

# *Evaluación de Puente mediante Pruebas de Cargas no Destructivas*

Ángel A. Vélez Rivera  
Maestría en Ingeniería en Ingeniería Civil  
Dr. Manuel Coll Borgo  
Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental  
Universidad Politécnica de Puerto Rico

---

**Resumen** – Se realiza un estudio de capacidad de carga al puente No. 0083, según la terminología de la Autoridad de Transportación y Carreteras de Puerto Rico, ubicado en la carretera PR-127, KM 18.10 en Guayanilla, Puerto Rico. Este estudio compara los resultados de capacidad de carga entre el procedimiento analítico y el método de prueba de capacidad de carga realizado en el campo. El procedimiento analítico indica que la capacidad del puente es menor a la requerida sin embargo los resultados obtenidos en el campo indica que no requiere rotulación y cumple con los estándares establecidos lo cual demuestra que el procedimiento analítico da como resultado cantidades conservadoras que podrían servir de guía para futuras evaluaciones.

**Palabras Claves** – Camión Permitido, Cargas Vivas, Procedimiento Analítico, Prueba de Capacidad de Carga.

## **INTRODUCCIÓN**

Los puentes conforman parte vital en el desarrollo social y económico de un país, es por tal motivo la importancia de garantizar que dichas estructuras se encuentren en aptas condiciones para cumplir su propósito. Con el tiempo el desgaste, debido a la corrosión de los materiales, las fisuras, falta de mantenimiento y otros factores afectan significativamente la capacidad de estas estructuras, creando así la incertidumbre de cuan apto se encuentra para mantener su funcionalidad según los criterios establecidos.

Este artículo presenta los diferentes métodos de evaluación de capacidad de cargas y realiza comparaciones entre procedimientos de campo mediante pruebas de cargas no destructivas y formulaciones teóricas avaladas por el Departamento Federal de Carreteras de los Estados Unidos [1]. Estas pruebas no destructivas permiten

determinar la capacidad de carga del puente con la intención de rotular la carga máxima permisible. En algunos casos estas pruebas benefician la capacidad de la estructura comparado con el procedimiento analítico.

## **BASE TEÓRICA**

Las pruebas de capacidad de cargas son pruebas que miden el comportamiento de la estructura debido a cargas predeterminadas sin causar cambios en la respuesta elástica del puente. Estas cargas se conocen como cargas vivas y muertas. Las pruebas de capacidad de cargas podrían ser pruebas de cargas estáticas y dinámicas. Para el propósito de este estudio solo se aplica pruebas de cargas estáticas que consideran el uso de camiones estacionarios en diferentes puntos para evitar la vibración del puente y así no afecte la data obtenida por la instrumentación utilizada. Dentro del rango de pruebas de cargas estáticas se consideran la Prueba de Capacidad de Carga y la Prueba de Carga Diagnostica. La Prueba de Capacidad de Carga es aplicada en circunstancias donde se quiere establecer la carga máxima permisible del puente dentro del rango lineal elástico del puente. La Prueba de Carga Diagnostica es para determinar ciertas respuestas características del puente para cubrir la incertidumbre atribuida a propiedades del material, condiciones de borde, contribución de la sección entre otros y de esta forma validar procedimientos analíticos o modelos matemáticos que podrían o no beneficiar el estudio. Se considera la Prueba de Capacidad de Carga y Procedimiento Analítico para evaluar los resultados. Como parte de este estudio se considera el siguiente caso:

- Puente No. 0083 ubicado en la carretera PR-127, KM 18.10 en Guayanilla, Puerto Rico.

### Procedimiento Analítico

La filosofía de factores de resistencias de cargas (LRFD por sus siglas en inglés) [2] es el método analítico utilizado para evaluar la carga última considerando cargas permanentes y cargas vivas. Tres procedimientos consistentes con esta filosofía son considerados:

- Determinación de Capacidad de Carga del Camión de Diseño (primer nivel).

El primer nivel de evaluación mide la capacidad del puente según el camión de Diseño HL-93. Esta evaluación se basa en los estándares de diseño del LRFD (“Load and Resistance Factor Design”) [2]. Según los resultados obtenidos bajo esta evaluación se decide considerar la Carga Legal (segundo nivel).

- Determinación de Capacidad de Carga del camión Legal (segundo nivel).

El segundo nivel de evaluación está basado en un camión que sea representativo a la condición del tráfico. Los resultados bajo este nivel permiten decidir la necesidad de rotular el puente debido a la falta de capacidad.

- Determinación de Capacidad de Carga del camión Permitido (tercer nivel).

El tercer nivel de evaluación está basado en la seguridad y serviciabilidad del puente para vehículos cuyo peso es mayor que la carga Legal establecida. Esta evaluación solo es aplicada para puentes donde la capacidad excede la carga Legal.

Cada procedimiento es evaluado basado en el modelo de carga viva seleccionado. La ecuación para evaluar las pruebas de cargas de manera analítica, considerando cargas por momento, cortante o axial, es,

$$RF = \frac{C - \gamma_{DC} * DC - \gamma_{DW} * DW \pm \gamma_P * P}{\gamma_{LL} * (LL + IM)} \quad (1)$$

La ecuación (1) representa el factor de capacidad de carga que considera la capacidad, C, del elemento estructural (para nuestro caso se considera las vigas). Los factores de ajustes  $\gamma_{DC}$ ,  $\gamma_{DW}$ ,  $\gamma_P$ ,  $\gamma_{LL}$  consideran el factor de carga muerta

de componentes estructurales, carga por la acumulación de asfalto y utilidades, carga muerta no considerada como componente estructural y carga viva respectivamente (ver Tabla 1). Los parámetros DC, DW, P, LL e IM consideran la carga muerta debido a componentes estructurales, cargas debido a la acumulación de asfalto, cargas muertas no consideradas como componentes estructurales, cargas vivas y cargas de impacto respectivamente. La ecuación (1) se aplica basado en los tres procedimientos descritos (Pruebas de Carga de Diseño, Legal y Permitido) considerando los estados límites y Factores de cargas como se muestra en la Tabla 1.

**Tabla 1**  
**Factores de Ajuste para Cargas Muertas y Cargas Vivas**  
**(Cargas de Diseño, Legal y Permitida)**

Bridge Type	Limit State	Dead Load, $\gamma_{DC}$	Dead Load, $\gamma_{DW}$
Steel	Strength I	1.25	1.50
	Strength II	1.25	1.50
	Service II	1.00	1.00
Reinforced Concrete	Strength I	1.25	1.50
	Service II	1.25	1.50
	Service I	1.00	1.00

Bridge Type	Limit State	Design Load	
		I	O
Steel	Strength I	1.75	1.35
	Service II	1.30	1.00
	Fatigue	0.75	0.00
Reinforced Concrete	Strength I	1.75	1.35

\*I = “Inventory”, O = “Operating”

Bridge Type	Limit State	Legal Load	Permit Load
		$\gamma_{LL}$	$\gamma_{LL}$
Steel	Strength I	T	-
	Strength II	-	T
	Service II	1.30	1.00
Reinforced Concrete	Strength I	T	-
	Service I	-	1.00

\*T = ver tablas sección 6 “Bridge Evaluation Manual 2008”

Con el factor de prueba de capacidad de carga obtenido se evalúa la necesidad de postular, en el puente analizado, la carga máxima permisible en toneladas o la decisión de realizar una prueba de campo mediante el criterio de “National Cooperative Highway Research Program (NCHRP

por sus siglas en inglés, Report 534) [3] (Prueba de Capacidad de Carga y/o la Prueba de Carga Diagnóstica).

### Prueba de Carga Diagnóstica

La aplicación de la Prueba de Carga Diagnóstica requiere primero la evaluación analítica del puente y de esta forma obtener el factor de capacidad de prueba de carga analítico (1). Luego mediante la prueba de capacidad de carga en el campo se obtiene el factor de prueba de capacidad de carga experimental. Esto permite realizar un ajuste en el factor de capacidad de carga que podría o no beneficiar el puente. Como requisito de esta prueba se requiere que durante la prueba de campo el puente se mantenga dentro del rango lineal elástico de lo contrario la prueba se detiene. Durante la prueba de campo se utilizan diferentes camiones y se ubican en puntos estratégicos donde se puedan producir esfuerzos críticos. El propósito principal de la Prueba de Carga Diagnóstica es ajustar el factor de capacidad de prueba de carga basado en el procedimiento analítico y la prueba de campo realizada. Para modificar el factor de carga se aplica la siguiente ecuación,

$$RF_T = RF * K \quad (2)$$

La ecuación (2) representa el factor de capacidad de prueba de carga modificado donde RF representa el factor de prueba de capacidad de carga basado en el procedimiento analítico (1). El factor de ajuste, K, es como resultado de la comparación del procedimiento analítico y resultados obtenidos en el campo representando el beneficio, si alguno, de la prueba de carga realizada. El factor de ajuste es calculado de la siguiente forma,

$$K = 1 + K_a * K_b \quad (3)$$

donde  $K_a$  representa el beneficio, si alguno, entre la prueba de carga en el campo y el procedimiento analítico y la consideración del factor de sección derivada de las propiedades geométrica del puente según los resultados de las pruebas de cargas realizadas en el campo.  $K_b$  es un coeficiente que

depende de las observaciones durante la prueba de carga de campo y las obtenidas basado teóricamente. Para valores de  $K_b = 0$  implica que el comportamiento del puente durante las pruebas de cargas no son explicables y no pueden ser validadas y para valores de  $K_b = 1$  indican que las cargas pueden ser extrapoladas a cargas mayores basado en los resultados de pruebas de cargas en el campo. La ecuación (4) calcula el coeficiente  $K_a$ ,

$$K_a = \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_T} - 1 \quad (4)$$

donde  $\varepsilon_c$  corresponde a la deformación unitaria debido al vehículo utilizado durante la prueba de capacidad de carga en la posición donde se produce  $\varepsilon_T$ . La deformación unitaria,  $\varepsilon_T$ , es obtenida en función del elementos estructural (viga). El valor de coeficiente  $K_a$  (4) podría ser positivo o negativo. Para secciones no compuestas  $K_a = 1$ . La ecuación (5) determina la deformación unitaria,  $\varepsilon_c$ , como siguiente,

$$\varepsilon_c = \frac{L_T}{(SF) * E} \quad (5)$$

donde  $L_T$  es la efecto de la carga teórica calculada en el elemento que corresponde a la deformación unitaria  $\varepsilon_T$ , el factor de sección, SF, del elemento es basado en el "The National Cooperative Highway Research Program (NCHRP por sus siglas en inglés) Research Results Digest No. 234" [4] y considera las propiedades geométricas del elemento estructural.

La interpretación del factor de ajuste (3) predice el beneficio que podría tener el factor de pruebas de capacidad de cargas en el campo. Para casos donde  $K = 1$  es un indicativo que el comportamiento predicho por el procedimiento analítico es el mismo obtenido en el campo lo cual no es muy común, para el caso donde  $K > 1$  indica que la respuesta del puente es más favorable a lo medido en el campo y la capacidad podría ser mejorada y para casos donde  $K < 1$  indica que la respuesta actual del puente es más crítica comparado con la predicha basado en el procedimiento analítico (1) lo cual implica que la capacidad de carga del puente debe ser reducida

basado en la prueba de capacidad de carga en el campo.

La Tabla (2) sirve como guía para proporcionar valores de  $K_b$  que dependen del comportamiento del elemento estructural y la magnitud de las pruebas de capacidad de cargas donde T es el efecto de las cargas no ajustadas obtenidas por el vehículo de prueba y W es el efecto de las cargas no ajustadas grueso producido por las pruebas de capacidad de cargas en el campo.

**Tabla 2**  
**Valores de  $K_b$**

Puede el comportamiento del elemento ser extrapolado a 1.33W		Magnitud de la prueba de carga	
		$T/W < 0.40$	$0.40 < T/W \leq 0.70$
Si	No		
X	-	X	-
X	-	-	X
X	-	-	-
-	X	X	-
-	X	-	X
-	X	-	-

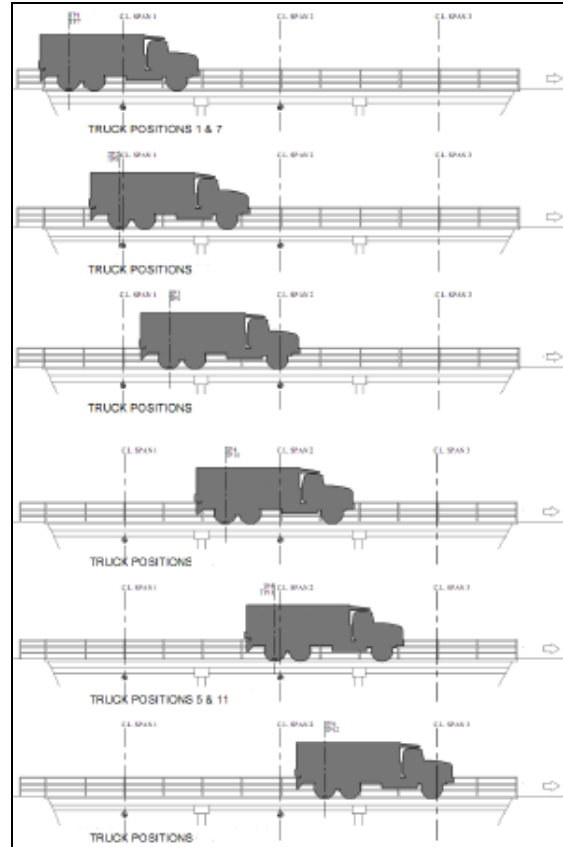
  

Magnitud de la prueba de carga	$K_b$
$T/W > 0.70$	
-	0
-	0.9
X	1
-	0
-	0
-	0.5

### Prueba de Capacidad de Carga

La prueba de capacidad de carga en el campo es realizada para estudiar la habilidad del puente de sostener cargas muertas totales y cargas vivas en incremento. Para cumplir con las cargas vivas en incremento se utiliza un camión equivalente al permitido según la Autoridad de Carreteras de Puerto Rico [5], este camión permite ser cargado hasta llegar a su límite o hasta que haya cumplido con lo esperado en términos de cargas vivas. Este peso adicional es por ciclos y permite medir los desplazamientos de las vigas, por medio de instrumentación, en diferentes posiciones y de esta forma obtener la capacidad de la viga como se muestra en la Figura 1. Si el puente comienza tener comportamientos inelásticos la prueba se detiene. Esta prueba de campo da como resultado una

capacidad mínima y por consecuencia un factor de prueba de carga mínima basado en el vehículo permitido, incluyendo la carga dinámica permisible, y el factor de prueba de carga.



**Figura 1**  
**Posiciones para Medir Desplazamientos, Proceso Cíclico para Diferentes Cargas**

$X_p$  representa el factor de carga viva a la que se quiere llegar para que el factor de prueba de carga sea igual 1.0. Si en la prueba de carga de campo se obtiene una capacidad de carga mayor a la que se quiere llegar entonces el factor de prueba de capacidad de carga es igual a 1.0. Para efecto de la prueba solo la carga viva es ajustada (en el análisis), ver Tabla 1, mientras la carga muerta se asume solo como un valor promedio. La recomendación del valor base para  $X_p$  es 1.40. Este valor fue calibrado para dar la misma fiabilidad como el nivel de la capacidad de carga calculada. El valor base podría ser reducido para casos donde solo se quiere saber el factor de prueba de capacidad de carga para Cargas Permitidos. La

Tabla 3 presenta diferentes valores de  $X_p$  ajustados de acuerdo a las consideraciones analíticas y observaciones en el campo.

**Tabla 3**  
**Valores Ajustados para  $X_p$**

Consideration	Adjustment
One-Lane Load Control	+15%
Nonredundant Structure	+10%
Fracture-Critical	+10%
Bridges in Poor Condition	+10%
In-Depth Inspection	-5%
Reteable, Existing RF $\geq 1.0$	-5%
ADTT $\leq 1000$	-10%
ADTT $\leq 100$	-15%

Para el cálculo de resistencia basado en la prueba de capacidad de carga se considera la siguiente expresión,

$$R_n = 1.40 * (L + I) + D \quad (6)$$

donde las variables  $L$ ,  $I$  y  $D$  son la carga viva, carga de impacto y carga muerta respectivamente. El cálculo de resistencia baso en por el procedimiento analítico se realiza mediante la siguiente expresión,

$$R_n = \gamma_L * (L + I) + \gamma_D * D \quad (7)$$

donde las variables  $L$ ,  $I$ ,  $D$ ,  $\gamma_L$  y  $\gamma_D$  son la carga viva, carga de impacto, carga muerta, factor de ajuste para carga viva y factor de ajuste para carga muerta respectivamente, ver Tabla 1.

Aplicando los factores de ajustes,  $X_p$ , ver Tabla 3, se obtiene el factor de ajuste final,  $X_{pA}$ , que representa la sumatoria de los factores aplicable al puente de estudio.

$$X_{pA} = X_p * \left(1 + \frac{\sum \%}{100}\right) \quad (8)$$

Para obtener el factor de carga propuesto se aplica la siguiente ecuación,

$$L_T = X_{pA} * L_R * (1 + IM) \quad (9)$$

donde  $L_R$  representa la carga viva no ajustada debido al vehículo para los carriles cargados y  $IM$  representa la carga dinámica permisible, típicamente se asume como 0.33. El parámetro  $X_{pA}$  debe encontrarse dentro del rango entre 1.3 a 2.2.

La carga viva propuesta debe estar posicionada en el puente en diferentes etapas para luego poder monitorear el puente cuidadosamente. Durante la primera etapa se le aplica un peso adicional al vehículo de  $0.25L_T$ , en la segunda etapa se incrementa hasta alcanzar  $0.50L_T$ . Luego se aplica pequeño incrementos hasta que el peso de la carga viva alcance a la propuesta o hasta que el puente indique comportamiento no lineal.

Una vez culminada la prueba de carga y haber obtenido los parámetros ya discutidos se procede a calcular el nivel de capacidad operable,  $OP$ , y el factor de carga ajustado, según lo explicado.

$$OP = \frac{k_0 * L_p}{X_{pA}} \quad (10)$$

donde  $k_0$  representa la condición a la que la prueba de carga se detuvo debido a comportamientos inelásticos o por que se llegó a la carga deseada, ver Tabla 4. Para el cálculo del factor de capacidad de carga se aplica la siguiente ecuación (11).

**Tabla 4**  
**Valores de  $k_0$**

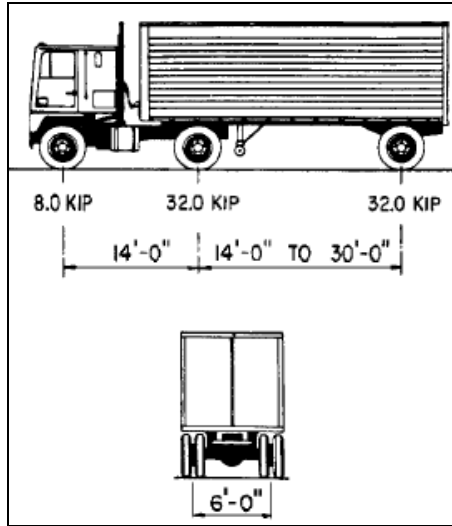
Terminated	$k_0$
Reached Target Load	1
Reached Distress Load	0.88

La capacidad operacional, en toneladas, es la multiplicación del factor de prueba de capacidad de carga y el peso total del vehículo.

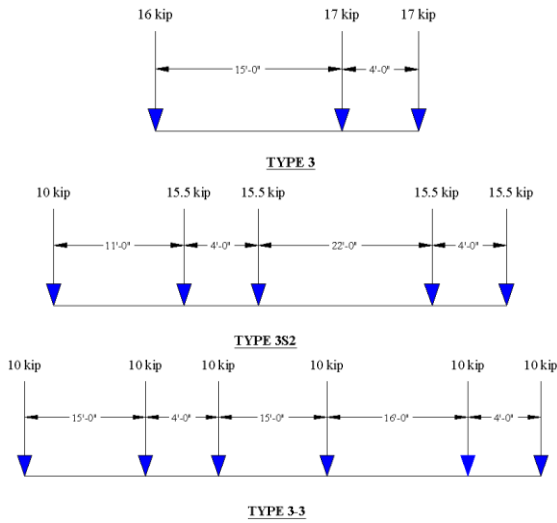
$$RF_0 = \frac{OP}{L_R * (1 + IM)} \quad (11)$$

### Carga Viva

La carga viva de diseño, según el reglamento de la Autoridad de Transportación y Carreteras [5], es el HL-93 como se muestra en la Figura 2. El camión tiene un peso de 36 toneladas. Los ejes traseros tienen una carga equivalente de 36 kip cada uno y 8kip el eje delantero. La carga Legal considerada para ambos procedimientos, analítico y campo se muestra en la Figura 3 con la diferencia en el peso total de 55 toneladas para los tres camiones utilizado [2].



**Figura 2**  
Camión de Diseño Considerado (HL-93)



**Figura 3**  
Camión Legal Considerado (Type 3, 3S3, 3-3)

En Estados Unidos cada estado establece un peso máximo para poder transitar en un puente. La Administración Federal de Carreteras permite como peso máximo de 40 toneladas en carreteras interestatales considerando el camión de Diseño. En Puerto Rico el peso máximo establecido es de 40 toneladas pero en algunos casos permiten hasta 55 toneladas considerando el camión Legal. Esta implementación garantiza que los comercios no se vean afectados. En este estudio la Autoridad de Carreteras y Transportación de Puerto Rico considero el peso máximo de hasta 55 toneladas.

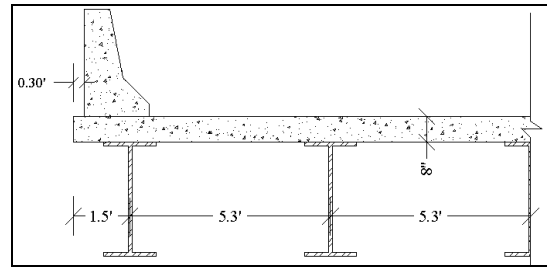
Este peso se estableció para la prueba de carga utilizando un camión Permitido equivalente.

## ANÁLISIS Y RESULTADOS

El análisis y resultado resume la secuencia analítica para ambos procedimientos y presenta los resultados para realizar las comparaciones pertinentes.

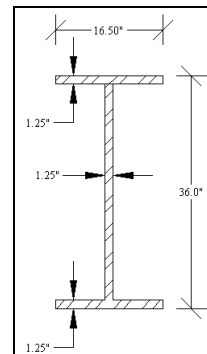
### Datos

Para este estudio se considera el puente No. 0083. Este puente consta de tres tramos y cinco vigas de acero Tipo-W. La losa es de hormigón reforzado y tiene dos parapetos en los extremos cuya sección es típica. La cantidad máxima de carriles es dos uno por dirección. La losa mide 8 pulgadas de espesor.



**Figura 4**  
Sección de la Losa (Dimensiones)

Las vigas de acero se encuentran espaciadas a poco más de 5 pies. Los voladizos están a 1.5 pies desde el centro de la viga exterior. Ver Figura 4.



**Figura 5**  
Sección de Vigas (Dimensiones)

Las dimensiones de la sección de la viga a considerar en este estudio se muestran en la Figura 5. La plastificación del acero es de 33 ksi y la

resistencia en compresión máxima del hormigón es de 3.0 ksi.

### Procedimiento Analítico

Para el procedimiento analítico se utiliza el programa Brass-Girder. Este programa analiza el puente según la geometría obtenida de los planos estructurales. Los resultados se muestran en la Tabla 5.

**Tabla 5**  
**Resultados del Procedimiento Analítico**

Procedimiento Analítico		
	Puntos Críticos	Factor de Carga
NTWAC SHV 3A	104	0.69
NTWAC SHV 3S2	104	0.63
NTWAC SHV4A	104	0.63

La carga del camión Permitido tiene como resultado un factor de carga de 0.63 para el SHV 3S2 y SHV 2S3. Esto implica que la capacidad máxima del puente, en términos de carga Legal para el camión SHV 3A, es de 27.6 toneladas y 34.65 toneladas para los camiones SHV 3S2 y 4A.

$$\text{Carga Maxima} = 0.69 * 40 \text{ ton} = 27.6 \text{ ton}$$

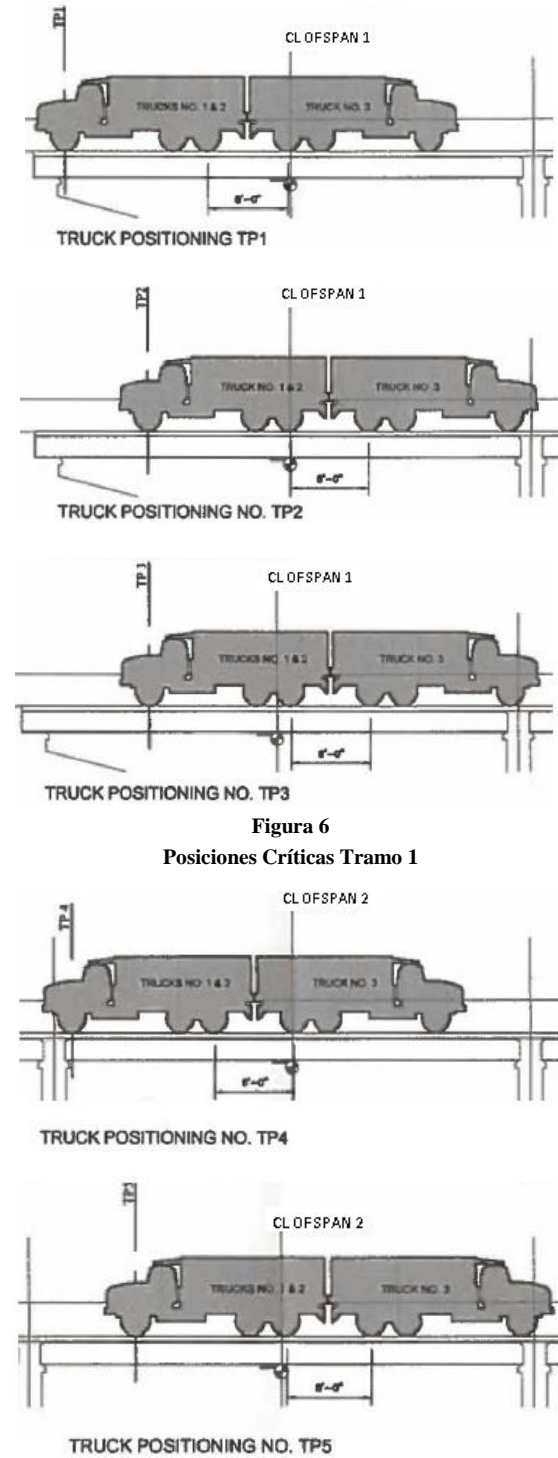
$$\text{Carga Maxima} = 0.63 * 55 \text{ ton} = 34.65 \text{ ton}$$

Este resultado no es satisfactorio debido al tipo de vehículos que frecuenta esta zona. Este conflicto trae como consecuencia realizar una prueba de capacidad de carga en el campo para verificar la capacidad real del puente y de esta forma no afecte los comercios que transitan vehículos cuyo peso excede 45 toneladas.

### Prueba de Capacidad de Carga

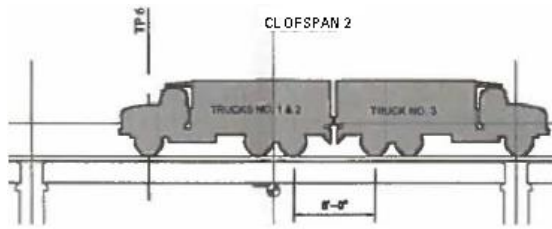
Para poder realizar esta prueba se establecen puntos estratégicos para determinar los desplazamientos críticos y a su vez obtener las cargas máximas en términos de cortante y momento, ver Figura 6, 7 y 8. Solo se considera el tramo 1 y 2 debido a la simetría que existe tramo 1 = tramo 3). Cada posición es establecida según el juicio ingenieril teniendo en cuenta que se puedan producir desplazamientos lineales y deformaciones unitarias máximos. En esta prueba los

desplazamientos máximos se producen en el tramo 1 en la posición TP-3.



**Figura 6**  
**Posiciones Críticas Tramo 1**

**Figura 7**  
**Posiciones Críticas Tramo 2**



TRUCK POSITIONING NO. TP6

Figura 7

Posiciones Críticas Tramo 2 (Continuación)

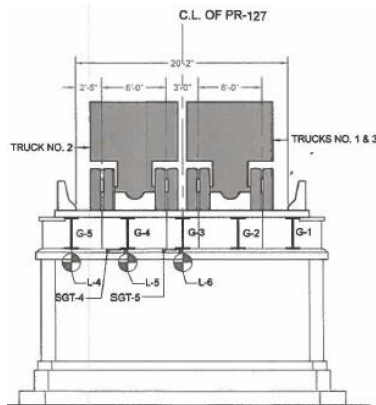


Figura 8

Sección Transversal

Las diferentes condiciones de cargas son establecidas según las recomendaciones del “Bridge Evaluation Manual”. Se estable cinco condiciones de cargas en términos de la prueba de carga máxima estas son:

- LC1 - 0.32  $L_r$
- LC2 - 0.49  $L_r$
- LC3 - 0.75  $L_r$
- LC4 - 0.91  $L_r$
- LC5 - 1.0  $L_r$

Las diferentes condiciones de cargas aplicadas se muestran la Figura 9, 10 y 11 para cada camión considerado.

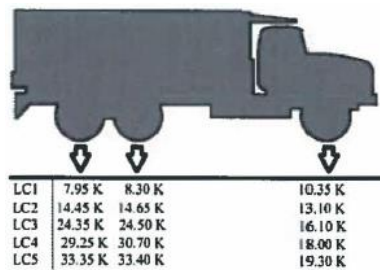


Figura 9

Condición de Carga Camión 1

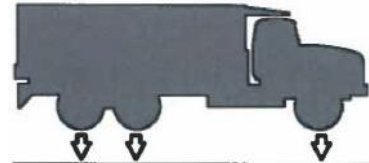


Figura 10

Condición de Carga Camión 2

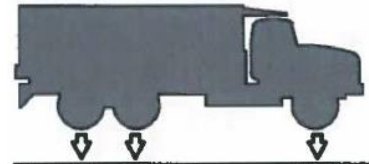


Figura 11

Condición de Carga Camión 3

Las Deflexiones máximas en términos de viga exterior ocurre en el tramo 1 en la viga G5 con un máximo de 0.61 in. Esta deflexión es causada por los camiones en la posición TP2 y TP3, Ver Figura 12. La carga máxima registrada para causar esta deflexión es 33.4 toneladas para los ejes trasero y 19.3 toneladas para el eje delantero del camión 3 y 36 toneladas para los ejes trasero y 18 toneladas para el delantero para el camión 2.

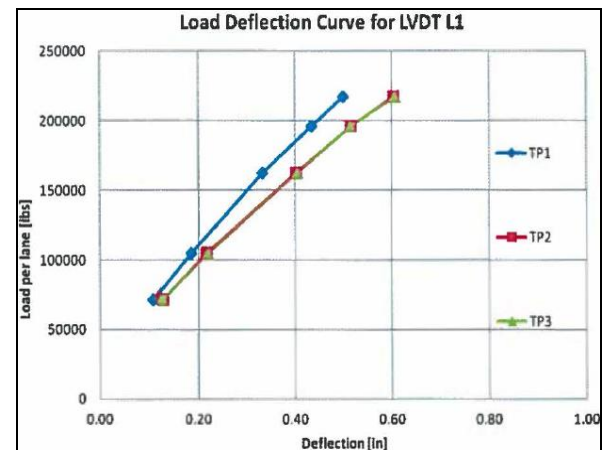


Figura 12

Deflexión Máxima que ocurre en la Viga G5 causado por TP1, TP2 y TP3

Las Deflexiones máximas en términos de viga interior ocurre en el tramo 1 en la viga G4 con un máximo de 0.48 in. Esta deflexión es causada por



los camiones en la posición TP2 y TP3, Ver Figura 13.

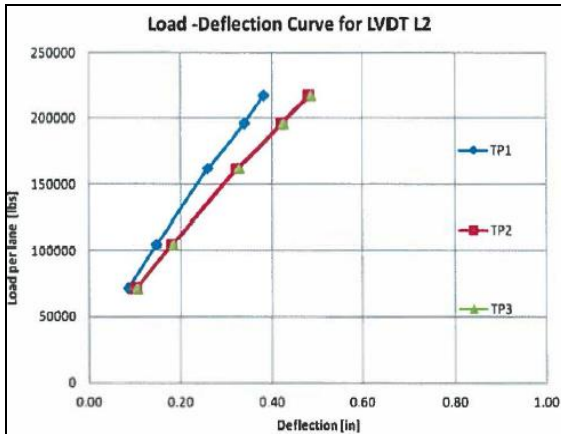


Figura 13

**Deflexión Máxima que ocurre en la Viga G4 causado por TP1, TP2 y TP3**

Los resultados obtenidos en la prueba de capacidad de carga demuestran que el puente se mantuvo dentro del rango lineal elástico. Esto permite asumir un factor de  $k_0 = 1.0$ . El peso del vehículo a considerar sin amplificar la carga es  $L_R = 110$  kip. El factor de ajuste aplicado es:

- El puente se encuentra en malas condiciones debido a la corrosión de la viga de acero, 10%, ver Tabla 3.

$$X_{pA} = X_p * \left(1 + \frac{\sum \%}{100}\right) = 1.40 * (1.10) = 1.54$$

Para obtener el factor de carga propuesto se aplica la siguiente ecuación,

$$L_T = X_{pA} * L_R * (1 + IM) = 1.54 * 110 \text{ kip} * 1.33$$

$$L_T = 225.30 \text{ kip}$$

El cálculo del nivel de capacidad operable es,

$$OP = \frac{k_0 * L_p}{X_{pA}} = \frac{1.0 * 240 \text{ kip}}{1.54} = 155.84 \text{ kip}$$

El factor de capacidad de carga y la capacidad de carga máxima del puente es,

$$RF_0 = \frac{OP}{L_R * (1 + IM)} = \frac{155.84 \text{ kip}}{110 \text{ kip} * 1.33} = 1.07$$

$$\text{Carga Maxima} = 1.07 * \frac{110 \text{ kip}}{2} = 58.6 \text{ ton}$$

## CONCLUSIÓN

La de prueba de Capacidad de carga indica que el puente cumple con la capacidad para amortiguar cargas no mayores a 58.6 toneladas. Según la normas de la Autoridad de Carreteras de Puerto Rico el puente No. 0088 no requiere rotulación.

## REFERENCIAS

- [1] *The Manual for Bridge Evaluation* (1<sup>th</sup> ed.), American Association of State Highway and Transportation Officials, 2008, pp 6-1, 6-6, 6-41, 8-1, 8-15.
- [2] *AASHTO LRFD Bridge Design Specifications* (6<sup>th</sup> ed.), American Association of State Highway and Transportation Officials, 2012, pp 3-13, 3-14.
- [3] *Guidelines for Inspection and Strength Evaluation of Suspension Bridge Parallel Wire Cables*, NCHRP Report 534, 2004.
- [4] Transportation Research Board, *Manual for Bridge Rating through Load Testing*, Research Result Digest number 234, Nov, 1998.
- [5] "Dimensiones y Pesos de los Vehículos que Transitan por las Vías", ACT Reglamento 6726, 2003.