

PRUEBAS DE CARGA EN PUENTES

**Ing. Beatriz Martínez Pedraza¹, Ing. Celia Ávila Restoy¹, Ing. Reyna Alba Cruz¹, Arq.
Carlos Urbano Martínez Pedraza²**

*1. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”, Vía Blanca
Km.3, Matanzas, Cuba.*

*2. Empresa de Proyectos de Arquitectura e Ingeniería de Matanzas
(EMPAI), Matanzas, Cuba.*

Resumen.

La resistencia y la capacidad portante real de los puentes, independientemente de su tipo y del material empleado, pueden ser determinadas con bastante exactitud mediante pruebas no destructivas in situ. Los objetivos del presente trabajo son exponer la metodología e importancia de la realización de las pruebas de carga en puentes, así como explicar los métodos por los cuales se realizan las mismas.

Palabras claves: Pruebas de carga, Puentes, Capacidad portante de puentes, Resistencia de puentes.

Introducción.

La construcción de puentes aparece como una de las actividades más antiguas del hombre, ya que tuvo su origen en la prehistoria misma. Puede decirse que esta actividad nació cuando al hombre se le ocurrió derribar un árbol de forma que, al caer, salvara un accidente natural que obstaculizaba su libre movilización entre dos puntos de su interés.

A medida que la concepción de los puentes se volvió más sofisticada, se hizo necesario garantizar de alguna manera que éstos cumplieran satisfactoriamente con las funciones para las cuales fueron proyectados y que a la vez fueran seguros para los usuarios. Una de las formas de verificar el comportamiento de los puentes (ya sea antes y/o después de su puesta en servicio) fue mediante la ejecución de pruebas de carga.

Actualmente la realización de estas en puentes nuevos es un requisito obligatorio en muchos países. También son ejecutadas en puentes en uso con el fin de verificar que la estructura sigue manteniendo la capacidad portante necesaria para resistir adecuadamente las cargas de servicio.

Desarrollo.

La prueba de carga de una estructura es un proceso que consiste en la reproducción de uno o varios estados de carga actuando sobre la misma y que pretende obtener datos suficientes de su respuesta frente a dichos estados para compararlos con los obtenidos en forma

teórica, de manera que pueda deducirse su comportamiento funcional y confirmar que el diseño y construcción se han realizado de forma satisfactoria (Nowak, 1996).

La ejecución y dirección de las pruebas se encuentra a cargo del Ingeniero Director de la Obra, el cual podrá ante incidencias introducir cuantas modificaciones al programa general sean necesarias: ordenar la realización de pruebas complementarias, modificar o adaptar el tren de carga a las condiciones de las pruebas o a las características de la estructura, intensificar las medidas a realizar, ampliar los tiempos de carga, etc. También será quien una vez que las considere realizadas en todas sus fases, dará por terminadas las pruebas y deberá en su caso ordenar la suspensión de las mismas cuando así lo exija el comportamiento de la estructura durante el ensayo.

Para la preparación de la prueba debe tenerse conocimiento exacto del tren de cargas a utilizar, de los puntos de medida y de las características y condicionantes de los aparatos de medida utilizados; además de preverse e inspeccionarse los medios auxiliares necesarios para el acceso a todos los puntos de medida que lo requirieran y a las zonas que deban ser observadas o controladas durante la prueba, y deberá estudiarse la distribución y organización del personal que interviene en la misma, los movimientos del tren de carga en las distintas fases de la prueba, tiempos para cada estado de carga, criterios de aceptación de resultados, etc.

Clasificación de las pruebas de carga:

En función del tipo de carga aplicada:

1. Pruebas de Carga Estáticas.

Consisten en la reproducción de uno o varios estados de carga colocando un tren de carga de forma estacionaria en una posición específica sobre la estructura. Deberán aplicarse las cargas de manera tal que produzcan las deflexiones máximas y compararlas con las deflexiones teóricas calculadas anteriormente

2. Pruebas de Carga Dinámicas.

Consiste en la excitación de la estructura para alcanzar un estado de vibración que permita medir magnitudes tales como aceleraciones, desplazamientos y deformaciones, dependiendo de la finalidad de la prueba. Los ensayos dinámicos serán necesarios en el caso de que se prevea un efecto considerable de vibración.

De acuerdo a la finalidad del ensayo.

1. Pruebas de carga reglamentarias.

Son todas aquellas fijadas por las especificaciones técnicas particulares, instrucciones o reglamentos, y que consisten en realizar un ensayo que constate el comportamiento de la estructura ante situaciones representativas de sus acciones de servicio.

2. 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

3. Pruebas de carga para evaluar la capacidad resistente.

Las pruebas de carga pueden utilizarse como un medio para evaluar la seguridad de las estructuras. En estos casos, la carga a materializar deberá ser una fracción de la carga de cálculo y superior a la carga de servicio.

Estas pruebas requieren la redacción de un plan de ensayo que evalúe la viabilidad de la prueba, la realización de la misma por una organización con experiencia en este tipo de trabajos y la dirección del ensayo por un cuerpo técnico competente.

4. Evaluación de puentes durante su construcción.

En procedimientos constructivos delicados, es conveniente instrumentar la estructura para conocer en detalle su comportamiento durante las distintas fases constructivas, el cual puede ser más crítico que con la obra terminada.

Pruebas de carga estáticas:

Para la realización de estas pruebas se debe definir:

- *Tren de cargas.*

Se pueden mencionar tres tipos de trenes de carga:

1. Tren de carga de cálculo: es el definido en la norma o reglamento que se haya usado como base en el diseño del puente.
2. Tren de carga del proyecto de la prueba: es el que adopta el proyectista con el único fin de prever las deformaciones que va a presentar la estructura durante la prueba de carga. Debe fijarse de tal forma que pueda luego materializarse en un tren de prueba y que los esfuerzos que produzca sobre la estructura no sean superiores a los que producirían el tren de carga de cálculo.

La carga de ensayo para la prueba de recibo estándar, en puentes sin reservas técnicas, será por lo menos el 75% de la respectiva carga viva con impacto usada en el proyecto de la estructura.

3. Tren de carga de la prueba: es el conjunto de vehículos, generalmente camiones, realmente utilizados en la prueba de carga. Estos deberán reproducir lo más fielmente que sea posible los esfuerzos producidos por el tren de carga del proyecto de la prueba.

Antes de comenzar el ensayo cada vehículo deberá estar debidamente identificado, disponiéndose de las características de todos los vehículos tales como: sus dimensiones, pesos por ejes y distancias entre dichos ejes. Se comprobará especialmente el peso real de cada uno de los vehículos o elementos de cargas debiendo tener el cuidado que su valor sea obtenido con una precisión no inferior al 5% y que se mantenga sensiblemente constante durante el ensayo.

Se recomienda conocer con anticipación, las condiciones climatológicas al momento de ejecutar la prueba de carga. Es necesario tener en cuenta que la lluvia puede afectar el peso de los camiones, así como el peso del puente en sí, sobre todo si éste no cuenta con un adecuado sistema de drenaje; por otro lado, los equipos de medición podrían verse afectados por la lluvia, viento y/o altas temperaturas.

Es importante que cualquier sistema de carga considere la seguridad del personal y la anulación de daños considerables o la falla catastrófica de la estructura.

El ensayo permite la repetición de cargas, de forma que pueda comprobarse tanto la respuesta lineal del puente bajo los distintos ciclos de carga, como el regreso a cero de dicha respuesta, después de ser removidas las cargas.

- *Aplicación de Cargas Estacionarias.*

Generalmente las cargas estacionarias se aplican a puentes colocando, con ayuda de una grúa posicionada afuera del mismo, bloques de peso conocido. Este tipo de cargas presentan varias desventajas en términos de su manejabilidad para ser colocadas en distintas posiciones de carga y su posterior remoción.

Además, si las cargas son aplicadas lentamente, se deberán considerar los efectos de la temperatura para ciertos tipos de estructuras.

Una carga móvil es aquella que puede ser fácilmente aplicada en diferentes posiciones, tanto longitudinal como transversalmente, para simular todos los posibles estados de carga en el puente. Generalmente, se usan uno o más camiones de volteo o camiones de ensayo especialmente diseñados.

El camión de ensayo se detendrá en posiciones predeterminadas sobre el puente y la respuesta de éste será medida bajo condiciones de carga estáticas. El camión puede estar cargado con el peso total requerido o aumentar su peso durante la prueba (adicionándosele bloques de concreto, por ejemplo).

- *Zonas de aplicación de la carga:*

Generalmente, la sobrecarga que sustituye al tren de cálculo se aplicará solamente en la calzada y hombros, sin que sea necesario someter a prueba las aceras. Los estados de carga serán determinados por el proyectista de la prueba de forma que, cargando convenientemente distintas zonas de la estructura, se alcancen los porcentajes deseados de los esfuerzos máximos producidos por el tren de carga de cálculo en las secciones críticas.

Como norma general se aconseja la aplicación de los siguientes criterios:

- En los tramos simplemente apoyados de un puente tipo viga, se cargará la luz total.
- En puentes tipo viga (hiperestáticos y de múltiples apoyos) se cargarán escalonadamente dos vanos consecutivos y alternos.
- En el caso de los pórticos se cargarán la luz entre apoyos, la luz total y las zonas en voladizo.
- En el caso de puentes de arcos se cargará cada tramo en escalones sucesivos, una mitad de la luz, la otra mitad, la luz total y la mitad central.

- *Formas de aplicación de las cargas:*

- Ciclos de carga:

Se aconseja efectuar un mínimo de dos ciclos para cada uno de los estados de carga definidos en el proyecto de la prueba, con el fin de observar la concordancia de las medidas obtenidas. Una vez realizado el segundo ciclo y a la vista de los resultados obtenidos y del comportamiento general de la estructura, el director de la prueba podrá determinar la necesidad de realizar algún ciclo adicional.

Así mismo, en el caso de puentes con varios vanos iguales o análogos el director de la prueba podrá reducir el número de ciclos, incluso a uno sólo, si cuando se vayan ocupando

posiciones de carga similares en otros vanos el comportamiento es satisfactorio y concordante con el de los vanos precedentes.

- Escalones de carga.

Una vez decidida la carga de ensayo es frecuente que ésta se aplique de forma progresiva en varias fases o escalones, la carga de ensayo se aplicará en un mínimo de dos escalones. En cualquier caso, el número de ciclos y de escalones vendrá determinado por las condiciones previstas en el proyecto de la prueba de carga.

Los movimientos de los vehículos en cualquier fase del proceso de carga o de descarga se efectuarán con la suficiente lentitud para no provocar efectos dinámicos no deseados y se organizarán de forma que la realización de cualquier estado de carga no produzca sobre otras partes de la estructura solicitaciones superiores a las previstas.

- Duración de la aplicación de las cargas.

El tiempo que se debe de mantener la carga en un escalón intermedio antes de pasar al escalón siguiente, así como el tiempo que se debe mantener la carga total correspondiente a un cierto estado de carga, vendrá determinado por el criterio de estabilización de las medidas.

- *Criterios de estabilización:*

Colocado el tren de carga correspondiente, en un escalón determinado 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 medición 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 éstos 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 correspondientes al intervalo anterior o bien del orden de la precisión de los aparatos de medida.

Luego de alcanzada la estabilización se tomarán las lecturas finales en todos los puntos de medición. Además, deberá comprobarse que no se detecta ningún signo o muestra de fallo o inestabilidad en alguna parte de la estructura; si es de concreto armado, se comprobará que las fisuras se mantengan dentro de los márgenes admisibles.

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.

La figura 1 muestra los vehículos de diseño utilizados en nuestro país según la NC 733: 2009. *Carreteras. Puentes y alcantarillas Requisitos de diseño y método de cálculo.*

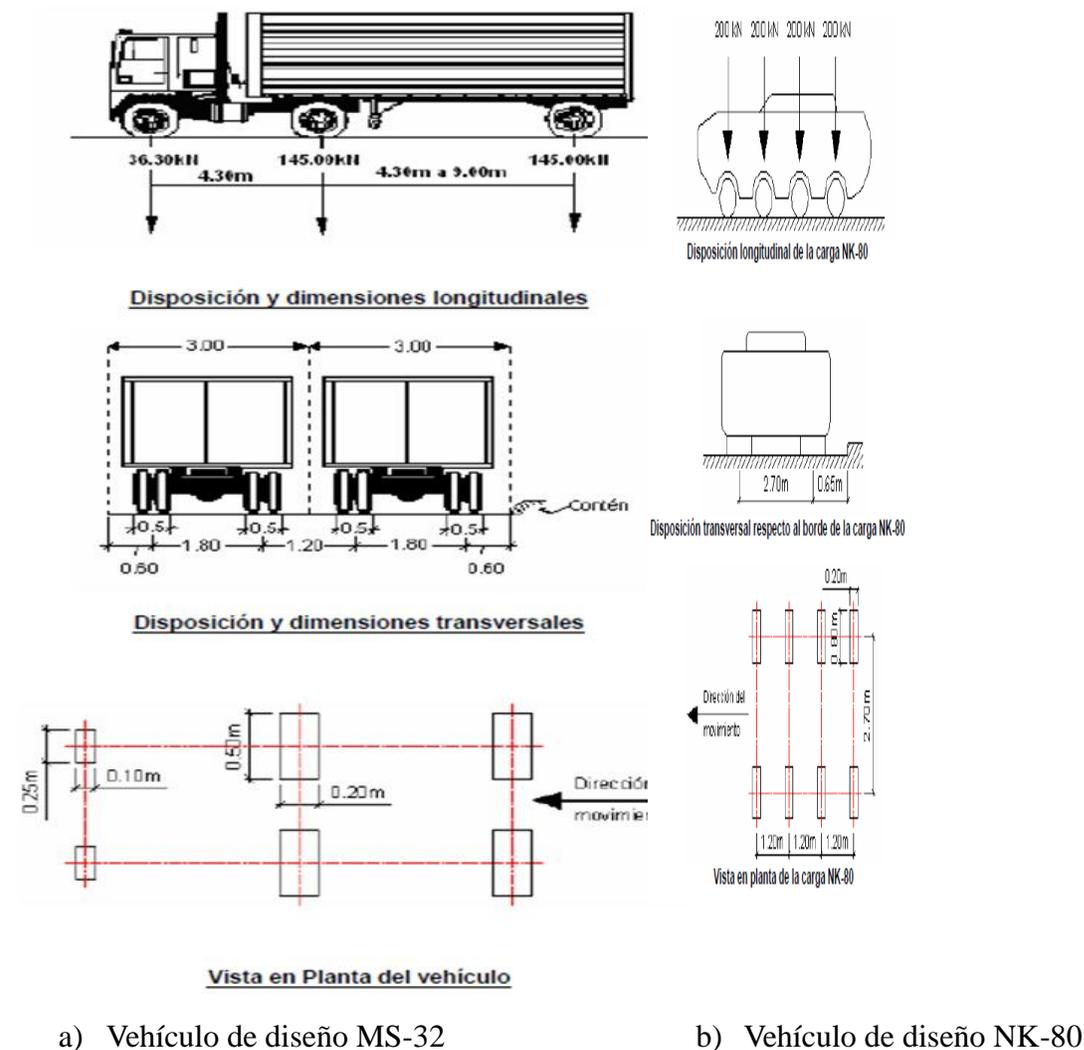


Figura 1: Características de los vehículos de diseño. Obtenido de la NC 733: 2009.

- *Criterios de aceptación:*

En general estos criterios serán definidos por el proyectista, quien señalará en el proyecto de la prueba, además de los valores esperados para las medidas, los límites o tolerancias admisibles de los resultados respecto a dichos valores teóricos, los cuales pueden ser:

1. Los valores de las magnitudes máximas determinadas en las pruebas al finalizar el ciclo de carga, medidas después de la estabilización y no superarán las máximas calculadas en el proyecto de la prueba de carga.
2. Las flechas medidas no excederán los valores establecidos en el proyecto, como máximos serán compatibles con la correcta utilización de la estructura. Por condiciones de servicio e incluso por razones estéticas, la relación flecha/luz no superará un valor límite determinado en el proyecto de la prueba.
3. En el transcurso del ensayo no se producirán fisuras que no correspondan con lo previsto en el proyecto y que puedan comprometer la durabilidad y seguridad de la estructura; se establecerá, entonces, una anchura máxima de fisura.
4. No deberán aparecer signos de agotamiento de la capacidad portante en ninguna parte de la estructura.

Desde el punto de vista experimental estos signos son:

- Destrucción propiamente dicha de la estructura ensayada o de algunos de sus elementos.
- Aparición de tensiones superiores a los límites admisibles.
- Aparición de deformaciones o desplazamientos que crecen rápidamente sin que la carga aumente o con muy pequeños incrementos de ésta.

Pruebas de carga dinámicas:

En este tipo de prueba se recomienda la realización de ensayos dinámicos en el caso de puentes con grandes luces, de diseño inusual, así como en el caso de utilización de nuevos materiales. De igual manera, se recomienda la realización de este tipo de ensayo cuando se prevea un efecto considerable de vibración y en pasarelas en las que, por su esbeltez, puedan aparecer vibraciones que puedan causar molestias a los usuarios.

La metodología habitual para controlar las vibraciones de los tableros esbeltos consiste en un análisis modal, obteniendo los principales modos de vibración y amortiguamiento. Este

punto de partida permite conocer y comprender el comportamiento de la estructura frente a cargas dinámicas.

Dado que el rango de frecuencias propias de los tableros de puentes es habitualmente inferior, incluso para estructuras muy rígidas con luces pequeñas, los controles se centran fundamentalmente en la percepción a las aceleraciones.

Excitación de la estructura:

Normalmente la excitación de la estructura se puede alcanzar de cualquiera de las siguientes formas:

- Paso de un vehículo de ensayo, de dimensiones conocidas, para hacerlo correr a lo largo del puente a velocidades normales de uso. Esto deberá hacerse en diferentes trayectorias y en ambos sentidos a lo largo del puente para crear una superficie de influencia para posteriores controles de carga.

La máxima velocidad del vehículo deberá también ser variada, de forma que pueda cubrir los efectos máximos de impacto.

Además, podrán colocarse pequeños obstáculos en la calzada para incrementar el efecto dinámico del vehículo.

- Liberación repentina de una masa sujeta a la superestructura del puente.
- Utilización de sistemas mecánicos o inerciales de vibración.

La utilización de un medio u otro dependerá del tipo de análisis a realizar y de los medios disponibles.

Las cargas móviles, además de proveer información sobre la carga dinámica vehicular permisible, pueden también proporcionar datos sobre la frecuencia del puente.

Magnitudes a medir:

Las magnitudes a medir dependerán, como se dijo anteriormente, de la finalidad de la prueba y de las características dinámicas de la estructura que se trate de evaluar. Estas magnitudes son cinemáticas y vibratorias: amplitud, frecuencia, período, amortiguación, aceleraciones máximas e instantáneas, reacciones en aparatos de apoyo, etc.

La instrumentación utilizada dependerá de los medios de equipamiento y del equipo técnico que ejecute los ensayos. La profundidad y tipo de análisis a realizar con los datos procedentes de los ensayos estará en función de los parámetros que se pretenden evaluar.

La instrumentación de puentes cuyos procesos constructivos son delicados ha permitido la innovación y mejora de las técnicas de construcción y el desarrollo de tecnología que permita evaluar, de una manera más efectiva, el comportamiento de los elementos constitutivos del puente.

Ejemplos de la clasificación de ensayos de carga conforme a su finalidad:

1. Ensayos de diagnóstico:

Miden los efectos de la carga (momento, cortante, fuerza axial, esfuerzo o deflexión) que ocurren en los miembros del puente como respuesta a las cargas aplicadas. Dichos ensayos son, generalmente, desarrollados con el tráfico temporalmente suspendido y usando cargas controladas y conocidas.

Los ensayos de diagnóstico se asocian usualmente con una de las siguientes situaciones:

- Incertidumbres sobre el comportamiento del puente: El análisis estructural de un puente requiere asumir supuestos sobre las propiedades del material, condiciones límites, efectividad de las reparaciones, influencia del deterioro o daño, etc. Este tipo de ensayos puede ser usado para verificar algunas de las suposiciones hechas por el ingeniero evaluador.
- Determinaciones paramétricas de rutina: muchos parámetros, tales como la distribución de la carga y los factores de impacto, son rutinariamente usados en la evaluación de carga en puentes; estos parámetros pueden ser determinados, de una forma más precisa, por los ensayos de diagnóstico de campo. Los ensayos de diagnóstico sirven para verificar y ajustar las predicciones hechas por el modelo analítico.

2. Ensayos de prueba.

En este tipo de ensayo el puente es sometido a cargas específicas para determinar si es capaz de soportar dichas cargas sin sufrir daño alguno. Adicionalmente, las cargas deberán ser aplicadas en incremento y el puente deberá ser monitoreado continuamente, de forma que se detecten a tiempo posibles pérdidas de esfuerzo o un comportamiento no lineal.

El ensayo de carga se da por concluido una vez que:

- Se alcance una carga máxima predeterminada.
- El puente presente un comportamiento no lineal o cualquier otro signo visible de pérdida de esfuerzo.

3. Otros ensayos.

Pueden realizarse otros tipos de ensayos para proporcionar información sobre las características del material, así como de su grado de deterioro. Estos tipos de ensayos utilizan emisiones acústicas, ultrasónicas, de radar, magnéticas y otras técnicas similares.

Clasificación de las pruebas de carga en obras en servicio:

1. Pruebas de seguimiento.

En ellas se pretende obtener datos que permitan estimar si la obra sigue manteniendo la capacidad portante necesaria para resistir adecuadamente las cargas de servicio.

2. Pruebas de evaluación.

En ellas se pretende, en un cierto momento de la vida de una estructura, aportar datos para la evaluación de su capacidad portante. En este caso, las pruebas deberán realizarse siempre que se desee estimar la capacidad portante de una estructura, bien porque haya sufrido un proceso de deterioro notable o porque se pretende modificar el uso para el que anteriormente estaba diseñada la obra. El caso más típico es la adecuación de puentes antiguos a las actuales cargas de tráfico.

3. Pruebas especiales.

Se incluye en este grupo cualquier otro tipo de ensayo bajo carga sobre una estructura en servicio en el que, por motivos específicos, se trate de determinar alguno de los parámetros que definan la respuesta de la misma.

Inconvenientes para la realización de pruebas de carga en puentes:

- Si el costo del ensayo alcanza o excede el costo de la rehabilitación del puente.
- Si el puente, de acuerdo con los cálculos, no puede siquiera soportar el nivel más bajo de carga.
- Si los cálculos en componentes débiles del puente indican que al ejecutar un ensayo de campo no se tendría la seguridad de demostrar una mejoría en la capacidad de carga del puente.
- Si, en el caso de puentes de vigas de concreto, existe la posibilidad de un fallo repentino por cortante.
- Hay juntas inmovilizadas y apoyos que pueden causar liberación repentina de energía durante un ensayo de carga.

- Los ensayos de carga pueden ser imprácticos debido al acceso inadecuado al claro del puente.
- Si las condiciones del suelo o de las fundaciones son sospechosas. Si el puente tiene pilas y cabezales de estribos deteriorados, especialmente en las juntas de expansión donde el agua y la sal hayan causado una corrosión severa en el acero de refuerzo.

Mediciones Típicas que se realizan en las pruebas de carga.

1. Deformaciones.

La medición de deformaciones puede ser necesaria en varios puntos del puente, en función de las necesidades del tipo de ensayo que se ejecute. Esto se hace colocando sensores en varios miembros críticos para monitorear su respuesta; posteriormente, las respuestas medidas pueden compararse con los valores predichos por el modelo analítico.

2. Desplazamientos.

Las mediciones de desplazamientos ayudan a determinar el comportamiento lineal (mientras las cargas de ensayo son incrementadas) y también si los miembros recuperan su posición original cuando las cargas son retiradas. Típicamente, solamente unos cuantos puntos necesitan ser monitoreados durante el ensayo.

Las deflexiones verticales son usualmente medidas a la mitad del vano de la estructura.

La medición de desplazamientos verticales relativos entre la parte superior e inferior de los patines de una viga puede establecer la integridad de la sección, particularmente si existe un gran deterioro.

En algunos casos, como en los apoyos, la medición de desplazamientos horizontales puede ser útil para determinar si un apoyo está funcionando de acuerdo a su diseño.

3. Rotaciones y otras mediciones.

Las mediciones de rotaciones en los extremos pueden establecer la magnitud de las restricciones que existen en los apoyos. Se puede desarrollar la curva elástica para un miembro sometido a momento midiendo las rotaciones en toda la longitud del miembro.

Equipos que se utilizan en las pruebas de carga.

1. Plataformas aéreas que permiten realizar inspecciones bajo el puente y acceder más fácilmente a las zonas de éste donde serán colocados los aparatos de medición, que permiten el registro continuo de los datos.
2. Para las mediciones de deformaciones en campo:

- Indicadores mecánicos de deformación y transductores.
 - Galga extensométrica, que consiste de una matriz de bobinas o cable muy fino, que varía su resistencia linealmente dependiendo de la carga aplicada al dispositivo.
 - Sensores de deformación.
 - Acondicionadores de señal para accionar los sensores y amplificar y filtrar las señales.
 - Instrumentos de registro como osciloscopios, registradores análogos o computadoras digitales.
 - Transductores de deformación y extensímetros de hilo vibrante.
3. Para las mediciones de desplazamientos.

- Deformímetros:

Generalmente está formado por un dial con una graduación que varía cada 0.01 mm y por una espiga móvil (conectada a un resorte que le permite contraerse). La medición se realiza colocando el aparato sobre una estructura rígida y nivelada, que permita apoyar el aparato vertical u horizontalmente, para luego ajustar la espiga hasta que haga contacto con un segundo objeto al cual se le desea conocer los desplazamientos o deformaciones relativas en ese punto.

- Transductores eléctricos.

Los transductores eléctricos son dispositivos que convierten fenómenos físicos como temperatura, carga, presión o luz a señales eléctricas como voltaje y resistencia.

- Las galgas de deformación eléctricas colocadas sobre pequeñas piezas de metal pueden también servir como instrumentos de desplazamiento precisos.
- Métodos láser u otras herramientas de levantamiento topográfico.

Con el equipo láser se logra un registro continuo y se obtienen mediciones de desplazamiento y velocidad en un punto determinado del puente. El empleo de este equipo es de gran utilidad en aquellos casos en que es imposible utilizar los instrumentos de medición antes reseñados, dado que no requiere conexión física con el terreno bajo el tablero.

Influencia del medio ambiente sobre las pruebas de carga:

Durante la ejecución de las pruebas, los aparatos y sistemas de medida deberán protegerse convenientemente de la influencia del medio 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 anota periódicamente la temperatura en los puntos que sea necesario para poder evaluar su influencia sobre los resultados del ensayo, sobre todo en aquellas pruebas, que bien por la tipología y materiales de la obra o por los métodos de medida utilizados los cambios de temperatura e insolación pudieran tener una influencia apreciable en los resultados.

Siempre que sea posible, se procura elegir para las pruebas 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.

Conclusiones.

Las pruebas de carga en los puentes tratan de comprobar que el proyecto y su ejecución se ha realizado de forma adecuada. Para ello se evalúa el comportamiento estructural comparando la respuesta real a la esperada según el modelo de cálculo empleado para su diseño y comprobación. También se realizan pruebas en el caso de puentes de servicio. En este último caso se trata de 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 cargas de prueba, comparándolas con las obtenidas en pruebas anteriores.

Bibliografía.

Cardoza, Quijada; Marvin Alexander. Villalobos, Zetino; José Eduardo, Agosto 2005. *Evaluación estructural de un puente mediante la realización de una prueba de carga estática*. Tesis para optar al título de: Ingeniero Civil. Universidad de El Salvador (El Salvador).

Ramírez, R., Gámez, Y., Pérez, H. y Chagoyén, E. (2015). *Evaluación de un puente de vías férrea mediante ensayos estructurales y modelación computacional*. *Obras y Proyectos Villaseca, Carrasco; Nicolás. Pruebas de carga estáticas en puentes*. CIP N° 2994.

Cuba, NC 733: 2009 Carreteras. Puentes y alcantarillas. Requisitos de diseño y método de cálculo.

Cuba, NC 53-07 (2014). Estructuras de hormigón-pruebas de carga directa. Norma Técnica. Comité Estatal de la Construcción, Oficina Nacional de Normalización, La Habana

Talich, M. (2013). Possibilities of precise determining of deformation and vertical deflection of structures using ground radar interferometry. FIG Working Week. From the Wisdom of the Ages to the Challenges of the Modern World. Sofia, Bulgaria, 17-21 May 2015

