

 IBERINSA IBERICA DE ESTUDIOS E INGENIERIA, S.A.	HOJA DE CALCULOS	CALCULO N°204067....
	LAV OLALLA – ARCAS DEL VILLAR VIADUCTO SOBRE LA N-320	PAGINA.....192

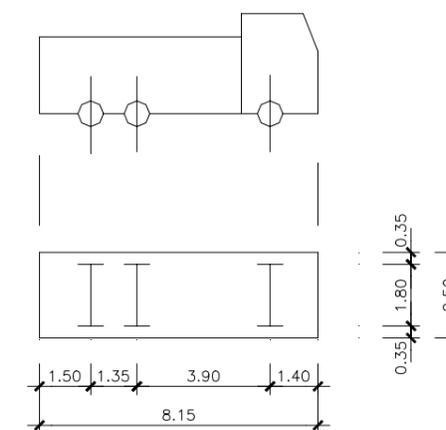
3.2 DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA

3.2.1 Características

La prueba se realizará en los estados correspondientes a los esfuerzos de referencia que existan en cada tipología de estructura. Así en puentes de tableros de vigas prefabricadas doble “T” o artesas el esfuerzo de referencia será el flector de cada centro de vano existente con dos estados de carga, uno de camiones centrados transversalmente en el eje del tablero y otro con la máxima excentricidad transversal, si la relación ancho/luz así lo aconseja. En puentes de varios vanos continuos existirán los flectores en centro de cada vano y el de cada pila pudiendo tener también dos estados de carga para cada uno según la relación ancho/luz de cada vano. Esto se definirá con mayor precisión en cada estructura.

Para la realización de la misma se utilizará el camión recogido en el anejo 1 de las “Recomendaciones para la realización de pruebas de carga de recepción de puentes de carretera” de las siguientes características:

- Carga total del camión: 26 toneladas
- Número de ejes: 1 delantero + 2 traseros
- Carga eje delantero: 7 Toneladas
- Carga ejes traseros: 2 x 9.5 Toneladas
- Distancia entre ejes: 3,90 + 1,35 metros
- Distancia entre ruedas de un mismo eje: 1,80 metros



ESQUEMA DE CAMION DE 26 Tm.

	HOJA DE CALCULOS	CALCULO N°204067....
	LAV OLALLA – ARCAS DEL VILLAR VIADUCTO SOBRE LA N-320	PAGINA.....

La posición de las mismas se indica para cada estado de carga en los esquemas correspondientes. Dichas posiciones se han escogido de forma que los esfuerzos producidos estén en torno al 60 % de los valores teóricos producidos por el tren de cargas de la "Instrucción sobre las acciones a considerar en el Proyecto de Puentes de Carreteras (IAP)", adoptando sus valores característicos sin mayorar. En ningún caso las solicitaciones producidas por el tren de cargas real serán superiores al 70 % de los esfuerzos teóricos.

3.2.2 Inspección

Antes de comenzar la prueba se realizará una inspección general de la obra, incluidos los elementos singulares de la misma (aparatos de apoyo, juntas, etc.).

Se marcarán las fisuras existentes antes de la prueba, y durante la misma se inspeccionará el comportamiento de la estructura señalizándose los fenómenos que se vayan observando, particularmente las fisuras.

Al finalizar la prueba se realizará una última inspección general.

Para realizar las inspecciones deberá estar visible la estructura por arriba y por debajo con objeto de poder observar los paramentos y fondo del puente desde tan cerca como sea posible.

3.2.3 Elementos a controlar

Se controlará el comportamiento del tablero mediante la medición de deformaciones verticales en las secciones de referencia y observando los posibles fenómenos de fisuración.

Los puntos de medida se situarán de acuerdo con las posiciones indicadas en los croquis correspondientes a cada estructura.

3.2.4 Aparatos de medida

La medición se realizará mediante flexímetros o nivelación de alta precisión realizada con tres aparatos de medida cuando por condicionantes del tráfico inferior no se puedan situar los primeros bajo el tablero; se situarán los segundos en un extremo del puente en el eje longitudinal del mismo y a ambos lados de la calzada. Desde cada una de ellos se visionarán miras fijas situadas según se indicó anteriormente. Para cada nivel se tomará un punto exterior fijo de referencia.

Se realizarán mediciones de la temperatura del hormigón de la cara superior del tablero y en los laterales de la losa mediante termómetro.

Mediante lupas graduadas, se medirán las fisuras detectadas, dichas lupas permitirán observar hasta décimas de milímetro.

	HOJA DE CALCULOS	CALCULO N°204067....
	LAV OLALLA – ARCAS DEL VILLAR VIADUCTO SOBRE LA N-320	PAGINA.....193

3.2.5 Desarrollo de la prueba

a) Antes de comenzar la prueba se realizarán los siguientes trabajos:

- Se marcará sobre el tablero la posición exacta que han de tener los ejes longitudinales y transversales de los camiones durante la prueba (en cada una de los estados).
- Pesaje de cada uno de los ejes de los camiones, comprobando su coincidencia con las cargas teóricas de la prueba.
- La detección de fisuras en la observación previa hará necesaria la localización y medición de las mismas.
- Se medirá la temperatura.
- Medición de las flechas con puente descargado.

b) Durante la realización de la prueba de carga se tendrán en cuenta las siguientes observaciones:

- Debe colocarse un camión en su posición exacta antes de dar paso al siguiente del mismo estado de carga.
- Se observarán continuamente los aparatos de medida, anotando todos los resultados más importantes aunque no vayan a figurar en el informe final.
- Los camiones utilizados en la prueba tendrán las características lo más aproximadas posibles a las indicadas.

3.2.6 Mediciones a realizar

En cada tablero y para cada estado de carga se medirán, al menos, las flechas en todos los centros de vano y el descenso de las líneas de apoyo.

También se realizarán las mediciones de temperatura en las zonas anteriormente indicadas y el seguimiento de fisuras, reflejando en cada estado la anchura de las mismas.

De un modo general, la prueba se adaptará a las "Recomendaciones para la realización de pruebas de carga de recepción de puentes de carretera" del Ministerio de Fomento (1999), resumiéndose a continuación el proceso a seguir:

Criterios de estabilización.

	HOJA DE CALCULOS	CALCULO N°204067....
	LAV OLALLA – ARCAS DEL VILLAR VIADUCTO SOBRE LA N-320	PAGINA.....

Una vez situado el tren de carga correspondiente, bien a un estado intermedio (escalón de carga) o al final de cualquier estado de carga, se realizará una medida de la respuesta instantánea de la estructura, y se controlarán los aparatos de medida situados en los puntos en que se esperen las deformaciones más desfavorables desde el punto de vista de la estabilización.

Transcurridos 10 minutos se realizará una nueva lectura en dichos puntos. Si las diferencias entre los nuevos valores de la respuesta y los instantáneos son inferiores al 5% de estos últimos, o bien son del mismo orden de la precisión de los aparatos de medida, se considerará estabilizado el proceso de carga y se realizará la lectura final en todos los puntos de medida.

En caso contrario se mantendrá la carga durante un nuevo intervalo de 10 minutos, y deberá cumplirse al final de los mismos que la diferencia de lecturas correspondiente a ese intervalo no supere en más de un 20% a la diferencia de lecturas correspondiente al intervalo anterior, o bien sea del orden de la precisión de los aparatos de medida.

Si esto no se cumpliera, se procederá, a juicio de Ingeniero Director de las pruebas, a mantener la carga durante un nuevo intervalo, a suspender dicho estado de carga o bien a reducir la carga correspondiente al estado considerado.

Una vez alcanzada la estabilización se tomarán las lecturas finales en todos los puntos de medida.

Por otra parte, deberá comprobarse que no se detecta ningún signo o muestra de fallo o inestabilidad en alguna parte de la estructura.

Una vez descargada totalmente la estructura se esperará a que los valores de las medidas estén estabilizados, aplicando el mismo criterio seguido para el proceso de carga. La diferencia entre los valores estabilizados después de la descarga y los iniciales antes de cargar serán los valores remanentes correspondientes al estado considerado.

En el caso de que la diferencia entre los valores obtenidos inmediatamente después de la descarga y los obtenidos antes de cargar sea inferior al límite que para cada caso se establece en el apartado siguiente, no será necesaria la comprobación del criterio de estabilización, y podrá procederse a la lectura definitiva de todos los aparatos de medida.

En ningún caso se iniciará la ejecución de un nuevo ciclo de carga antes de haber transcurrido al menos 10 minutos desde la descarga correspondiente al ciclo precedente.

Criterio de remanencia.

Los valores remanentes después del primer ciclo de carga se considerarán aceptables siempre que sean inferiores a los límites indicados en este apartado.

Los límites para las remanencias que se indican a continuación en forma de porcentaje, están referidos a los valores máximos de la respuesta medida de la estructura:

Puentes de hormigón pretensado o mixtos: 15%

	HOJA DE CALCULOS	CALCULO N°204067....
	LAV OLALLA – ARCAS DEL VILLAR VIADUCTO SOBRE LA N-320	PAGINA.....194

Siempre que una vez terminado el primer ciclo de carga se obtengan valores remanentes que superen los límites que se hubieran previsto como admisibles se procederá de la forma siguiente:

- Si los valores remanentes alcanzan el doble de los admisibles se suspenderá la aplicación de la carga.
- Si los valores remanentes superan el límite admisible, pero sin llegar a doblar este valor, se deberá realizar un segundo ciclo de carga, y deberá entonces cumplirse que la deformación remanente correspondiente a este segundo ciclo no supera el 50% de la correspondiente al primer ciclo.

Caso de que, realizado el segundo ciclo no se hubieran alcanzado resultados satisfactorios, el Ingeniero Director de las pruebas suspenderá la aplicación de la carga correspondiente, tomando respecto a los demás estados de carga las medidas que crea conveniente.

La realización de nuevos ciclos de carga en un momento determinado de las pruebas podrá ser también decidida por el Director de las mismas a la vista de los resultados observados en el ciclo precedente. Una de las circunstancias que pueden aconsejar esto es la existencia de dudas razonables en las lecturas de algunas de las medidas. En cualquier caso esto forma parte de un criterio de análisis rápido de los resultados que corresponde realizar al Director de las pruebas y decidir en consecuencia.

Criterios de aceptación.

Además de los criterios expuestos referentes a la estabilización de las medidas y al tratamiento de los valores remanentes, que inciden fundamentalmente sobre el desarrollo del ensayo, se tendrán en cuenta otros criterios referentes a la aceptación de la obra derivados de los resultados de la prueba de carga:

- a) Los valores de las magnitudes máximas al finalizar el ciclo de carga, medidas después de la estabilización, no superarán en más de un 15% a los valores previstos en el proyecto de la prueba.
- b) Por condiciones de servicio, e incluso por razones estéticas, la relación flecha/luz no superará el valor límite de $f/l < 1/500$.

3.2.7 Preparación de la prueba

Cálculo

Con los datos de proyecto y de obra (características del hormigón, espesores reales, cargas permanentes, etc.) y con los tipos de camiones y etapas de carga elegidas se procede a calcular los esfuerzos más significativos y las flechas correspondientes en cada sección a los puntos de medición antes indicados. Los resultados de este cálculo, para cada estado de carga, se incluyen en el apartado de resultados de cálculos de cada estructura.

 IBERINSA <small>IBERICA DE ESTUDIOS E INGENIERIA, S.A.</small>	HOJA DE CALCULOS	CALCULO N°204067....
	LAV OLALLA – ARCAS DEL VILLAR VIADUCTO SOBRE LA N-320	PAGINA.....

 IBERINSA <small>IBERICA DE ESTUDIOS E INGENIERIA, S.A.</small>	HOJA DE CALCULOS	CALCULO N°204067....
	LAV OLALLA – ARCAS DEL VILLAR VIADUCTO SOBRE LA N-320	PAGINA.....195

Referencias fijas y mediciones precisas

Antes de proceder a la realización de la prueba, se nivelarán los puntos de medición, refiriéndolos a puntos de referencia fijos. Dichos puntos se situarán fuera del puente y no han de verse afectados por la prueba de carga; su posición se fijará de forma que sea lo más sencillo posible referir a ellos las deformaciones de un punto cualquiera de medida en cada estado de carga.

3.3 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE CARGA

En los planos del viaducto se han incluido los esquemas con la posición de los camiones en el tablero del viaducto sobre la N-320 y las flechas verticales en los centros de los vanos obtenidas del análisis de dichas posiciones en el modelo global de cálculo del tablero. Este modelo se ha calculado con el mismo programa con el que se ha hecho el cálculo longitudinal del tablero, program CIVILCAD2000 y en el apéndice de listados de ordenador se han incluido los ficheros correspondientes a la carga de la prueba sobre cada uno de los vanos del tablero: ficheros PRUEBA-VANO1, PRUEBA-VANO2, PRUEBA-VANO3, PRUEBA-VANO4 y PRUEBA-VANO5. Combinando los resultados de carga en estos vanos se obtiene cada uno de los estados de carga de la prueba:

FASE	Carga en vanos	
1	1	2
2	1	3
3	2	3
4	2	4
5	3	4
6	3	5
7	4	5

En la siguiente tabla se muestran los esfuerzos máximos producidos por estas posiciones de carga y su relación con los máximos esfuerzos teóricos producidos en el tablero por el tren de cargas UIC de la instrucción IAPF.

 IBERINSA IBERICA DE ESTUDIOS E INGENIERIA, S.A.	HOJA DE CALCULOS	CALCULO N°204067....
	LAV OLALLA – ARCAS DEL VILLAR VIADUCTO SOBRE LA N-320	PAGINA.....

 IBERINSA IBERICA DE ESTUDIOS E INGENIERIA, S.A.	HOJA DE CALCULOS	CALCULO N°204067....
	LAV OLALLA – ARCAS DEL VILLAR VIADUCTO SOBRE LA N-320	PAGINA.....196

ESFUERZOS PRODUCIDOS POR LA PRUEBA DE CARGA

	M max (mton)	M prueba (mton)	Mprueba/M max	V max (ton)	V prueba (ton)	Vprueba/V max
centro vano 1	2980.01	956.56	0.32			
apoyo P-1	-3865.44	-1307.07	0.34	616.67	168.81	0.27
centro vano 2	3329.80	1086.14	0.33			
apoyo P-2	-4193.30	-1485.03	0.35	625.13	166.03	0.27
centro vano 3	3440.86	1074.97	0.31			
apoyo P-3	-4193.42	-1485.11	0.35	-607.60	-154.98	0.26
centro vano 4	3330.00	1085.21	0.33			
apoyo P-4	-3865.31	-1303.09	0.34	-598.14	-157.72	0.26
centro vano 5	3033.10	951.20	0.31			

M max, V max = esfuerzos producidos por las cargas de la instrucción

FLECHAS VERTICALES EN CENTRO DE VANO (mm)

Vano	fase 1	fase 2	fase 3	fase 4	fase 5	fase 6	fase 7
1	-1.4	-3.8	1.4	2.1	-0.4	-0.5	0.1
2	-4.1	3.6	-3.5	-6.1	1.5	2.2	-0.5
3	1.7	-6.0	-3.6	4.2	-3.5	-6.0	1.7
4	-0.4	2.2	1.5	-6.1	-3.5	3.6	-4.0
5	0.1	-0.5	-0.4	2.0	1.4	-3.8	-1.4

Flechas negativas = hacia abajo

 IBERINSA IBERICA DE ESTUDIOS E INGENIERIA,S.A.	HOJA DE CALCULOS	CALCULO N°204067....
	LAV OLALLA – ARCAS DEL VILLAR VIADUCTO SOBRE LA N-320	Listado PRUEBA-VANO3

** CivilCAD2000 - Versión 33 - (c) 1999 . Autores : L.M.Callís y J.M.Roig **

PRUEBA DE CARGA

Nombre del proyecto : via-n320.

Definición del camión

Carga	Valor	dl	dt
1	4.750	0.000	0.900
2	4.750	0.000	-0.900
3	4.750	1.350	0.900
4	4.750	1.350	-0.900
5	3.500	5.250	0.900
6	3.500	5.250	-0.900

Geometría del tipo de camión:
 - Carga : número de rueda del camión.
 - Valor (T) : carga aplicada en la rueda.
 - dl(m): coordenada de posición de la rueda en la dirección de avance respecto ejes locales del camión.
 - dt(m): coordenada transversal de posición de la rueda respecto ejes locales del camión.

Posición de los camiones

Camión	xPC	yPC
1	76.450	-3.150
2	76.450	3.150
3	76.450	0.000
4	85.100	-3.150
5	85.100	3.150
6	85.100	0.000
7	93.750	-3.150
8	93.750	3.150
9	93.750	0.000
10	102.400	-3.150
11	102.400	3.150
12	102.400	0.000

Posición de los camiones:
 - xPC(m): distancia medida sobre la directriz del puente desde su origen a la proyección del origen local del camión sobre la propia directriz.
 - yPC(m): distancia medida desde dicha proyección al origen local del camión.

Listado de flechas obtenidas en la prueba de carga

Punto	fPC
1	0.000
2	-0.136
3	-0.265
4	-0.376
5	-0.463
6	-0.517
7	-0.529

 IBERINSA IBERICA DE ESTUDIOS E INGENIERIA,S.A.	HOJA DE CALCULOS	CALCULO N°204067....
	LAV OLALLA – ARCAS DEL VILLAR VIADUCTO SOBRE LA N-320	PAGINA.....237

8	-0.492
9	-0.397
10	-0.236
11	0.000
12	0.399
13	0.868
14	1.348
15	1.778
16	2.100
17	2.253
18	2.180
19	1.819
20	1.112
21	0.000
22	-1.501
23	-3.078
24	-4.427
25	-5.320
26	-5.629
27	-5.310
28	-4.407
29	-3.058
30	-1.482
31	0.000
32	1.096
33	1.792
34	2.147
35	2.220
36	2.068
37	1.751
38	1.328
39	0.855
40	0.393
41	0.000
42	-0.232
43	-0.391
44	-0.485
45	-0.521
46	-0.509
47	-0.456
48	-0.371
49	-0.261
50	-0.134
51	0.000

Punto: Ordinal del punto de discretización de la directriz del puente.
 fPC : flecha en el punto de la directriz del puente en la prueba de carga.
 Valores dados en mm.

Listado de esfuerzos

Barra	Nodo	Axil(T)	Cortante(T)	Torsor(mT)	Flector(mT)
1	1	0.000	6.535	0.000	0.000
1	2	0.000	6.535	0.000	20.911
2	2	0.000	6.535	0.000	20.911
2	3	0.000	6.535	0.000	41.821
3	3	0.000	6.535	0.000	41.821
3	4	0.000	6.535	0.000	62.732
4	4	0.000	6.535	0.000	62.732
4	5	0.000	6.535	0.000	83.643
5	5	0.000	6.535	0.000	83.643

 IBERINSA IBERICA DE ESTUDIOS E INGENIERIA, S.A.	HOJA DE CALCULOS		CALCULO N°204067....
	LAV OLALLA – ARCAS DEL VILLAR VIADUCTO SOBRE LA N-320		Listado PRUEBA-VANO3

 IBERINSA IBERICA DE ESTUDIOS E INGENIERIA, S.A.	HOJA DE CALCULOS		CALCULO N°204067....
	LAV OLALLA – ARCAS DEL VILLAR VIADUCTO SOBRE LA N-320		PAGINA.....238

5	6	0.000	6.535	0.000	104.554
6	6	0.000	6.535	0.000	104.554
6	7	0.000	6.535	0.000	125.464
7	7	0.000	6.535	0.000	125.464
7	8	0.000	6.535	0.000	146.375
8	8	0.000	6.535	0.000	146.375
8	9	0.000	6.535	0.000	167.286
9	9	0.000	6.535	0.000	167.286
9	10	0.000	6.535	0.000	188.196
10	10	0.000	6.535	0.000	188.196
10	11	0.000	6.535	0.000	209.107
11	11	0.000	-24.047	0.000	209.107
11	12	0.000	-24.047	0.000	112.918
12	12	0.000	-24.047	0.000	112.918
12	13	0.000	-24.047	0.000	16.729
13	13	0.000	-24.047	0.000	16.729
13	14	0.000	-24.047	0.000	-79.461
14	14	0.000	-24.047	0.000	-79.461
14	15	0.000	-24.047	0.000	-175.650
15	15	0.000	-24.047	0.000	-175.650
15	16	0.000	-24.047	0.000	-271.839
16	16	0.000	-24.047	0.000	-271.839
16	17	0.000	-24.047	0.000	-368.028
17	17	0.000	-24.047	0.000	-368.028
17	18	0.000	-24.047	0.000	-464.218
18	18	0.000	-24.047	0.000	-464.218
18	19	0.000	-24.047	0.000	-560.407
19	19	0.000	-24.047	0.000	-560.407
19	20	0.000	-24.047	0.000	-656.596
20	20	0.000	-24.047	0.000	-656.596
20	21	0.000	-24.047	0.000	-752.785
21	21	0.000	161.492	0.000	-752.785
21	22	0.000	161.492	0.000	-106.817
22	22	0.000	161.492	0.000	-106.817
22	23	0.000	104.492	0.000	375.276
23	23	0.000	104.492	-0.000	375.276
23	24	0.000	83.492	-0.000	744.944
24	24	0.000	83.492	0.000	744.944
24	25	0.000	26.492	0.000	952.087
25	25	0.000	26.492	0.000	952.087
25	26	0.000	5.492	0.000	1023.405
26	26	0.000	5.492	-0.000	1023.405
26	27	0.000	-51.508	-0.000	955.598
27	27	0.000	-51.508	0.000	955.598
27	28	0.000	-72.508	0.000	728.566
28	28	0.000	-72.508	-0.000	728.567
28	29	0.000	-129.508	0.000	385.810
29	29	0.000	-129.508	0.000	385.810
29	30	0.000	-150.508	0.000	-139.572
30	30	0.000	-150.508	0.000	-139.572
30	31	0.000	-150.508	0.000	-741.604
31	31	0.000	23.690	0.000	-741.604
31	32	0.000	23.690	0.000	-646.844
32	32	0.000	23.690	0.000	-646.844
32	33	0.000	23.690	0.000	-552.083
33	33	0.000	23.690	0.000	-552.083
33	34	0.000	23.690	0.000	-457.323
34	34	0.000	23.690	0.000	-457.323
34	35	0.000	23.690	0.000	-362.562
35	35	0.000	23.690	0.000	-362.562
35	36	0.000	23.690	0.000	-267.801
36	36	0.000	23.690	0.000	-267.801
36	37	0.000	23.690	0.000	-173.041

37	37	0.000	23.690	0.000	-173.041
37	38	0.000	23.690	0.000	-78.280
38	38	0.000	23.690	0.000	-78.280
38	39	0.000	23.690	0.000	16.480
39	39	0.000	23.690	0.000	16.480
39	40	0.000	23.690	0.000	111.241
40	40	0.000	23.690	0.000	111.241
40	41	0.000	23.690	0.000	206.001
41	41	0.000	-6.438	0.000	206.001
41	42	0.000	-6.438	0.000	185.401
42	42	0.000	-6.438	0.000	185.401
42	43	0.000	-6.438	0.000	164.801
43	43	0.000	-6.438	0.000	164.801
43	44	0.000	-6.438	0.000	144.201
44	44	0.000	-6.438	0.000	144.201
44	45	0.000	-6.438	0.000	123.601
45	45	0.000	-6.438	0.000	123.601
45	46	0.000	-6.438	0.000	103.001
46	46	0.000	-6.438	0.000	103.001
46	47	0.000	-6.438	0.000	82.400
47	47	0.000	-6.438	0.000	82.400
47	48	0.000	-6.438	0.000	61.800
48	48	0.000	-6.438	0.000	61.800
48	49	0.000	-6.438	0.000	41.200
49	49	0.000	-6.438	0.000	41.200
49	50	0.000	-6.438	0.000	20.600
50	50	0.000	-6.438	0.000	20.600
50	51	0.000	-6.438	0.000	-0.000

 IBERINSA IBERICA DE ESTUDIOS E INGENIERIA,S.A.	HOJA DE CALCULOS	CALCULO N°204067....
	LAV OLALLA – ARCAS DEL VILLAR VIADUCTO SOBRE LA N-320	Listado PRUEBA-VANO4

 IBERINSA IBERICA DE ESTUDIOS E INGENIERIA,S.A.	HOJA DE CALCULOS	CALCULO N°204067....
	LAV OLALLA – ARCAS DEL VILLAR VIADUCTO SOBRE LA N-320	PAGINA.....239

** CivilCAD2000 - Versión 33 - (c) 1999 . Autores : L.M.Callís y J.M.Roig **

PRUEBA DE CARGA

Nombre del proyecto : via-n320.

Definición del camión

Carga	Valor	dl	dt
1	4.750	0.000	0.900
2	4.750	0.000	-0.900
3	4.750	1.350	0.900
4	4.750	1.350	-0.900
5	3.500	5.250	0.900
6	3.500	5.250	-0.900

Geometría del tipo de camión:
 - Carga : número de rueda del camión.
 - Valor (T) : carga aplicada en la rueda.
 - dl(m): coordenada de posición de la rueda en la dirección de avance respecto ejes locales del camión.
 - dt(m): coordenada transversal de posición de la rueda respecto ejes locales del camión.

Posición de los camiones

Camión	xPC	yPC
1	116.450	-3.150
2	116.450	3.150
3	116.450	0.000
4	125.100	-3.150
5	125.100	3.150
6	125.100	0.000
7	133.750	-3.150
8	133.750	3.150
9	133.750	0.000
10	142.400	-3.150
11	142.400	3.150
12	142.400	0.000

Posición de los camiones:
 - xPC(m): distancia medida sobre la directriz del puente desde su origen a la proyección del origen local del camión sobre la propia directriz.
 - yPC(m): distancia medida desde dicha proyección al origen local del camión.

Listado de flechas obtenidas en la prueba de carga

Punto	fPC
1	0.000
2	0.036
3	0.070
4	0.100
5	0.123
6	0.137
7	0.140

8	0.131
9	0.105
10	0.063
11	0.000
12	-0.106
13	-0.230
14	-0.358
15	-0.472
16	-0.557
17	-0.598
18	-0.578
19	-0.483
20	-0.295
21	0.000
22	0.406
23	0.878
24	1.356
25	1.783
26	2.100
27	2.249
28	2.172
29	1.810
30	1.106
31	0.000
32	-1.489
33	-3.051
34	-4.383
35	-5.261
36	-5.558
37	-5.232
38	-4.331
39	-2.994
40	-1.443
41	0.000
42	0.867
43	1.460
44	1.810
45	1.947
46	1.901
47	1.704
48	1.384
49	0.974
50	0.502
51	0.000

Punto: Ordinal del punto de discretización de la directriz del puente.
 fPC : flecha en el punto de la directriz del puente en la prueba de carga.
 Valores dados en mm.

Listado de esfuerzos

Barra	Nodo	Axil(T)	Cortante(T)	Torsor(mT)	Flector(mT)
1	1	0.000	-1.734	0.000	0.000
1	2	0.000	-1.734	0.000	-5.549
2	2	0.000	-1.734	0.000	-5.549
2	3	0.000	-1.734	0.000	-11.097
3	3	0.000	-1.734	0.000	-11.097
3	4	0.000	-1.734	0.000	-16.646
4	4	0.000	-1.734	0.000	-16.646
4	5	0.000	-1.734	0.000	-22.194
5	5	0.000	-1.734	0.000	-22.194

 IBERINSA IBERICA DE ESTUDIOS E INGENIERIA,S.A.	HOJA DE CALCULOS		CALCULO N°204067....	
	LAV OLALLA – ARCAS DEL VILLAR VIADUCTO SOBRE LA N-320		Listado PRUEBA-VANO4	

 IBERINSA IBERICA DE ESTUDIOS E INGENIERIA,S.A.	HOJA DE CALCULOS		CALCULO N°204067....	
	LAV OLALLA – ARCAS DEL VILLAR VIADUCTO SOBRE LA N-320		PAGINA.....240	

5	6	0.000	-1.734	0.000	-27.743
6	6	0.000	-1.734	0.000	-27.743
6	7	0.000	-1.734	0.000	-33.291
7	7	0.000	-1.734	0.000	-33.291
7	8	0.000	-1.734	0.000	-38.840
8	8	0.000	-1.734	0.000	-38.840
8	9	0.000	-1.734	0.000	-44.388
9	9	0.000	-1.734	0.000	-44.388
9	10	0.000	-1.734	0.000	-49.937
10	10	0.000	-1.734	0.000	-49.937
10	11	0.000	-1.734	0.000	-55.486
11	11	0.000	6.381	0.000	-55.486
11	12	0.000	6.381	0.000	-29.962
12	12	0.000	6.381	0.000	-29.962
12	13	0.000	6.381	0.000	-4.439
13	13	0.000	6.381	0.000	-4.439
13	14	0.000	6.381	0.000	21.085
14	14	0.000	6.381	0.000	21.085
14	15	0.000	6.381	0.000	46.608
15	15	0.000	6.381	0.000	46.608
15	16	0.000	6.381	0.000	72.131
16	16	0.000	6.381	0.000	72.131
16	17	0.000	6.381	0.000	97.655
17	17	0.000	6.381	0.000	97.655
17	18	0.000	6.381	0.000	123.178
18	18	0.000	6.381	0.000	123.178
18	19	0.000	6.381	0.000	148.701
19	19	0.000	6.381	0.000	148.701
19	20	0.000	6.381	0.000	174.225
20	20	0.000	6.381	0.000	174.225
20	21	0.000	6.381	0.000	199.748
21	21	0.000	-23.581	0.000	199.748
21	22	0.000	-23.581	0.000	105.423
22	22	0.000	-23.581	0.000	105.423
22	23	0.000	-23.581	0.000	11.097
23	23	0.000	-23.581	0.000	11.097
23	24	0.000	-23.581	0.000	-83.228
24	24	0.000	-23.581	0.000	-83.228
24	25	0.000	-23.581	0.000	-177.554
25	25	0.000	-23.581	0.000	-177.554
25	26	0.000	-23.581	0.000	-271.879
26	26	0.000	-23.581	0.000	-271.879
26	27	0.000	-23.581	0.000	-366.205
27	27	0.000	-23.581	0.000	-366.205
27	28	0.000	-23.581	0.000	-460.530
28	28	0.000	-23.581	0.000	-460.530
28	29	0.000	-23.581	0.000	-554.856
29	29	0.000	-23.581	0.000	-554.856
29	30	0.000	-23.581	0.000	-649.181
30	30	0.000	-23.581	0.000	-649.181
30	31	0.000	-23.581	0.000	-743.507
31	31	0.000	160.566	0.000	-743.507
31	32	0.000	160.566	0.000	-101.242
32	32	0.000	160.566	0.000	-101.242
32	33	0.000	103.566	0.000	377.148
33	33	0.000	103.566	-0.000	377.148
33	34	0.000	82.566	-0.000	743.112
34	34	0.000	82.566	0.000	743.112
34	35	0.000	25.566	0.000	946.552
35	35	0.000	25.566	-0.000	946.552
35	36	0.000	4.566	0.000	1014.167
36	36	0.000	4.566	0.000	1014.167
36	37	0.000	-52.434	0.000	942.657

37	37	0.000	-52.434	0.000	942.657
37	38	0.000	-73.434	0.000	711.922
38	38	0.000	-73.434	-0.000	711.921
38	39	0.000	-130.434	-0.000	365.461
39	39	0.000	-130.434	0.000	365.461
39	40	0.000	-151.434	0.000	-163.624
40	40	0.000	-151.434	0.000	-163.624
40	41	0.000	-151.434	0.000	-769.359
41	41	0.000	24.042	0.000	-769.359
41	42	0.000	24.042	0.000	-692.424
42	42	0.000	24.042	0.000	-692.424
42	43	0.000	24.042	0.000	-615.488
43	43	0.000	24.042	0.000	-615.488
43	44	0.000	24.042	0.000	-538.552
44	44	0.000	24.042	0.000	-538.552
44	45	0.000	24.042	0.000	-461.616
45	45	0.000	24.042	0.000	-461.616
45	46	0.000	24.042	0.000	-384.680
46	46	0.000	24.042	0.000	-384.680
46	47	0.000	24.042	0.000	-307.744
47	47	0.000	24.042	0.000	-307.744
47	48	0.000	24.042	0.000	-230.808
48	48	0.000	24.042	0.000	-230.808
48	49	0.000	24.042	0.000	-153.872
49	49	0.000	24.042	0.000	-153.872
49	50	0.000	24.042	0.000	-76.936
50	50	0.000	24.042	0.000	-76.936
50	51	0.000	24.042	0.000	0.000

 IBERINSA <small>IBERICA DE ESTUDIOS E INGENIERIA,S.A.</small>	HOJA DE CALCULOS	CALCULO N°204067....
	LAV OLALLA – ARCAS DEL VILLAR VIADUCTO SOBRE LA N-320	Listado PRUEBA-VANO5

** CivilCAD2000 - Versión 33 - (c) 1999 . Autores : L.M.Callís y J.M.Roig **

PRUEBA DE CARGA

Nombre del proyecto : via-n320.

Definición del camión

Carga	Valor	dl	dt
1	4.750	0.000	0.900
2	4.750	0.000	-0.900
3	4.750	1.350	0.900
4	4.750	1.350	-0.900
5	3.500	5.250	0.900
6	3.500	5.250	-0.900

Geometría del tipo de camión:
 - Carga : número de rueda del camión.
 - Valor (T) : carga aplicada en la rueda.
 - dl(m): coordenada de posición de la rueda en la dirección de avance respecto ejes locales del camión.
 - dt(m): coordenada transversal de posición de la rueda respecto ejes locales del camión.

Posición de los camiones

Camión	xPC	yPC
1	156.775	-3.150
2	156.775	3.150
3	156.775	0.000
4	165.425	-3.150
5	165.425	3.150
6	165.425	0.000
7	174.075	-3.150
8	174.075	3.150
9	174.075	0.000

Posición de los camiones:
 - xPC(m): distancia medida sobre la directriz del puente desde su origen a la proyección del origen local del camión sobre la propia directriz.
 - yPC(m): distancia medida desde dicha proyección al origen local del camión.

Listado de flechas obtenidas en la prueba de carga

Punto	fPC
1	0.000
2	-0.007
3	-0.014
4	-0.019
5	-0.024
6	-0.026
7	-0.027
8	-0.025
9	-0.020
10	-0.012

 IBERINSA <small>IBERICA DE ESTUDIOS E INGENIERIA,S.A.</small>	HOJA DE CALCULOS	CALCULO N°204067....
	LAV OLALLA – ARCAS DEL VILLAR VIADUCTO SOBRE LA N-320	PAGINA.....241

11	0.000
12	0.020
13	0.044
14	0.069
15	0.091
16	0.107
17	0.115
18	0.111
19	0.093
20	0.057
21	0.000
22	-0.078
23	-0.169
24	-0.261
25	-0.343
26	-0.404
27	-0.433
28	-0.418
29	-0.348
30	-0.213
31	0.000
32	0.292
33	0.631
34	0.975
35	1.281
36	1.509
37	1.616
38	1.560
39	1.300
40	0.794
41	0.000
42	-0.838
43	-1.712
44	-2.474
45	-3.017
46	-3.261
47	-3.172
48	-2.750
49	-2.025
50	-1.072
51	0.000

Punto: Ordinal del punto de discretización de la directriz del puente.
 fPC : flecha en el punto de la directriz del puente en la prueba de carga.
 Valores dados en mm.

Listado de esfuerzos

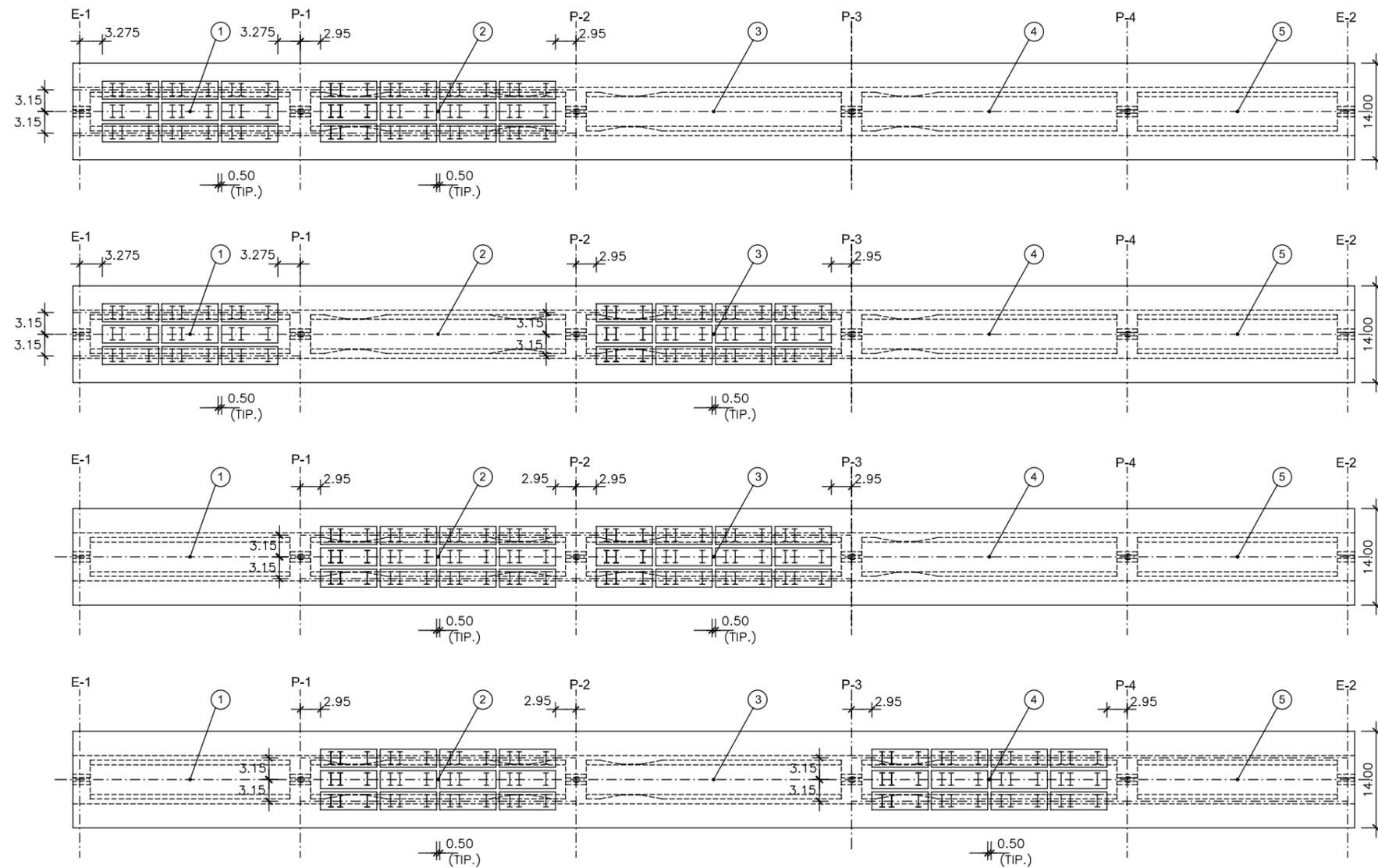
Barra	Nodo	Axil(T)	Cortante(T)	Torsor(mT)	Flector(mT)
1	1	0.000	0.334	0.000	0.000
1	2	0.000	0.334	0.000	1.067
2	2	0.000	0.334	0.000	1.067
2	3	0.000	0.334	0.000	2.135
3	3	0.000	0.334	0.000	2.135
3	4	0.000	0.334	0.000	3.202
4	4	0.000	0.334	0.000	3.202
4	5	0.000	0.334	0.000	4.270
5	5	0.000	0.334	0.000	4.270
5	6	0.000	0.334	0.000	5.337
6	6	0.000	0.334	0.000	5.337
6	7	0.000	0.334	0.000	6.405

 IBERINSA IBERICA DE ESTUDIOS E INGENIERIA,S.A.	HOJA DE CALCULOS		CALCULO N°204067....	
	LAV OLALLA – ARCAS DEL VILLAR VIADUCTO SOBRE LA N-320		Listado PRUEBA-VANOS	

 IBERINSA IBERICA DE ESTUDIOS E INGENIERIA,S.A.	HOJA DE CALCULOS		CALCULO N°204067....	
	LAV OLALLA – ARCAS DEL VILLAR VIADUCTO SOBRE LA N-320		PAGINA.....242	

7	7	0.000	0.334	0.000	6.405
7	8	0.000	0.334	0.000	7.472
8	8	0.000	0.334	0.000	7.472
8	9	0.000	0.334	0.000	8.540
9	9	0.000	0.334	0.000	8.540
9	10	0.000	0.334	0.000	9.607
10	10	0.000	0.334	0.000	9.607
10	11	0.000	0.334	0.000	10.675
11	11	0.000	-1.228	0.000	10.675
11	12	0.000	-1.228	0.000	5.764
12	12	0.000	-1.228	0.000	5.764
12	13	0.000	-1.228	0.000	0.854
13	13	0.000	-1.228	0.000	0.854
13	14	0.000	-1.228	0.000	-4.056
14	14	0.000	-1.228	0.000	-4.056
14	15	0.000	-1.228	0.000	-8.967
15	15	0.000	-1.228	0.000	-8.967
15	16	0.000	-1.228	0.000	-13.877
16	16	0.000	-1.228	0.000	-13.877
16	17	0.000	-1.228	0.000	-18.787
17	17	0.000	-1.228	0.000	-18.787
17	18	0.000	-1.228	0.000	-23.698
18	18	0.000	-1.228	0.000	-23.698
18	19	0.000	-1.228	0.000	-28.608
19	19	0.000	-1.228	0.000	-28.608
19	20	0.000	-1.228	0.000	-33.518
20	20	0.000	-1.228	0.000	-33.518
20	21	0.000	-1.228	0.000	-38.428
21	21	0.000	4.537	0.000	-38.428
21	22	0.000	4.537	0.000	-20.282
22	22	0.000	4.537	0.000	-20.282
22	23	0.000	4.537	0.000	-2.135
23	23	0.000	4.537	0.000	-2.135
23	24	0.000	4.537	0.000	16.012
24	24	0.000	4.537	0.000	16.012
24	25	0.000	4.537	0.000	34.159
25	25	0.000	4.537	0.000	34.159
25	26	0.000	4.537	0.000	52.305
26	26	0.000	4.537	0.000	52.305
26	27	0.000	4.537	0.000	70.452
27	27	0.000	4.537	0.000	70.452
27	28	0.000	4.537	0.000	88.599
28	28	0.000	4.537	0.000	88.599
28	29	0.000	4.537	0.000	106.746
29	29	0.000	4.537	0.000	106.746
29	30	0.000	4.537	0.000	124.893
30	30	0.000	4.537	0.000	124.893
30	31	0.000	4.537	0.000	143.039
31	31	0.000	-16.919	0.000	143.039
31	32	0.000	-16.919	0.000	75.363
32	32	0.000	-16.919	0.000	75.363
32	33	0.000	-16.919	0.000	7.686
33	33	0.000	-16.919	0.000	7.686
33	34	0.000	-16.919	0.000	-59.991
34	34	0.000	-16.919	0.000	-59.991
34	35	0.000	-16.919	0.000	-127.668
35	35	0.000	-16.919	0.000	-127.668
35	36	0.000	-16.919	0.000	-195.345
36	36	0.000	-16.919	0.000	-195.345
36	37	0.000	-16.919	0.000	-263.022
37	37	0.000	-16.919	0.000	-263.022
37	38	0.000	-16.919	0.000	-330.698
38	38	0.000	-16.919	0.000	-330.698

38	39	0.000	-16.919	0.000	-398.375
39	39	0.000	-16.919	0.000	-398.375
39	40	0.000	-16.919	0.000	-466.052
40	40	0.000	-16.919	0.000	-466.052
40	41	0.000	-16.919	0.000	-533.729
41	41	0.000	138.566	0.000	-533.729
41	42	0.000	138.566	0.000	-90.319
42	42	0.000	138.566	0.000	-90.319
42	43	0.000	81.566	0.000	298.941
43	43	0.000	81.566	0.000	298.941
43	44	0.000	81.566	0.000	559.953
44	44	0.000	81.566	-0.000	559.953
44	45	0.000	60.566	0.000	762.688
45	45	0.000	60.566	0.000	762.688
45	46	0.000	3.566	0.000	848.198
46	46	0.000	3.566	0.000	848.198
46	47	0.000	-17.434	-0.000	848.584
47	47	0.000	-17.434	0.000	848.584
47	48	0.000	-45.934	0.000	783.532
48	48	0.000	-45.934	0.000	783.532
48	49	0.000	-74.434	-0.000	574.554
49	49	0.000	-74.434	-0.000	574.554
49	50	0.000	-95.434	-0.000	305.389
50	50	0.000	-95.434	0.000	305.389
50	51	0.000	-95.434	0.000	0.000

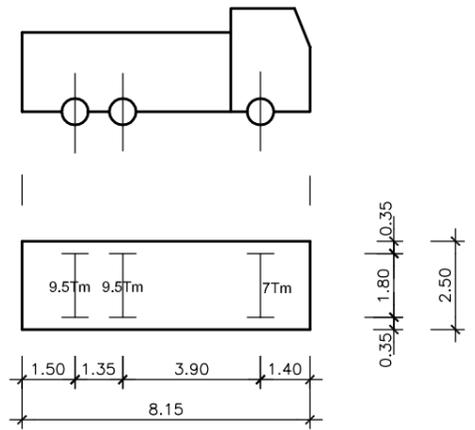


FASE 1: 9 CAMIONES EN VANO 1+
12 CAMIONES EN VANO 2

FASE 2: 9 CAMIONES EN VANO 1+
12 CAMIONES EN VANO 3

FASE 3: 12 CAMIONES EN VANO 2+
12 CAMIONES EN VANO 3

FASE 4: 12 CAMIONES EN VANO 2+
12 CAMIONES EN VANO 4



ESQUEMA DE CAMION DE 26 Tm.
ESCALA 1:100

FLECHAS VERTICALES EN CENTRO DE VANO (mm)

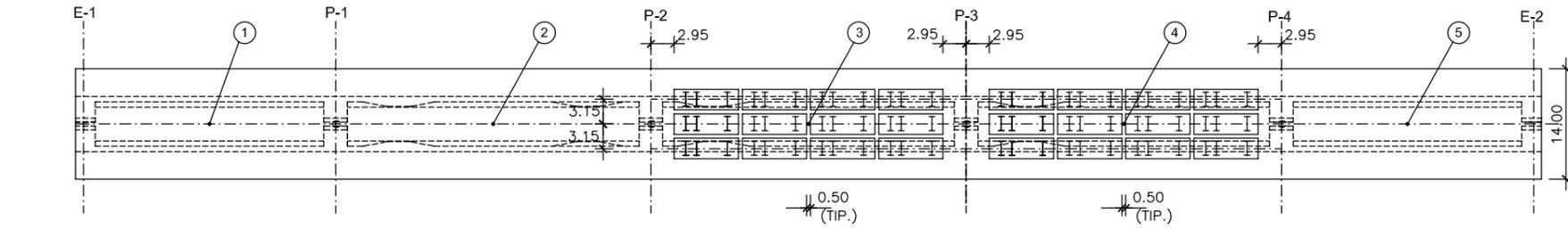
PUNTO	FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4	FASE 5	FASE 6	FASE 7
1	-1.4	-3.8	1.4	2.1	-0.4	-0.5	0.1
2	-4.1	3.6	-3.5	-6.1	1.5	2.2	-0.5
3	1.7	-6.0	-3.6	4.2	-3.5	-6.0	1.7
4	-0.4	2.2	1.5	-6.1	-3.5	3.6	-4.0
5	0.1	-0.5	-0.4	2.0	1.4	-3.8	-1.4

- SIGNO NEGATIVO HACIA ABAJO

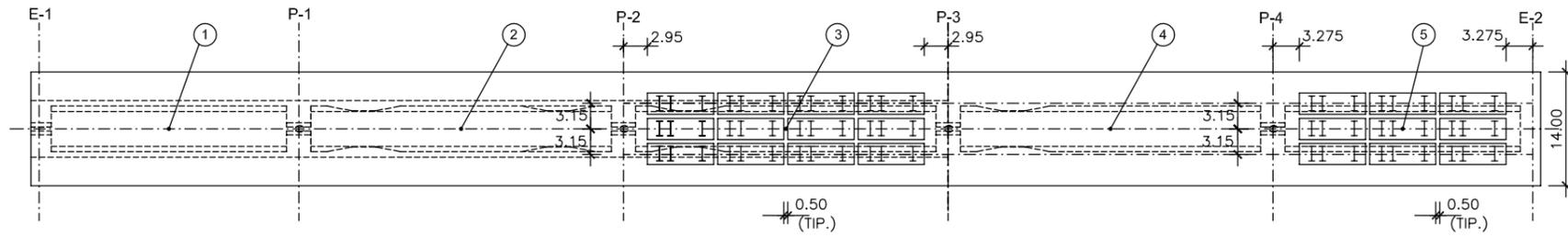
NOTAS:

- 1.- LAS FLECHAS SE MEDIRAN, SIEMPRE QUE SEA POSIBLE CIMBRAR BAJO EL TABLERO, USANDO FLEXIMETROS.
- 2.- LOS PUNTOS DE MEDIDA ① A ⑤ SE SITUAN EN EL CENTRO DE LOS VANOS.

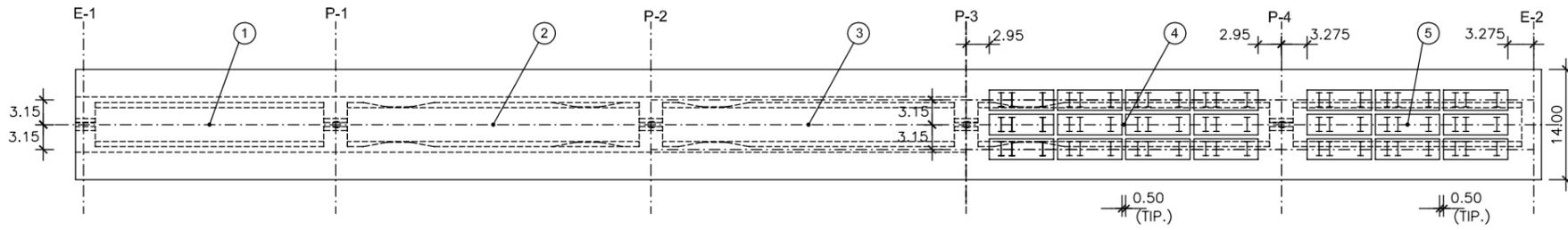
E0670273 /H1



FASE 5: 12 CAMIONES EN VANO 3+
12 CAMIONES EN VANO 4



FASE 6: 12 CAMIONES EN VANO 3+
9 CAMIONES EN VANO 5



FASE 7: 12 CAMIONES EN VANO 4+
9 CAMIONES EN VANO 5

E0670273 /H2

ADMINISTRADOR DE
INFRAESTRUCTURAS FERROVIARIAS

TÍTULO PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE PLATAFORMA
NUEVO ACCESO FERROVIARIO DE ALTA VELOCIDAD DE LEVANTE
MADRID-CASTILLA LA MANCHA-COMUNIDAD VALENCIANA-REGIÓN DE MURCIA
TRAMO: OLALLA-ARCAS DEL VILLAR

AUTOR

IBERINSA
IBÉRICA DE ESTUDIOS E INGENIERÍA, S.A.



IGNACIO DE LA CRUZ MARTÍNEZ

ESCALA ORIGINAL DIN-A1

1:400



Númerica Gráfica

FECHA

2005

TÍTULO DEL PLANO

ESTRUCTURAS
VIADUCTO SOBRE LA N-320
PRUEBA DE CARGA (II)

Nº DE PLANO

2.9.1

Hoja 36 de 36

ANEXO E. FOTOGRAFÍAS EJECUCIÓN PRUEBA DE CARGA

En este Anexo se adjuntan varias fotografías tomadas el día de la ejecución de la prueba de carga.



Fig. Anexo D 1. Viaducto cargado en Hipótesis de carga 1 (cargado vano 1 y 3)



Fig. Anexo D 2. Viaducto cargado en Hipótesis de carga 2 (cargado vano 2 y 3)



Fig. Anexo D 3. Viaducto cargado en Hipótesis de carga 6 (cargado vano 3 y 6)



Fig. Anexo D 4. Viaducto cargado en Hipótesis de carga 3 (cargado vano 2 y 3)



Fig. Anexo D 5. Viaducto cargado visto desde estribo en hipótesis7 (cargado vano 4 y5).

ANEXO F. POSICIÓN CAMIONES Y TICKETS DE PESAJE

F.1. Posiciones de los camiones.

A continuación puede verse la colocación de cada camión en cada ciclo de carga
HIPÓTESIS 1

Vano 1			Vano 2			
CU7231J	8437BJY	4401DGJ	5925CGT	0500DTN	1586BFF	1412FCS
3506CSB	5053BTY	5326BPL	8623FFB	8170BPJ	SS1369AZ	3916BHZ
M5612WS	CU7854E	2335BYD	2767FHS	0869DZN	6348DFL	0531BLW

HIPÓTESIS 2

Vano 1			Vano 2	Vano 3			
CU7854E	2335BYD	0869DZN		5925CGT	6348DFL	3916BHZ	M5612WS
3506CSB	5053BTY	2767FHS		SS1369AZ	0500DTN	0531BLW	M9571XD
8437BJY	8623FFB	5326BPL		8170BPJ	1586BFF	1412FCS	M9394XT

HIPÓTESIS 3

Vano 2				Vano 3			
2335BYD	4401DGJ	8623FFB	0500DTN	1586BFF	1412FCS	M9394XT	CU7231J
5053BTY	CU3952K	5326BPL	5925CGT	SS1369AZ	3916BHZ	M9571XD	3506CSB
8437BJY	CU7854F	2767FHS	0869DZN	8170BPJ	6348DFL	0531BLW	M5612WS

HIPÓTESIS 4

Vano 2				Vano 3	Vano 4			
CU3952K	CU7854F	8623FFB	5326BPL		5925CGT	6348DFL	1412FCS	M5612WS
4401DGJ	3506CSB	5053BTY	2767FHS		0500DTN	1586BFF	0531BLW	M9571XD
CU7231J	8437BJY	2335BYD	0869DZN		8170BPJ	SS1369AZ	3916BHZ	M9394XT

HIPÓTESIS 5

Vano 3				Vano 4			
CU3952K	8437BJY	CU7854F	0869DZN	8170BPJ	SS1369AZ	1412FCS	M5612WS
4401DGJ	3506CSB	5053BTY	2767FHS	6348DFL	5925CGT	1586BFF	M9571XD
CU7231J	2335BYD	8623FFB	5326BPL	0500DTN	3916BHZ	0531BLW	M9394XT

HIPÓTESIS 6

Vano 3				Vano 4	Vano 5		
CU7231J	8437BJY	8623FFB	0869DZN		5925CGT	6348DFL	M9571XD
4401DGJ	5053BTY	CU7854E	2767FHS		SS1369AZ	0531BLW	M9394XT
CU3952K	2335BYD	3506CSB	5326BPL		3916BHZ	1412FCS	M5612WS

HIPÓTESIS 7

Vano 4				Vano 5			
CU7231J	2335BYD	3506CSB	5326BPL	3916BHZ	6348DFL	M9571XD	
4401DGJ	5053BTY	CU7854F	2767FHS	5925CGT	1412FCS	M9394XT	
CU3952K	8437BJY	8623FFB	0869DZN	SS1369AZ	0531BLW	M5612WS	

F.2. Tickets pesaje camiones

En las páginas siguientes se adjuntan los tickets de pesaje de cada uno de los camiones cargados que han participado en la prueba de carga.

extransa

Fábrica: Avda. Cruz Roja, s/n. - Cuenca - Tel. 969 227 319
Oficina: C/ Antonio Maura, 1 - 1º Izq. - 16004 Cuenca - Tel. 969 221 948



VER
DORSO

009
07
009 / CPD / A60 / 0654

A16005266

SALIDA MATERIAL GRAVERA

ORDEN PESADA: 955 Fecha: 14-01-2009 18:49
COD. CAMION: 722 MATRICULA: 0531BLW

OBRA	FRUERA DE CARGA	CARGADOR / CLIENTE	TRANSPORTISTA	Referencia (logotipo)
VIAS Y CONSTRUCCIONES SA.	X	X	X	1
	X	X	X	2
	X	X	X	3
	X	X	X	4

NIF: A28017986
Conductor: PABLO CIFUENTES ABUDO

N.I.F.: 4537854T
COD. PRODUCTO: 37
PRODUCTO: ZAHORRA SELECCIONADA
PRECIO TM.: 0,00

BRUTO: 25.840 TARA: 15.200 NETO: 10,64 Tm IMPORTE: 0.00 Eu.

AJUSTADO

Recibí:
Fdo.: El Cliente

extransa

Fábrica: Avda. Cruz Roja, s/n. - Cuenca - Tel. 969 227 319
Oficina: C/ Antonio Maura, 1 - 1º Izq. - 16004 Cuenca - Tel. 969 221 948



VER
DORSO

009
07
009 / CPD / A60 / 0654

A16005266

SALIDA MATERIAL GRAVERA

ORDEN PESADA: 968 Fecha: 14-01-2009 19:25
COD. CAMION: 94 MATRICULA: 3916BHZ

OBRA	FRUERA DE CARGA	CARGADOR / CLIENTE	TRANSPORTISTA	Referencia (logotipo)
VIAS Y CONSTRUCCIONES SA.	X	X	X	1
	X	X	X	2
	X	X	X	3

NIF: A28017986
Conductor: BERNARDO ROMERO CALLEJA

N.I.F.: 4567725V
COD. PRODUCTO: 37
PRODUCTO: ZAHORRA SELECCIONADA
PRECIO TM.: 0,00

BRUTO: 26.080 TARA: 14.600 NETO: 11,48 Tm IMPORTE: 0.00 Eu.

AJUSTADO SIN PORTE

Recibí:
Fdo.: El Cliente

extransa

Fábrica: Avda. Cruz Roja, s/n. - Cuenca - Tel. 969 227 319
Oficina: C/ Antonio Maura, 1 - 1º Izq. - 16004 Cuenca - Tel. 969 221 948

A16005266



VER DORSO

009
07
009 / CPD / A60 / 0654

SALIDA MATERIAL GRAVERA

ORDEN PESADA: 989 Fecha: 15-01-2009 07:55
COD. CAMION: 1252 MATRICULA: ~~0500 DTN~~
OBRA: TRAMO AVE

0500 DTN

CARGADOR / CLIENTE				TRANSPORTISTA					
LINEA	LINEA	LINEA	LINEA	LINEA	LINEA	LINEA	LINEA	LINEA	LINEA
VIAS Y CONSTRUCCIONES SA.									
NIF: A28017986									
Conductor: MANUEL ROMERO CARRETERO									
N.I.F.: 70507061D									
COD. PRODUCTO: 37									

PRODUCTO: ZAHORRA SELECCIONADA
PRECIO TM.: 0,00

BRUTO: 25,800 TARA: 14,060 NETO: 11,74 Tm IMPORTE: 0,00 Eu.

AJUSTADO

Recibí:
Fdo.: El Cliente

extransa

Fábrica: Avda. Cruz Roja, s/n. - Cuenca - Tel. 969 227 319
Oficina: C/ Antonio Maura, 1 - 1º Izq. - 16004 Cuenca - Tel. 969 221 948

A16005266



VER DORSO

009
07
009 / CPD / A60 / 0654

SALIDA MATERIAL GRAVERA

ORDEN PESADA: 971 Fecha: 14-01-2009 19:40
COD. CAMION: 6 MATRICULA: 1412FCS
OBRA: PRUEBA DE PESO

CARGADOR / CLIENTE				TRANSPORTISTA					
LINEA	LINEA	LINEA	LINEA	LINEA	LINEA	LINEA	LINEA	LINEA	LINEA
VIAS Y CONSTRUCCIONES SA.									
NIF: A28017986									
Conductor: MANUEL ROMERO CARRETERO									
N.I.F.: 70507061D									
COD. PRODUCTO: 37									

PRODUCTO: ZAHORRA SELECCIONADA
PRECIO TM.: 0,00

BRUTO: 26,000 TARA: 13,780 NETO: 12,22 Tm IMPORTE: 0,00 Eu.

AJUSTADO SIN PORTE

Recibí:
Fdo.: El Cliente

extransa

Fábrica: Avda. Cruz Roja, s/n. - Cuenca - Tel. 969 227 319
Oficina: C/ Antonio Maura, 1 - 1º Izq. - 16004 Cuenca - Tel. 969 221 948



VER DORSO

009
07

009 / CPD / A60 / 0654

A16005266

SALIDA MATERIAL GRAVERA

ORDEN PESADA: 967 Fecha: 14-01-2009 19:22
COD. CAMION: 408 MATRICULA: 6348DFL

OPERA: PRUEBA DE PESO
CARGADOR / CLIENTE

CARGADOR / CLIENTE				TRANSPORTISTA			
CONDICIONES	LINEA EN	LINEA EN	LINEA EN	CONDICIONES	LINEA EN	LINEA EN	LINEA EN
VIAS Y CONSTRUCCIONES SA.	X	X	X	VICENTE BERMEJO FUERO	X	X	X
	X	X	X	REYES CATOLICOS 24 49 A	X	X	X
	X	X	X	CUENCA	X	X	X
NIF: A28017986	X	X	X	NIF: 4535535G	X	X	X
Conductor: VICENTE BERMEJO FUERO	X	X	X		X	X	X

N.I.F.: 4535535G
COD. PRODUCTO: 37
PRODUCTO: ZAHORRA SELECCIONADA
PRECIO TM.: 0,00

BRUTO: 25.880 TARA: 14.080 NETO: 11.80 Tm IMPORTE: 0,00 Eu.

AJUSTADO SIN PORTE

Recibi:
Fdo.: El Cliente

extransa

Fábrica: Avda. Cruz Roja, s/n. - Cuenca - Tel. 969 227 319
Oficina: C/ Antonio Maura, 1 - 1º Izq. - 16004 Cuenca - Tel. 969 221 948



VER DORSO

009
07

009 / CPD / A60 / 0654

A16005266

SALIDA MATERIAL GRAVERA

ORDEN PESADA: 987 Fecha: 15-01-2009 07:50
COD. CAMION: 685 MATRICULA: 15868FF

OPERA: TRAMBA VE

CARGADOR / CLIENTE				TRANSPORTISTA			
CONDICIONES	LINEA EN	LINEA EN	LINEA EN	CONDICIONES	LINEA EN	LINEA EN	LINEA EN
VIAS Y CONSTRUCCIONES SA.	X	X	X	FLORENCIO GOMEZ BERMUDEZ	X	X	X
	X	X	X	LOPE DE VEGA NS4 29 D	X	X	X
	X	X	X	CARAVACA DE LA CRUZ	X	X	X
NIF: A28017986	X	X	X	NIF: 74427046N	X	X	X
Conductor: FLORENCIO GOMEZ BERMUDEZ	X	X	X		X	X	X
N.I.F.: 74427046N	X	X	X		X	X	X
COD. PRODUCTO: 37	X	X	X		X	X	X

PRODUCTO: ZAHORRA SELECCIONADA
PRECIO TM.: 0,00

BRUTO: 26.220 TARA: 15.460 NETO: 10.76 Tm IMPORTE: 0.00 Eu.

AJUSTADO

Recibi:
Fdo.: El Cliente

extransa

Fábrica: Avda. Cruz Roja, s/n. - Cuenca - Tel. 969 227 319
Oficina: C/ Antonio Maura, 1 - 1º Izq. - 16004 Cuenca - Tel. 969 221 948



VER DORSO

009
07
009 / CPD / A60 / 0654

A16005266

SALIDA MATERIAL GRAVERA

ORDEN PESADA: 970 Fecha.....: 14-01-2009 19:37
COD. CAMION...: 3 MATRICULA: 2767FHS

OBRA...: PRUEBA DE CARGA
CARGADOR / CLIENTE

CARGADOR / CLIENTE				TRANSPORTISTA			
Condición	LINE EN	LINE EN	LINE EN	Condición	LINE EN	LINE EN	LINE EN
VIAS Y CONSTRUCCIONES SA.	X	X	X	FRANCISCO JAVIER TOMILLO DROZCO			
	X	X	X	PEDRO ALMODOVAR 6 200			
	X	X	X	CUENCA			

NIF: A28017986
Conductor: F. JAVIER TOMILLO DROZCO
N.I.F.....: 4562943L
COD. PRODUCTO: 37
PRODUCTO.....: ZAHORRA SELECCIONADA
PRECIO TM.: 0,00

BRUTO: 26.020 TARA: 13.580 NETO: 12,44 Tm IMPORTE: 0,00 Eu.

AJUSTADO SIN PORTE

Recibi:
Fdo.: El Cliente

extransa

Fábrica: Avda. Cruz Roja, s/n. - Cuenca - Tel. 969 227 319
Oficina: C/ Antonio Maura, 1 - 1º Izq. - 16004 Cuenca - Tel. 969 221 948



VER DORSO

009
07
009 / CPD / A60 / 0654

A16005266

SALIDA MATERIAL GRAVERA

ORDEN PESADA: 988 Fecha.....: 15-01-2009 07:53
COD. CAMION...: 1250 MATRICULA: S81369AZ

OBRA...: TRAMO AVE

CARGADOR / CLIENTE				TRANSPORTISTA			
Condición	LINE EN	LINE EN	LINE EN	Condición	LINE EN	LINE EN	LINE EN
VIAS Y CONSTRUCCIONES SA.	X	X	X	TRANSBASUR			
	X	X	X	C/ SAN IGNACIO DE LOYOLA			
	X	X	X	ALCANTARILLA MURCIA			

NIF: A28017986
Conductor: JUAN MARTINEZ MARTIN
N.I.F.....: 74430647M
COD. PRODUCTO: 37
PRODUCTO.....: ZAHORRA SELECCIONADA
PRECIO TM.: 0,00

BRUTO: 26.060 TARA: 15.660 NETO: 10,40 Tm IMPORTE: 0,00 Eu.

AJUSTADO

Recibi:
Fdo.: El Cliente

extransa

Fábrica: Avda. Cruz Roja, s/n. - Cuenca - Tel. 969 227 319
Oficina: C/ Antonio Maura, 1 - 1º Izq. - 16004 Cuenca - Tel. 969 221 948

A16005266



VER
DORSO

009
07

009 / CPD / A60 / 0654

SALIDA MATERIAL GRAVERA

ORDEN PESADA: 999 Fecha: 15-01-2009 08:15
COD. CAMION: 882 MATRICULA: 8170BPJ
OBRA: TRAMO AVEO

CARGADOR / CLIENTE					TRANSPORTISTA			
LINE EN	LINE EN	LINE EN	LINE EN	LINE EN	IGNACIO SANCHEZ ALBINEZ			
Y	Y	Y	Y	Y	MIGUEL ESPINOSA Nº 30			
					CARAVACA DE LA CRUZ			
NIF: A28017986					NIF: 22408578F			
Conductor: JUAN CARLOS SANCHEZ ARCAS								
N.I.F.: 77206902E								
COD. PRODUCTO: 37								

PRODUCTO: ZAHORRA SELECCIONADA
PRECIO TM.: 0,00

BRUTO: 26.080 TARA: 15.080 NETO: 11,00 Tm IMPORTE: 0,00 Eu.

AJUSTADO

Recibí:
Fdo.: El Cliente

extransa

Fábrica: Avda. Cruz Roja, s/n. - Cuenca - Tel. 969 227 319
Oficina: C/ Antonio Maura, 1 - 1º Izq. - 16004 Cuenca - Tel. 969 221 948

A16005266



VER
DORSO

009
07

009 / CPD / A60 / 0654

SALIDA MATERIAL GRAVERA

ORDEN PESADA: 969 Fecha: 14-01-2009 19:35
COD. CAMION: 8 MATRICULA: 0869DZN
OBRA: PRUEBA DE PESO

CARGADOR / CLIENTE					TRANSPORTISTA			
LINE EN	LINE EN	LINE EN	LINE EN	LINE EN	JUAN CASTILLO PEREZ			
					SAN DAMIAN 17 19 A			
					CUENCA			
NIF: A28017986					NIF: 4554853W			
Conductor: JUAN CASTILLO PEREZ								
N.I.F.: 4554853W								
COD. PRODUCTO: 37								

PRODUCTO: ZAHORRA SELECCIONADA
PRECIO TM.: 0,00

BRUTO: 25.880 TARA: 13.360 NETO: 12,52 Tm IMPORTE: 0,00 Eu.

AJUSTADO SIN PORTE

Recibí:
Fdo.: El Cliente

extransa

Fábrica: Avda. Cruz Roja, s/n. - Cuenca - Tel. 969 227 319
Oficina: C/ Antonio Maura, 1 - 1º Izq. - 16004 Cuenca - Tel. 969 221 948



VER
DORSO

009
07
009 / CPD / A60 / 0654

A16005266

SALIDA MATERIAL GRAVERA

ORDEN PESADA: 963 Fecha...: 14-01-2009 19:14
COD. CAMION...: 18 MATRICULA: 5925CGT

OBRA...: PRUEBA DE CARGA	CARGADOR / CLIENTE	TRANSPORTISTA
VIAS Y CONSTRUCCIONES SA.	X	ISIDRO RUIPEREZ ASENSIO
	X	RIO SAN MARTIN Nº4 BAJOD
	X	CUENCA
	X	NIF: 22684196D

NIF: A28017986
Conductor: ISIDRO RUIPEREZ ASENSIO
N.I.F....: 22684196D
COD. PRODUCTO: 37
PRODUCTO.....: ZAHORRA SELECCIONADA
PRECIO TM.: 0,00

BRUTO: 26.000 TARA: 14.200 NETO: 11,80 Tm IMPORTE: 0,00 Eu.

AJUSTADO SIN PORTE

Recibi:
Fdo.: El Cliente

extransa

Fábrica: Avda. Cruz Roja, s/n. - Cuenca - Tel. 969 227 319
Oficina: C/ Antonio Maura, 1 - 1º Izq. - 16004 Cuenca - Tel. 969 221 948



VER
DORSO

009
07
009 / CPD / A60 / 0654

A16005266

SALIDA MATERIAL GRAVERA

ORDEN PESADA: 956 Fecha...: 14-01-2009 18:52
COD. CAMION...: 37 MATRICULA: 8623FFB

OBRA...: PRUEBA DE CARGA	CARGADOR / CLIENTE	TRANSPORTISTA
VIAS Y CONSTRUCCIONES SA.	X	JUAN JOSE ALGARRA SORIANO
	X	LA FLOR Nº11
	X	SAN LORENZO DE LA PARELLA
	X	NIF: 4573920W

NIF: A28017986
Conductor: JUAN JOSE ALGARRA SORIANO
N.I.F....: 4573920W
COD. PRODUCTO: 37
PRODUCTO.....: ZAHORRA SELECCIONADA
PRECIO TM.: 0,00

BRUTO: 25.800 TARA: 13.700 NETO: 12,10 Tm IMPORTE: 0,00 Eu.

AJUSTADO SIN PORTE

Recibi:
Fdo.: El Cliente

extransa

Fábrica: Avda. Cruz Roja, s/n. - Cuenca - Tel. 969 227 319
Oficina: C/ Antonio Maura, 1 - 1º Izq. - 16004 Cuenca - Tel. 969 221 948



VER
DORSO

009
07

009 / CPD / A60 / 0654

A16005266

SALIDA MATERIAL GRAVERA

ORDEN PESADA: 960 Fecha: 14-01-2009 19:01
COD. CAMION: 14 MATRICULA: 5326BPL

OBRA: PRUEBA DE CARGA

CARGADOR / CLIENTE

TRANSPORTISTA

VIAS Y CONSTRUCCIONES SA.

EUSTASIO MOYANO GARCIA

SAN DAMIAN 23 49 A

CUENCA

NIF: A28017986

NIF: 4547179X

Conductor: EUSTASIO MOYANO GARCIA

N.I.F.: 4547179X

COD. PRODUCTO: 37

PRODUCTO: ZAHORRA SELECCIONADA

PRECIO TM.: 0,00

BRUTO: 26.300 TARA: 13.900 NETO: 12,40 Tm IMPORTE: 0,00 Eu.

AJUSTADO SIN PORTE

Recibi:

Fdo.: El Cliente

extransa

Fábrica: Avda. Cruz Roja, s/n. - Cuenca - Tel. 969 227 319
Oficina: C/ Antonio Maura, 1 - 1º Izq. - 16004 Cuenca - Tel. 969 221 948



VER
DORSO

009
07

009 / CPD / A60 / 0654

A16005266

SALIDA MATERIAL GRAVERA

ORDEN PESADA: 1001 Fecha: 15-01-2009 08:19
COD. CAMION: 350 MATRICULA: 2335BYD

OBRA: TRAMO AVE

CARGADOR / CLIENTE

TRANSPORTISTA

VIAS Y CONSTRUCCIONES SA.

EUSTASIO MOYANO GARCIA

SAN DAMIAN 23 49 A

CUENCA

NIF: A28017986

NIF: 4547179X

Conductor: EUSTASIO MOYANO GARCIA

N.I.F.: 4547179X

COD. PRODUCTO: 37

PRODUCTO: ZAHORRA SELECCIONADA

PRECIO TM.: 0,00

BRUTO: 26.300 TARA: 14.100 NETO: 12,20 Tm IMPORTE: 0,00 Eu.

Recibi:

Fdo.: El Cliente

extransa

Fábrica: Avda. Cruz Roja, s/n. - Cuenca - Tel. 969 227 319
Oficina: C/ Antonio Maura, 1 - 1º Izq. - 16004 Cuenca - Tel. 969 221 948

A16005266



VER DORSO

009
07
009 / CPD / A60 / 0654

SALIDA MATERIAL GRAVERA

ORDEN PESADA#: 1006 Fecha.....: 15-01-2009 08:30
COD. CAMION...: 1255 MATRICULA: 5053BTY
OBRA...: TRAMO AVE

CARGADOR / CLIENTE					TRANSPORTISTA				
LINEA EN CARGA	LINEA EN CARGA	LINEA EN CARGA	LINEA EN CARGA	LINEA EN CARGA	LINEA EN CARGA	LINEA EN CARGA	LINEA EN CARGA	LINEA EN CARGA	LINEA EN CARGA
VIAS Y CONSTRUCCIONES SA.									
NIF: A28017986									
Conductor:									
N.I.F.....:									
COD. PRODUCTO: 37									

PRODUCTO.....: ZAHORRA SELECCIONADA
PRECIO TM.: 0,00

BRUTO: 26.220 TARA: 14.600 NETO: 11.62 Tm IMPORTE: 0.00 Eu.

AJUSTADO

Recibir:
Fdo.: El Cliente

extransa

Fábrica: Avda. Cruz Roja, s/n. - Cuenca - Tel. 969 227 319
Oficina: C/ Antonio Maura, 1 - 1º Izq. - 16004 Cuenca - Tel. 969 221 948

A16005266



VER DORSO

009
07
009 / CPD / A60 / 0654

SALIDA MATERIAL GRAVERA

ORDEN PESADA#: 964 Fecha.....: 14-01-2009 19:17
COD. CAMION...: 66 MATRICULA: 4401D6J
OBRA...: PRUEBA DE PESO

CARGADOR / CLIENTE					TRANSPORTISTA				
LINEA EN CARGA	LINEA EN CARGA	LINEA EN CARGA	LINEA EN CARGA	LINEA EN CARGA	LINEA EN CARGA	LINEA EN CARGA	LINEA EN CARGA	LINEA EN CARGA	LINEA EN CARGA
VIAS Y CONSTRUCCIONES SA.									
NIF: A28017986									
Conductor: RUBEN NAVARRO RUBIO									
N.I.F.....: 4609664G									
COD. PRODUCTO: 37									

PRODUCTO.....: ZAHORRA SELECCIONADA
PRECIO TM.: 0,00

BRUTO: 25.740 TARA: 14.120 NETO: 11.62 Tm IMPORTE: 0.00 Eu.

AJUSTADO SIN PORTE

Recibir:
Fdo.: El Cliente

extransa

Fábrica: Avda. Cruz Roja, s/n. - Cuenca - Tel. 969 227 319
Oficina: C/ Antonio Maura, 1 - 1º Izq. - 16004 Cuenca - Tel. 969 221 948

A16005266



VER DORSO

009
07
009 / CPD/A60 / 0654

SALIDA MATERIAL GRAVERA

ORDEN PESADA: 1004 Fecha...: 15-01-2009 08:25
COD. CANTON...: 1253 MATRICULA: CU7854E
OBRA...: TRAMO AVE

CARGADOR / CLIENTE					TRANSPORTISTA					
CONDICIONES DE ENTREGA	LINEA EN CARGO	LINEA EN CARGO	LINEA EN CARGO	LINEA EN CARGO	Llave	Motocicleta	Camioneta	Forma de presentación	Grupo	Placa
CONDICIONES DE ENTREGA	CONDICIONES DE ENTREGA	CONDICIONES DE ENTREGA	CONDICIONES DE ENTREGA	CONDICIONES DE ENTREGA						
			X	X	J	B	110	R	24	F
NIF: A28017986			X	X	J	B	110	R	24	F
Conductor: JOSE MARIA RODRIGUEZ					J	B	110	R	24	F
N.I.F.: 52103769Y			X	X	J	B	110	R	24	F
COD. PRODUCTO: 37			X	X	J	B	110	R	24	F

PRODUCTO...: ZAHORRA SELECCIONADA
PRECIO TM.: 0,00

BRUTO: 26.100 TARA: 14.420 NETO: 11.680 Tm IMPORTE: 0.00 Eu.

Recibi:
Fdo.: El Cliente

extransa

Fábrica: Avda. Cruz Roja, s/n. - Cuenca - Tel. 969 227 319
Oficina: C/ Antonio Maura, 1 - 1º Izq. - 16004 Cuenca - Tel. 969 221 948

A16005266



VER DORSO

009
07
009 / CPD/A60 / 0654

SALIDA MATERIAL GRAVERA

ORDEN PESADA: 1007 Fecha...: 15-01-2009 08:34
COD. CANTON...: 1257 MATRICULA: M5612WS
OBRA...: TRAMO AVE

CARGADOR / CLIENTE					TRANSPORTISTA					
CONDICIONES DE ENTREGA	LINEA EN CARGO	LINEA EN CARGO	LINEA EN CARGO	LINEA EN CARGO	Llave	Motocicleta	Camioneta	Forma de presentación	Grupo	Placa
CONDICIONES DE ENTREGA	CONDICIONES DE ENTREGA	CONDICIONES DE ENTREGA	CONDICIONES DE ENTREGA	CONDICIONES DE ENTREGA						
			X	X	J	B	110	R	24	F
NIF: A28017986			X	X	J	B	110	R	24	F
Conductor: FRANCISCO CERRO			X	X	J	B	110	R	24	F
N.I.F.: 1818993M			X	X	J	B	110	R	24	F
COD. PRODUCTO: 37			X	X	J	B	110	R	24	F

PRODUCTO...: ZAHORRA SELECCIONADA
PRECIO TM.: 0,00

BRUTO: 26.200 TARA: 13.600 NETO: 12.600 Tm IMPORTE: 0.00 Eu.

Recibi:
Fdo.: El Cliente

extransa

Fábrica: Avda. Cruz Roja, s/n. - Cuenca - Tel. 969 227 319
Oficina: C/ Antonio Maura, 1 - 1º Izq. - 16004 Cuenca - Tel. 969 221 948

A16005266



VER DORSO

009
07

009 / CPD / A60 / 0654

SALIDA MATERIAL GRAVERA

ORDEN PESADA: 1002 Fecha: 15-01-2009 08:21
COD. CAMION: 57 MATRICULA: B437BJY
OBRA: TRAMO AVLEO

CARGADOR / CLIENTE					TRANSPORTISTA				
LINE EN	LINE EN	LINE EN	LINE EN	Lavado	Forma de	Forma de	Forma de	Forma de	
YAS	YAS	YAS	YAS		Transportación	Transportación	Transportación	Transportación	
VIAS Y CONSTRUCCIONES SA.	X	EXTRANSA	EXTRANSA	EXTRANSA	EXTRANSA				
				X	C/ ANTONIO MAURA, 1 1º B				
				X	CUENCA	CUENCA	CUENCA	CUENCA	
NIF: A28017986	NIF: A28017986	NIF: A28017986	NIF: A28017986	X	NIF: A16005266	NIF: A16005266	NIF: A16005266	NIF: A16005266	
Conductor: OSCAR CRISOLAGO KLOPIS	X	Conductor: OSCAR CRISOLAGO KLOPIS							
N.I.F.: 3601967H	N.I.F.: 3601967H	N.I.F.: 3601967H	N.I.F.: 3601967H	X	N.I.F.: 3601967H	N.I.F.: 3601967H	N.I.F.: 3601967H	N.I.F.: 3601967H	
COD. PRODUCTO: 37	COD. PRODUCTO: 37	COD. PRODUCTO: 37	COD. PRODUCTO: 37	X	COD. PRODUCTO: 37	COD. PRODUCTO: 37	COD. PRODUCTO: 37	COD. PRODUCTO: 37	

PRODUCTO: ZAHORRA SELECCIONADA
PRECIO TM.: 0,00

BRUTO: 26.200 TARA: 14.260 NETO: 11,94 Tm IMPORTE: 0,00 Eu.

AJUSTADO

Recibi:
Fdo.: El Cliente

extransa

Fábrica: Avda. Cruz Roja, s/n. - Cuenca - Tel. 969 227 319
Oficina: C/ Antonio Maura, 1 - 1º Izq. - 16004 Cuenca - Tel. 969 221 948

A16005266



VER DORSO

009
07

009 / CPD / A60 / 0654

SALIDA MATERIAL GRAVERA

ORDEN PESADA: 966 Fecha: 14-01-2009 19:20
COD. CAMION: 1 MATRICULA: CU3952K
OBRA: PRUEBA DE CARGA

CARGADOR / CLIENTE					TRANSPORTISTA				
LINE EN	LINE EN	LINE EN	LINE EN	Lavado	Forma de	Forma de	Forma de	Forma de	
YAS	YAS	YAS	YAS		Transportación	Transportación	Transportación	Transportación	
VIAS Y CONSTRUCCIONES SA.	X	JOSE NAVARRO CAMPILLO	JOSE NAVARRO CAMPILLO	JOSE NAVARRO CAMPILLO	JOSE NAVARRO CAMPILLO				
				X	SAN DAMIAN 1 1º B				
				X	CUENCA	CUENCA	CUENCA	CUENCA	
NIF: A28017986	NIF: A28017986	NIF: A28017986	NIF: A28017986	X	NIF: 45422400	NIF: 45422400	NIF: 45422400	NIF: 45422400	
Conductor: JOSE NAVARRO CAMPILLO	X	Conductor: JOSE NAVARRO CAMPILLO							
N.I.F.: 45422400	N.I.F.: 45422400	N.I.F.: 45422400	N.I.F.: 45422400	X	N.I.F.: 45422400	N.I.F.: 45422400	N.I.F.: 45422400	N.I.F.: 45422400	
COD. PRODUCTO: 37	COD. PRODUCTO: 37	COD. PRODUCTO: 37	COD. PRODUCTO: 37	X	COD. PRODUCTO: 37	COD. PRODUCTO: 37	COD. PRODUCTO: 37	COD. PRODUCTO: 37	

PRODUCTO: ZAHORRA SELECCIONADA
PRECIO TM.: 0,00

BRUTO: 26.200 TARA: 14.200 NETO: 12,00 Tm IMPORTE: 0,00 Eu.

AJUSTADO SIN PORTE

Recibi:
Fdo.: El Cliente

extransa

Fábrica: Avda. Cruz Roja, s/n. - Cuenca - Tel. 969 227 319
Oficina: C/ Antonio Maura, 1 - 1º Izq. - 16004 Cuenca - Tel. 969 221 948

A16005266



VER DORSO

009
07

009 / CPD / A60 / 0654

SALIDA MATERIAL GRAVERA

ORDEN PESADA: 1008 Fecha: 15-01-2009 08:33
COD. CAMION: 1254 MATRICULA: M9394XT
OBRA: TRAMO AVE

CARGADOR / CLIENTE					TRANSPORTISTA				
Linea	Linea	Linea	Linea	Linea	Linea	Linea	Linea	Linea	Linea
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		X	X						
NIF: A2801786		X	X		NIF: 410				
Conductor: DAVID HERRERO									
N.I.F.: 448330330									
COD. PRODUCTO: 37									

PRODUCTO: ZAHORRA SELECCIONADA
PRECIO TM.: 0,00

BRUTO: 26.300 TARA: 14.600 NETO: 11.700 Tm IMPORTE: 0.00 Eu.

Recibi:
Fdo.: El Cliente

extransa

Fábrica: Avda. Cruz Roja, s/n. - Cuenca - Tel. 969 227 319
Oficina: C/ Antonio Maura, 1 - 1º Izq. - 16004 Cuenca - Tel. 969 221 948

A16005266



VER DORSO

009
07

009 / CPD / A60 / 0654

SALIDA MATERIAL GRAVERA

ORDEN PESADA: 1007 Fecha: 15-01-2009 08:31
COD. CAMION: 1254 MATRICULA: M9571XDD
OBRA: TRAMO AVE

CARGADOR / CLIENTE					TRANSPORTISTA				
Linea	Linea	Linea	Linea	Linea	Linea	Linea	Linea	Linea	Linea
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		X	X						
NIF: A2801786		X	X		NIF: 410				
Conductor: JULIAN FERRO BLAZQUEZ									
N.I.F.: 18013300									
COD. PRODUCTO: 37									

PRODUCTO: ZAHORRA SELECCIONADA
PRECIO TM.: 0,00

BRUTO: 26.180 TARA: 14.440 NETO: 11.740 Tm IMPORTE: 0.00 Eu.

AJUSTADO

Recibi:
Fdo.: El Cliente

ANEXO G. PROVEEDORES DEL SERVICIO

A continuación se exponen catálogos y extractos de webs de algunas empresas que realizan pruebas de carga:

Mekano 4

Intemac

Extracto web Mekano 4 (www.mekano4.com)

PRUEBAS DE CARGA



Mekano4 dispone de personal técnico especializado para la instrumentación de pruebas de carga estáticas y dinámicas para puentes de carretera y ferrocarril.

DESCRIPCIÓN DE LAS PRUEBAS

ESTÁTICA.-Se miden las flechas reales producidas en la estructura para distintos estados o hipótesis de carga con el fin de analizar su comportamiento en relación a los resultados teóricos de proyecto.El proyecto especifica en cuantos puntos (llamados puntos de instrumentación) hay que controlar dicha flecha. Los puntos habitualmente instrumentados son los centros de vano y los apoyos. Los ascensos y descensos producidos en la estructura son registrados por potenciómetros en contacto con pesas colgadas de la estructura.La viabilidad de este método de medición depende de la posibilidad de situarse bajo la estructura. Para vanos no accesibles, la medición se realizará mediante métodos topográficos.

DINÁMICA.-Su objetivo es comparar los valores teóricos de frecuencia fundamental de oscilación con los reales de la estructura. Para ello, es necesario excitar la estructura mediante el paso de un camión cargado y previamente pesado por encima de un obstáculo estandarizado. La vibración producida es captada por acelerómetros.

De esta medición se obtiene la forma de la evolución temporal de las aceleraciones sufridas por la estructura. El análisis de los resultados es realizado a posteriori.

EQUIPAMIENTO Y APLICACIÓN

POTENCIÓMETROS.-Sensores de desplazamiento para medición de flechas producidas en la estructura durante la prueba de carga estática. Se instalan en la parte inferior del puente donde registran los movimientos de las pesas ancladas en los puntos de instrumentación.Se trata de transductores lineales de desplazamiento. Se entiende por transductor lineal aquél en el que existe una proporcionalidad entre el parámetro que se quiere medir (flecha) y el

parámetro eléctrico que medimos (voltaje).

ACELERÓMETROS.-Sensores piezoresistivos o capacitivos para medición de aceleraciones producidas en la estructura tras excitarla al paso de un camión sobre tablero Rilem (obstáculo estándar).

UNIDAD DE ACONDICIONAMIENTO Y DIGITALIZACIÓN

Módulo electrónico necesario para acondicionar la señal y muestrearla digitalmente para su análisis y almacenamiento en PC portátil.

Características técnicas:

- Conexión a PC vía USB
- Modulo de conversión analógico-digital de 16 bits, ratio de muestreo de 200000 muestras por segundo.
- Tarjeta de acondicionamiento de señal para potenciómetros con un máximo de 32 canales diferenciales de entrada, voltaje de salida máximo +/- 10 volts, ganancia máxima 100 dB
- Tarjeta de acondicionamiento de señal para acelerómetros con 4 canales de entrada voltaje de salida máximo +/- 10 volts, ganancia máxima 40 dB.

PROCESO DE CAPTURA DE DATOS.- En el proceso de captura de datos, para los dos tipos de pruebas se distinguen tres etapas:

- Instalación, conexionado y puesta en marcha de equipos.
- Acondicionamiento y digitalización de las señales.
- Almacenamiento y tratamiento de las señales.

TRATAMIENTO DE DATOS E INFORME DE PRUEBA

ESTÁTICA.-Los datos transferidos al ordenador son almacenados en un archivo de texto. Simultáneamente, el programa desarrollado por Mekano4 permite el tratamiento, la monitorización y el análisis en tiempo real de las señales proporcionadas por los sensores.

Durante la ejecución de cada una de las hipótesis de carga, se muestran y se grafican en la pantalla del ordenador los valores de las flechas en cada uno de los vanos instrumentados de la estructura. El tratamiento y la monitorización en tiempo real de las lecturas de los sensores permite comprobar de forma eficaz si el comportamiento de la estructura es el esperado y si se cumple con los criterios de estabilización y remanencia de flechas indicados en el proyecto de prueba de carga.

Tras la realización de la prueba, se presenta un informe en formato digital PDF y por escrito que consta de:

- Croquis de situación de camiones indicando posiciones y peso para cada hipótesis de carga.
- Croquis de ubicación de los sensores, gráficos de flechas reales en función del tiempo teniendo en cuenta el descenso de los apoyos.
- Tabla resumen de flechas reales en centros de vano para cada hipótesis propuesta en proyecto.
- Incidencias durante la realización de la prueba.
- Fotografías tomadas durante la prueba.
- Comparación de los resultados obtenidos con los estipulados por el proyecto teórico.

DINÁMICA.-El análisis de los datos de oscilación de la estructura se realiza a posteriori.

Se analizan los datos obtenidos para determinar la frecuencia fundamental de oscilación .El informe se entrega en formato digital PDF y por escrito incluyendo:

- Gráficos de perturbaciones en función del tiempo.
- Frecuencia fundamental de oscilación calculada mediante Transformada de Fourier.



METIRE UT SCIAS

INTEMAC

INSTITUTO TÉCNICO DE MATERIALES Y CONSTRUCCIONES

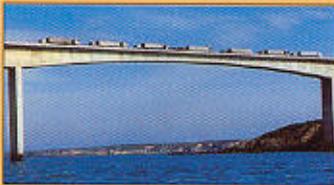
ORGANIZACIÓN INDEPENDIENTE DE CONTROL DE CALIDAD
Y ASISTENCIA TÉCNICA A LA CONSTRUCCIÓN

SERVICIO DE CONTROL DE CALIDAD, AUSCULTACIÓN Y PRUEBAS DE CARGA DE PUENTES Y CONSTRUCCIONES SINGULARES

INTEMAC es una organización Privada e Independiente dedicada de forma exclusiva al Control de Calidad de Construcciones en todas sus fases –Proyecto, Materiales, Ejecución y Uso y Mantenimiento– y en todos sus campos –Obras Públicas, Obras Industriales y Edificación–, incluidas sus Instalaciones.

El Departamento de Ensayos Estructurales de INTEMAC desarrolla todas las actividades relacionadas con las pruebas de carga estáticas y dinámicas de puentes y construcciones singulares y cuenta para ello con equipos humanos y materiales muy desarrollados y potentes.

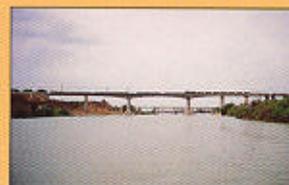
Gracias a su fiabilidad y a la economía resultante de su uso estos equipos se están utilizando en estructuras singulares como las reflejadas en las fotografías:



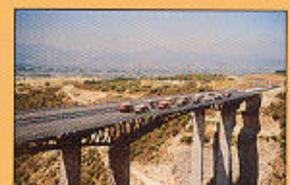
Puente de los Santos sobre el río Eo en Ribadeo.



Pasarela sobre el río Lérez en Pontevedra.



Puente sobre el río Ebro en Amposta.



Puente sobre el río Sil en Ponferrada.

Aunque estos equipos de registro continuo y características dinámicas (100.000 medidas/segundo/canal) eran de obligado uso para las pruebas dinámicas reglamentarias de puentes de ferrocarril, las recientes “Recomendaciones sobre pruebas de carga en Puentes de Carretera” editadas por el Ministerio de Fomento en 1999, recomiendan también su uso en general durante las pruebas de cargas estáticas de todo tipo de puentes y obligan a su utilización si alguno de los vanos del puente objeto de prueba tiene más de 60 metros de luz o en pasarelas susceptibles de sufrir efectos dinámicos.

También son utilizados para la realización de pruebas de carga de construcciones o elementos singulares como los que se muestran a continuación:



Auscultación de movimientos en vía de la Línea de Alta Velocidad Madrid-Sevilla.



Instrumentación mediante bandas extensométricas de una válvula de cierre de conducción de gas.

Es frecuente también el uso de equipos de esta precisión para evaluar mediante ensayos nuevos diseños o procesos de fabricación. Las siguientes fotografías muestran esta utilidad de los equipos:



Prueba de carga sobre modelo a escala real de puente a ejecutar en Indonesia.

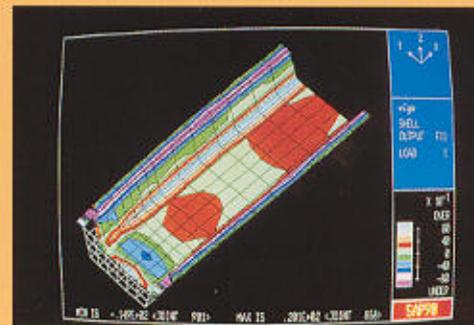
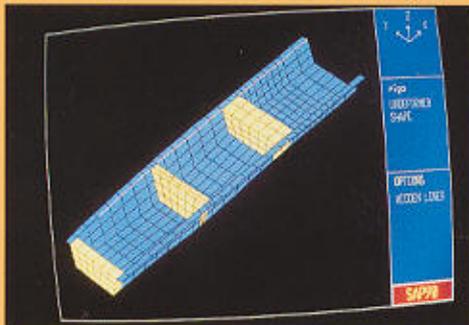


Prueba de carga del útil empleado en el izado del estabilizador de los aviones Airbus A-340/500/600.

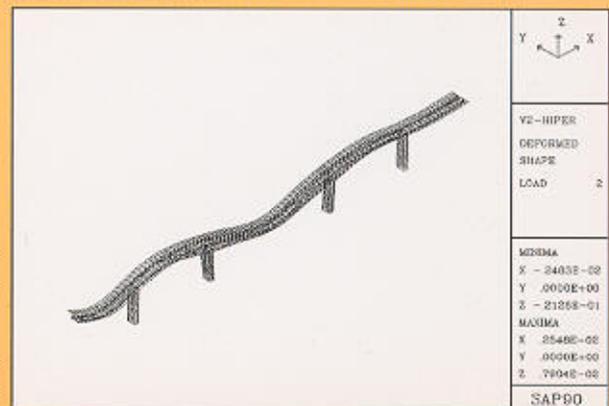
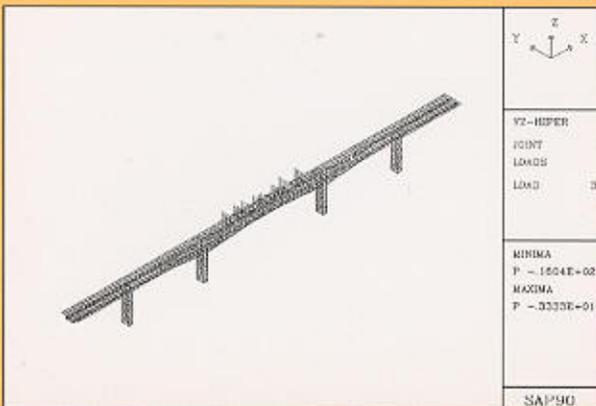
La **especialización** de **INTEMAC** en este campo permite **destinar exclusivamente** a esta actividad a un completo equipo de **Ingenieros** dedicados unos a la **redacción** de los **protocolos de prueba de carga** (ajustados a los trenes de carga disponibles en obra) otros a la **instrumentación** y **realización in situ** de las **pruebas** y por último otro equipo especializado en la redacción de los **informes** de las citadas pruebas **evaluando eventuales desviaciones** entre los **valores previstos** y los **valores reales** obtenidos durante la prueba.

En la redacción del proyecto de prueba de carga se hacen uso de **programas de elementos finitos** que permiten una **modelización** muy **fiable** de las estructuras a probar.

Modelización mediante programas de elementos finitos.



Modelización mediante programas de elementos finitos.

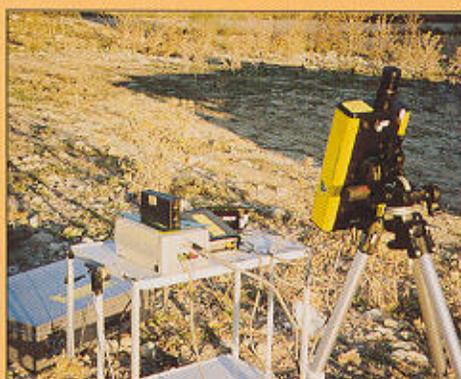
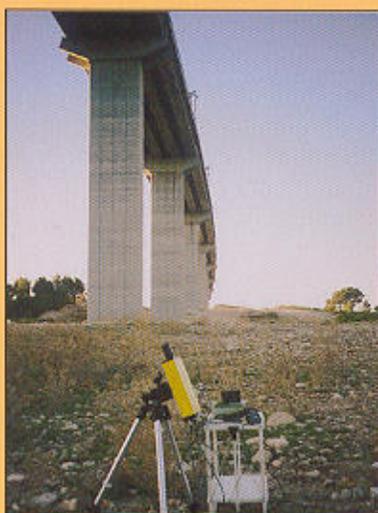


Los **equipos móviles** con que el Instituto cuenta **permiten desplegar la instrumentación** requerida con **gran rapidez abaratando el coste** de la prueba al **disminuir el tiempo** de permanencia de los **camiones** en obra.



Diferentes equipos de acondicionamiento y adquisición con rango dinámico.

INTEMAC cuenta con **equipos láser** para la **monitorización sin contacto** de los movimientos de estructuras donde no es posible referir al terreno la instrumentación convencional. Las fotografías que se muestran a continuación reproducen los equipos láser citados durante **pruebas de carga dinámicas** en campo:



Equipos láser utilizados en las pruebas de carga del viaducto sobre el Ebro en Amposta.

Los equipos no se utilizan exclusivamente en estructuras singulares y complejas sino que cada vez con mayor asiduidad se emplean en pasos superiores convencionales donde se prefiere la fiabilidad de estos equipos a la obtenida en las pruebas convencionales por topografía.

