

## LAS PRUEBAS DE CARGAS EN LOS PUENTES.

MSc. Ing. Manuel Pedroso Martínez<sup>1</sup> est. Arianna Suárez Ayala<sup>2</sup>, est. Lianet Quintero Martíne<sup>3</sup>, est. José Leonardo Pérez Fragela<sup>4</sup>

1. Universidad de Matanzas – Sede “Camilo Cienfuegos”, Vía Blanca Km.3, Matanzas, Cuba. manuel.pedroso@umcc.cu

2. Universidad de Matanzas – Sede “Camilo Cienfuegos”, Vía Blanca Km.3, Matanzas, Cuba. arianna.suarez@est.umcc.cu

3. Universidad de Matanzas – Sede “Camilo Cienfuegos”, Vía Blanca Km.3, Matanzas, Cuba. lianet.marinez@est.umcc.cu

4. Universidad de Matanzas – Sede “Camilo Cienfuegos”, Vía Blanca Km.3, Matanzas, Cuba. jese.perez@est.umcc.cu

### Resumen

Los puentes en nuestro país, al igual que en cualquier parte del mundo, constituyen estructuras de vital importancia para el desarrollo de las actividades productivas y para la comunicación entre distintas comunidades; razón por la cual se vuelve imperante la necesidad de asegurar que tanto los existentes, así como los que se construyan en el futuro sean adecuados desde los puntos de vista estructural y funcional. El propósito primordial de la prueba de carga consiste en verificar el comportamiento del puente frente a las cargas de servicios; es decir, pretende comprobar que el puente se comporte de acuerdo a las previsiones de cálculo, que debieron usarse en el proyecto estructural del mismo, y que no presente anomalías.

*Palabras claves: puentes, pruebas de carga, ensayos.*

---

## Introducción

Como una medida de la seguridad en los proyectos de puentes carreteros es necesaria la ejecución de pruebas que garanticen el buen funcionamiento de una estructura en la que los materiales y la ejecución hayan alcanzado la calidad prevista, comprobada mediante los controles preceptivos. El objetivo de la investigación es: verificar el comportamiento del puente frente a las cargas de servicio; es decir, se pretende comprobar que el puente se comporte de acuerdo a las previsiones de cálculo, que debieron usarse en el proyecto estructural del mismo, y que no presente anomalías. De las pruebas de carga pueden obtenerse valiosos datos de investigación, ya que, en definitiva, se trata de ensayos a escala natural de una estructura real de los que pueden deducirse conclusiones útiles para futuros proyectos, confirmaciones de supuestos de diseño, parámetros para el mantenimiento estructural del puente, etc., todo ello con un costo que representa un pequeño porcentaje del costo total del proyecto.

## Desarrollo

La prueba de carga se puede definir como “el control que se realiza sobre una obra, estructuralmente terminada, con el objeto de determinar si su concepción y ejecución han sido adecuadas, sometiendo a la misma a las acciones producidas por el tren de carga de la prueba”. Para ello se reproducen los efectos del tren de carga de cálculo mediante un tren de carga real (camiones, por ejemplo) tal que las sollicitaciones a que de lugar el tren de carga estén en torno al 70% - 80% de los valores teóricos producidos por el mismo adoptando sus valores característicos sin factorizar.

Los objetivos de los ensayos de carga no destructivos son cuantificar, de una manera científica, la capacidad de carga actual del puente y determinar la fracción de esta capacidad que puede usarse para establecer la evaluación general del puente.

Prioritariamente, un ensayo de carga deberá ejecutarse en estructuras nuevas, previo a su habilitación pública, con el fin de evaluar su aptitud frente a las cargas de servicio y

comprobar que su diseño y construcción se han realizado de forma satisfactoria. Las evaluaciones teóricas del puente pueden ser ajustadas posteriormente para reflejar los resultados del ensayo de carga.

Existen varias formas de clasificar las pruebas de carga en puentes, atendiendo distintas consideraciones, parámetros y documentos:

A) En función del tipo de carga aplicada.

A.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 mientras los datos son adquiridos. En la figura 1, se ilustra una prueba de carga estática.



*Fig. 1. Ilustración de la ejecución de una prueba de carga estática.*

A.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.

B) De acuerdo a la finalidad del ensayo.

B.1) Pruebas de carga reglamentarias. Son todas aquellas fijadas por las Especificaciones Técnicas Particulares, 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. Estas pruebas tienen por objeto verificar la adecuada concepción y la buena ejecución de las obras frente a las cargas normales de servicio, comprobando si la obra se comporta según los supuestos del proyecto, garantizando con ello su funcionalidad.

B.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, 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.

B.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, superior a la carga de servicio.

B.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. 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.

C) De acuerdo a la tipificación que tiene en cuenta los sismos:

C.1) Prueba estándar de recibo. Este tipo de prueba se practicará a los puentes nuevos sin reservas técnicas, o sea cuando a juicio de la supervisión no recaen sospechas sobre deficiencias en el diseño y/o en la construcción del puente que se pretende entregar.

C.2) Prueba especial de recibo. Este tipo de prueba se practicará a puentes nuevos con reservas técnicas, o sea, cuando a juicio de la supervisión se presentan fundadas sospechas de que existen deficiencias en el diseño y/o en la construcción del puente. En esta clasificación, se hace necesario aclarar ciertos aspectos propios de este instructivo colombiano:

- Se entiende por prueba de recibo (ya sea estándar o especial) aquella prueba de carga estática con la cual debe cumplir todo puente nuevo antes de entrar en servicio.
- El instructivo pretende cubrir las pruebas estáticas de carga para recibo de puentes vehiculares de tipo convencional, construidos en acero y/o en concreto reforzado y/o en concreto presforzado y que además estén a punto de entrar en servicio.
- Se entiende por puente convencional aquel puente construido con acero estructural, de concreto reforzado o presforzado (o con una combinación de estos materiales), cuya luz principal no pase de 150 m, y para cuyo diseño y construcción no se requieren procedimientos especiales. Quedan fuera de esta denominación los puentes de madera y los de aluminio; así como los colgantes, los atirantados, los móviles, los de tuberías, los ferroviarios y los peatonales. Se excluyen también de esta clasificación, los puentes que ya están en servicio.
- Las pruebas de recibo aquí indicadas son esencialmente ensayos a flexión con cargas estáticas. Las pruebas dinámicas, los ensayos sobre modelos a escala reducida y los ensayos a la falla están fuera del alcance de este instructivo.

D) Si la prueba de carga se realizará en obras en servicio, ésta se puede clasificar de la siguiente forma.

D.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. En este caso, la prueba de carga se realizaría:

- Cuando exista un plan de seguimiento que contemple la realización periódica de pruebas de carga, de forma que la comparación con los resultados de los ensayos anteriores permita analizar la evolución y posible deterioro de la estructura desde el punto de vista resistente, además de suministrar datos útiles para la toma de decisiones sobre su mantenimiento, reparación o refuerzo.

- Con carácter excepcional, cuando los informes emitidos sobre el estado de la estructura en inspecciones periódicas así lo determinen.

D.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, bien 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. La característica distintiva de este tipo de ensayo es la aplicación de cargas crecientes que permitan obtener resultados que, junto a un análisis teórico adecuado, permitan estimar la capacidad portante potencial de la estructura.

D.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.

Puentes que pueden beneficiarse de los ensayos de carga.

A) puentes de losa maciza.

B) puentes de vigas múltiples (multi-stringer).

C) puentes de dos vigas compuestas (two girder bridges).

D) puentes de armadura (de celosía).

E) puentes arco.

F) puentes de marcos rígidos.

G) puentes de madera.

#### Instrumentación de la prueba de carga.

La instrumentación de la estructura consiste, básicamente, en la colocación de aparatos de medida (en puntos prefijados en el proyecto de la prueba de carga) que proporcionen los datos de los parámetros que se pretenden evaluar. La instrumentación para el ensayo de carga se usa para medir, fundamentalmente, lo siguiente (aunque también es posible medir humedades, temperaturas, vibraciones, etc.)

a) Deformaciones (esfuerzos) en los componentes del puente.

b) Desplazamientos relativos o absolutos de los componentes del puente.

c) Rotaciones relativas o absolutas de los componentes del puente.

A) mediciones de deformación.

Los dispositivos más comunes para las mediciones de deformaciones en campo son las galgas

A.1) galgas resistentes adhesivas para medir deformaciones (bonded resistance strain gages).

A.2) galgas de deformación soldables.

A.3) transductores de deformación.

A.4) extensímetros de hilo vibrante (vibrating wire gages).

Miden deformaciones por medio de un alambre en tensión. La frecuencia de vibración del alambre es una función de la tensión en el mismo. Cuando el miembro experimenta una deformación, la tensión en el alambre cambia y el correspondiente cambio en la frecuencia es una medida del cambio en la deformación del alambre. Esta galga es ideal para mediciones a largo plazo, requiriéndose condiciones iniciales estables, pero su uso es limitado en la medición de deformaciones inducidas por cargas móviles o de rápida aplicación.

B) mediciones de desplazamientos.

Los instrumentos más comúnmente usados en la medición de desplazamientos son los deformímetros (dial gages) y los transductores eléctricos. También son aplicables instrumentos mecánicos y técnicas de nivelación con agua.

B.1) deformímetros. B.2) transductores eléctricos. B.3) instrumentos mecánicos.

C) instrumentación para la adquisición de datos.

El sistema de adquisición de datos incluye el acondicionador de señales, el convertidor análogo-digital (A/D) y el sistema de registro de datos. Un acondicionador de señales proporciona excitación a la galga de deformación, compara las señales positivas y negativas del circuito del puente de Wheatstone y amplifica la señal. (ver figura 2).



*Fig. 2. Equipo computarizado para la obtención y análisis de datos provenientes de la prueba de carga.*



D) equipo auxiliar.

Unos de los equipos auxiliares de mayor uso en puentes para inspecciones, pintado, limpieza con chorro de arena, reparaciones, mantenimiento general, instalación de equipo para pruebas de carga, instalación y mantenimiento de tuberías y cables bajo el puente, operaciones de desmoldado o desencofrado, sustitución y mantenimiento de apoyos, etc. son las plataformas aéreas, las cuales, en muchos casos, se encuentran integradas a un camión, constituyendo un sistema de acceso funcional, seguro y de fácil erección y operación. En las figura 3 se muestran detalles de estas plataformas.



*Fig. 3. Plataforma aérea en operación.*

Procedimientos generales en pruebas de carga.

- Inspección preliminar y evaluación teórica.
- Planificación y preparación para el ensayo de carga.
- Ejecución del ensayo de carga.
- Análisis de los resultados del ensayo de carga.
- Reporte o informe.

Experiencias nacionales e internacionales en la realización de pruebas de carga en puentes.

Prueba de carga estática del puente Nejapa – Apopa, El Salvador

Descripción estructural

El puente se encuentra ubicado en el Est. 0+971.95 del Proyecto: “Apertura conexiones Nejapa – Apopa – Troncal del Norte, Tramo 1”. (El Salvador)

El puente carretero evaluado es un paso elevado de geometría recta con respecto al eje longitudinal de la carretera; cuenta con un solo vano, de 27.41 m de luz libre y posee un gálibo vertical de 5.15 m en el centro del puente. Sus elementos principales se indican a continuación:

1) superestructura.

La estructura resistente está formada por un conjunto de cinco vigas prefabricadas de concreto postensado, isostáticamente apoyadas y de sección transversal tipo T, con un peralte de 1.20 m y un alma de 20 cm de ancho; el ancho de las alas superiores es de 1.30 m y el de las inferiores de 44 cm., éstas últimas tienen una altura de 25 cm. medidos a partir del asiento de la viga. En los extremos (en una longitud de 2 m), las vigas se macizan, pasando a ser vigas T con un alma de 44 cm. Cada una de las 5 vigas que forman el tablero se componen de dos vigas de 14.205 m de longitud, que unidas entre sí (al centro del claro) forman las vigas longitudinales de 28.41 m de longitud total, las cuales tienen una área de apoyo de 44x50 cm. Los apoyos están configurados por una placa de neopreno de 1 pulg. de espesor y un área de 50x44 cm. Se cuenta, además, con dos topes sísmicos (uno a cada costado de la viga) de 20x20 cm. en planta y 30 cm. de alto; de estos topes se sujetan las vigas con pasadores de varilla de acero de 1 ¼ de pulgada de diámetro y de 74 cm. de largo. Transversalmente, las vigas están conectadas por tres diafragmas (estructuras dispuestas para dar rigidez en la dirección transversal del tablero y que sirven como elementos de transmisión de carga de una viga a la otra) de 30 cm. de ancho por 80 cm. de alto y un largo de 7.25 m, dispuestos de la siguiente manera: un diafragma en cada extremo del tablero de vigas, este diafragma se encuentra a 70 cm. (medidos desde su eje) del rostro del estribo; el tercer diafragma se ubica en la parte central del tablero, a 14.205 m del extremo de la viga.

El ancho total de la losa es de 8.00 m (que es el ancho total del puente). El ancho de rodamiento es de 6.50 m y el resto del espacio es utilizado por las aceras, las cuales son de

70 cm. de ancho cada una y tienen una contrahuella de 23 cm. con una pendiente de 5 cm a 23 cm. El espesor de la losa en el eje de la vía es de 18.5 cm sobre las alas de las vigas T; de este punto, se parte hacia los laterales con una pendiente del 2% (bombeo transversal).

## 2) subestructura.

La superestructura (el tablero de vigas) está sustentada por dos estribos iguales, los cuales están formados por una viga cabezal de 85 cm. de ancho (con un asiento de recibo para las vigas de 55 cm.), 1.30 m de alto

Y 8 m de largo. Esta viga cabezal está soportada por cuatro contrafuertes rectangulares de sección transversal 0.55 m por 0.95 m unidos, todos ellos, por aquella; estos contrafuertes están cubiertos por una cortina de 0.25 m de espesor de concreto reforzado. De esta cortina se prolongan dos aletones de concreto reforzado de 25 cm. de espesor y de 3.0 m de largo, que salen a 45 grados (medidos horizontalmente) de la cortina que cubre los contrafuertes. Estos aletones tienen una altura de 3.15 m en el extremo adyacente a la cortina y 2.50 m en el extremo final del aletón. La cimentación de los estribos está formada por una losa de fundación de 5.00 m de ancho, por 9.50 m de largo y 0.75 m de peralte.

## 3) elementos adicionales

Los elementos adicionales, según planos, son el barandal y las juntas de expansión. El barandal del puente tiene una altura de 70 cm. sobre la acera y está formado por dos elementos prefabricados de concreto: los postes y las vigas. Los postes se encuentran anclados a las aceras y tienen una altura de 78 cm. Se tienen 14 postes a cada costado del puente (28 postes en total) espaciados a cada 2 m y son los que soportan a las vigas que forman el barandal; estas vigas tienen una sección transversal de 15 cm. de base, por 30 cm. de peralte y una longitud de 3.99 m. En el sentido longitudinal, la losa posee, tanto en su inicio como en su final, juntas de expansión de 5 cm. de ancho protegidas por dos ángulos de 3"x3"x3/8", uno colocado sobre la arista de la losa y el otro en la arista del estribo, ambos cubiertos por una platina de 20 cm. que cubre también la junta.



**Fig. 5** . Protección de los aletones. La fotografía muestra la protección del aletón sur-poniente del puente (que es la misma en todos los aletones), con revestimientos de mampostería de piedra y barreras vivas en el resto del relleno.



**Fig. 6** Unión de los dos tramos de vigas longitudinales con concreto colado in situ. En la figura se observa, además, el diafragma central y los pasatubos del drenaje superior.



Viga cabezal      Cortina de concreto      Topes sísmicos

**Fig. 4** Estribo poniente del puente. En la fotografía se aprecia la viga cabezal que soporta el tablero de vigas. Además de la viga cabezal, se puede observar la cortina de concreto que cubre los contrafuertes del estribo y los topes sísmicos unidos a las vigas longitudinales, los cuales no les permiten a éstas ningún tipo de movimiento.



Equipo seleccionado para el ensayo de carga estática.

El equipo básico para la instrumentación del puente evaluado es el que se describe a continuación:

- Cuatro deformímetros con una precisión mínima de 0.01 mm y una capacidad máxima de lectura de 2.5 cm.
- Cuatro galgas electro resistentes tipo 50/120LY41 (se colocaron dos por cada viga).
- Equipo Spider 8 marca HBM. Este equipo es el encargado de recibir las señales eléctricas producidas por la excitación de las galgas.
- Computadora portátil para adquisición y almacenamiento de los resultados.
- Software CATMAN de HBM, usado para traducir las señales eléctricas.
- Aditivo SCOUT 50, utilizado en la adhesión de las galgas a las vigas.
- Carta de medición de fisuras.
- Dos básculas de carga de ruedas WL-103 marca HAENNI. Además del equipo de medición, se utilizó un equipo auxiliar compuesto por doce cuerpos de andamios con doce crucetas, tres plataformas de andamio, un generador eléctrico, un camión de 4 ton (cuya función fue transportar este equipo auxiliar) y equipo de seguridad vial, formado por:
  - 38 conos de seguridad de 36”.
  - 8 rótulos de seguridad vial.

- 4 banderolas de seguridad.
- 12 chalecos con bandas reflectivas.
- 12 cascos seguridad.

Para el desarrollo de la prueba de carga estática se realizaron trabajos de medición y replanteo de los estados de carga sobre la losa del puente. Adicionalmente, se desarrollaron trabajos previos de instalación de equipos de instrumentación bajo el tablero de vigas y se ejecutó, por primera vez, el plan de seguridad vial en lo referente a la seguridad del personal y al tráfico vehicular en la vía ubicada bajo el puente.

Las primeras actividades en iniciarse fueron los trabajos de señalización vial de la zona; asegurada el área de trabajo se procedió a levantar los dos cuerpos de andamios bajo el puente lo cuales sirvieron para poder acceder a la parte inferior del tablero de vigas, donde se trabajó en la colocación del equipo auxiliar para la instalación de los deformímetros bajo el puente.

Este equipo auxiliar estuvo conformado por 5 anclas expansivas y 5 pernos de argolla, que fueron colocados en la parte inferior de las 5 vigas longitudinales (un perno de argolla y un ancla por viga). Además, se identificó y limpió el área en las vigas donde se pegaron las galgas extensométricas. Paralelamente a esta actividad, se realizó la medición y replanteo de los estados de cargas sobre la losa del puente (esto se hizo con una cinta métrica de 8 m, cordel, crayón y marcador spray), en la que se trazaron las posiciones de las ruedas de los camiones sobre la losa de pavimento, para los dos estados de carga. Las plomadas suspendidas fueron dejadas en reposo por aproximadamente dos horas para permitirle al alambre que se deformara, evitándose así errores en la toma de las lecturas de la deformación. Se procedió después a la colocación de los 4 deformímetros (uno por cada plomada) sobre un bastidor metálico donde se fijaron y ajustaron con la lectura inicial detallada en las tablas de lecturas de deformación.

Como paso previo al cargado del puente, los camiones fueron cargados con agregado fino (arena) y pesados por dos básculas de carga de ruedas WL-103 marca Haenni. El pesaje de

los camiones que participaron en el ensayo de carga consistió en la colocación de dos básculas sobre un área firme y plana, de tal forma que éstas estuvieran frente a la rueda a ser pesada. Una vez que el vehículo se estacionó sobre la superficie de la báscula, la carga del camión se mostró directamente en el indicador digital de cristal líquido. Este tipo de báscula puede proporcionar el peso por rueda o el peso por eje. Para el caso que aquí se describe, el peso proporcionado es por eje, el cual fue obtenido al conectarse las dos básculas (para el pesaje de un eje) con un cable especial.

Los datos obtenidos de estas mediciones son analizados por una unidad procesadora de información que recibe y almacena continuamente los datos del pesaje proporcionados por las básculas. Finalmente, la información procesada es guardada en dicha unidad y se imprime para facilidad del usuario.

A los motoristas de los camiones se les indicaron los puntos de entrada al puente para el estado de carga ejecutado, así como también, se les indicó la velocidad a la que debían entrar a la estructura (8 km/hora, aproximadamente) con el fin de prevenir y/o evitar posibles daños en ésta y en los aparatos de medición, además de errores en las lecturas.

En el ensayo ejecutado, la última ronda de lecturas se efectuó 20 minutos después de haberse retirado la carga (ambos camiones), esto debido a que, en este lapso de tiempo, la estructura ya se había recuperado en un porcentaje cercano al 90%

La descarga de la estructura se realizó de la misma forma en que fue cargado el puente, es decir, haciendo uso de los mismos escalones de carga. Los valores remanentes que se establecieron como aceptables para el caso del puente ensayado (que es de concreto postensado y cuya construcción se realizó aproximadamente hace dos años) son del 10% de las deformaciones máximas registradas.

#### Prueba de carga del puente Guanima, Matanzas, Cuba

Luego de terminada la construcción del Puente Guanima el grupo de proyecto se tomó la tarea de medir los asentamientos del tablero del puente luego de la apertura del mismo a la acción directa del tráfico. Se tomaron como referencia los asentamientos calculados por el equipo de proyecto y se comprobó con equipos especiales de alta precisión dando como resultado que estaba asegurada la resistencia del mismo a los efectos del tráfico durante la vida útil de la obra.

### **Conclusiones**

Los resultados del ensayo de carga pueden emitir una advertencia cuando el puente no se esté comportando adecuadamente, permitiéndose, de esta manera, tomar acciones y decisiones al respecto, como por ejemplo una revisión estructural de detalle, toma de testigos, la no-recepción definitiva de la obra, reevaluación del modelo de cálculo incluyendo todos los elementos, posibles fallas en cimentaciones, disposición de señalización de limitación de carga (en el caso de puentes existentes) o incluso prohibición para circulación de vehículos pesados, etc. En ambas obras; los resultados obtenidos a partir de las pruebas en campo cumplieron con todos los requisitos expuestos en los criterios de aceptación. Por tanto, se dan por aceptadas las obras en cuanto a la seguridad y al funcionamiento para la carga viva vehicular con la que fue diseñada.



## **Bibliografía**

American Concrete Institute. “Análisis y Diseño de Estructuras de Puentes de Concreto”. ACI 343R-95.

Gómez Penagos, Antonio; Arias Lewing, Germán. “Anotaciones sobre Pruebas de Carga en Puentes”. Consultoría Colombiana S.A. 1998.

González Arestuche. Puentes y Alcantarillas.

Marvin Alexander Cardoza Quijada “Evaluación estructural de un puente mediante la realización de una prueba de carga estática”. 2005