

## Examen periódico de los puentes en servicio

### EL LIBRO DE REVISION DE PUENTES

(De una memoria presentada al 1.er Congreso de los FF. CC. del Estado) (1)

POR

JORGE EWERBECK Y RAUL SIMON

#### INTRODUCCION

En la actualidad la Empresa de los FF. CC. del Estado no cuenta con un servicio permanente y metódico de *Revisión, Conservación y Renovación de Puentes*.

La situación exige el establecimiento inmediato de este servicio. En efecto, la longitud total de puentes mayores de 30m. alcanza en la red Sur a 17773m. y la longitud total de puentes *débiles y malos* en la misma red llega a 4872 m., lo que equivale a un 27 % de la longitud total.

Esta cifra es, en realidad, exorbitante y ella no guarda relación con lo que corresponde a otras empresas regularmente administradas.

La contratación del empréstito que actualmente se gestiona permitiría disponer de una suma de \$ 6.000,000 para el refuerzo y renovación de los puentes más urgentes. El estado actual de dichos puentes exige que los trabajos se lleven a término en un plazo máximo de cinco años. Para el fin de ese período la Empresa dispondrá de un personal técnico especialista y experimentado con el cual podría organizar definitivamente su servicio de *Revisión, Conservación y Renovación de Puentes*.

En la memoria presentada al Congreso de FF. CC. hemos estudiado:

- 1) El *Examen Periódico de los Puentes en servicio*, en forma de agregados al actual Pliego de Condiciones.
- 2) El *Libro de Revisión de Puentes*, destinado a llevar el archivo de los datos proporcionados por los exámenes sucesivos y poder formar así *la historia* de cada puente.
- 3) El *Personal Necesario* para atender al Servicio de Revisión, Conservación y Renovación.
- 4) Los *Elementos Necesarios* para el servicio.

A continuación desarrollamos los temas 1) y 2). Los temas 3) y 4) sólo interesan a la Administración de la Empresa.

---

(1) Este Congreso fué postergado para Septiembre de 1920.

En lo que se refiere al Examen Periódico de los Puentes en Servicio, el Pliego Chileno de Condiciones dice únicamente.

#### Capítulo V.—Examen Periódico de los Puentes en Servicio.

- 1) Aparte de la supervigilancia permanente que exige la conservación de las obras, las Administraciones de vías férreas deberán practicar, por intermedio de sus ingenieros, por lo menos cada 5 años, un examen minucioso de todos sus puentes en servicio y someterlos a las mismas pruebas que se han puesto en el capítulo anterior (Se refiere a las pruebas de Recepción de la obra).
- 2) En el caso de accidente sobre un puente, se deberá practicar así mismo una visita minuciosa de la obra, y someterla a las pruebas reglamentarias en el caso de que queden dudas acerca de su resistencia.
- 3) Las observaciones hechas y los resultados obtenidos en las visitas que se prescriben en los números anteriores deberán darse a conocer, conjuntamente con los proyectos completos de las reparaciones si fuese necesario efectuarlas, a la Dirección General de los Ferrocarriles, si se trata de puentes situados en las líneas del del Estado, o al Ministerio de Obras Públicas si se trata de puentes situados en líneas de propiedad particular.
- 4) Una copia de cada uno de los documentos a que den origen estas visitas se agregará al legajo a que hace referencia el número 4, título V, del capítulo anterior (se habla del conjunto de planos de la obra.)

Esto es insuficiente. Proponemos que se reemplace por el reglamento que presentamos a continuación.

### EXAMEN PERIODICO DE LOS PUENTES EN SERVICIO

#### A.—LAS PRUEBAS DE REVISION

##### I. REVISION DE LA MAMPOSTERIA

1) Se verificará el estado de los machones, estribos, alas, defensas, fundaciones, pilotajes, etc.

Se observará si existe algún hundimiento o inclinación de los machones y estribos.

2) En los puentes mayores se colocarán escalas para marcar los niveles de aguas máximas y mínimas.

3) Se tomarán los perfiles del río en el eje del puente y se referirán a puntos fijos y determinados. Se indicará en un croquis el curso principal del río y se anotará en él la velocidad del agua, especialmente durante las creces. Se observará si las aguas arrastran troncos de árboles y si hay peligro de que se tapen las desembocaduras.

4) Se observarán y medirán las socavaciones producidas por la corriente después de cada crece.

##### II. REVISION DE LA CONSTRUCCION METALICA

1) Se verificará si la posición de los aparatos de apoyo es la que corresponde a la temperatura reinante durante la inspección.

2) Se observará si hay remaches o pernos sueltos en la construcción misma o en los aparatos de apoyo. En caso de haberlos, se verá si están repartidos uniformemente o si se encuentran especialmente en ciertos puntos.

Se tantearán los remaches minuciosamente por medio de un martillo pequeño de más o menos media libra de peso. Los remaches perdidos o sueltos se reemplazarán inmediatamente y, en caso que fueran pocos, se les podrá reemplazar provisoriamente por pernos torneados que llenen bien los agujeros, dejando la remachadura hasta la reparación total del puente.

3) Se verificará si los aparatos de apoyo presentan trizaduras, grietas o roturas.

4) Se observará si los miembros de la construcción han sufrido cambios o alteraciones visibles y si su estado corresponde a la hipótesis de los cálculos de resistencia. Por ejemplo, se verá si hay diagonales sueltas o si algunas de éstas trabajan con compresión en lugar de tracción.

5) Se verá si la pintura está en buen estado y si se produce alguna oxidación excesiva por cualquier defecto de construcción, como en el caso de huecos que se llenen de agua.

6) Para evitar la destrucción paulatina por el óxido habrá que observar especialmente las sopladuras de la pintura ( las que generalmente se producen después de la primera vez por causa del calor). Esas partes se limpiarán raspándolas con escobillas de acero y se pintarán inmediatamente con aceite de linaza cocida y azarcón. La pintura de azarcón deberá aplicarse en capas delgadas.

7) Cada 5 ó 6 años deberá renovarse completamente la pintura después de haber limpiado toda la construcción. Deberá emplearse pintura de 1.ª clase y se tendrá especial cuidado en que se pinten las partes cubiertas (por ejemplo, bajo los durmientes) y las partes poco accesibles.

8) Se anotará en el LIBRO DE REVISION DE PUENTES (1) la fecha de cada pintura. Se podrá establecer así la normalidad o anormalidad de las oxidaciones en todos los puntos.

9) Se observarán además todos los fenómenos que permitan establecer algún defecto de construcción de la obra. Por ejemplo, se verá si funcionan los aparatos de apoyo y dilatación y si las rótulas de las construcciones presentan desperfectos (puentes de arco).

### III. REVISION DE LA SUPERSTRUCTURA

1) Se revisará perfectamente el estado de los durmientes, rieles, eclisas y pernos que unen los durmientes con la infraestructura.

2) Se cuidará que los rieles tengan la misma altura en sus juntas. No se debe, por lo tanto, alternar rieles nuevos con rieles viejos ya gastados, porque, en tal caso, se producen al paso del tren golpes recios que perjudican la infraestructura.

3) Para evitar incendios se recomienda, como en ciertos ferrocarriles europeos, cubrir los durmientes con una delgada capa de ripio.

---

(1) Más adelante se habla de este libro.

## IV. FECHA DE LAS PRUEBAS DE REVISION

- 1) Se revisará la construcción una vez al año y se anotarán los resultados observados cada vez en el LIBRO DE REVISION respectivo.
- 2) Las vigas continuas se revisarán cada tres meses durante su primer año de servicio. Esta revisión a corto plazo tiene por objeto asegurarse de la invariabilidad de la altura de los apoyos. En el caso de hundimiento de un apoyo se procederá inmediatamente a su nivelación por medio de cuñas especiales. Pasado el primer año, se hará la revisión en la misma forma y fecha que para los demás puentes.

## B. LAS PRUEBAS DE CARGA

1) Junto con las anuales, estas pruebas tienen por objeto garantizar la SEGURIDAD DEL TRAFICO.

Antes de la primera prueba de carga se revisará minuciosamente toda la construcción y se remediarán los desperfectos en caso de que los haya.

2) Si las pruebas anuales de revisión han comprobado el buen estado del puente y si éste no tiene más de 20 años en servicio, las pruebas de carga se harán cada 5 años.

3) Los puentes en buen estado y con más de 20 años en servicio deberán probarse cada 3 años. Si la luz es menor que 5 metros, bastará con una prueba cada 5 años.

4) Si en los puentes en mal estado se produjeran deformaciones elásticas o permanentes excesivamente grandes, habrá que fijar intervalos de prueba más pequeños, los que serán especialmente determinados por la Dirección General.

5) La mayor carga posible se obtiene en los PUENTES MAYORES con tres locomotoras del tipo más pesado en uso en la zona respectiva y llevando su dotación completa de carbón y agua.

La primera y segunda locomotora irán colocadas frente a frente y la tercera irá seguida de los carros cargados necesarios para cubrir todo el puente. Se colocará el tren de tal manera, que la resultante del peso de las tres locomotoras se acerque al medio de la luz.

6) *En los Puentes Menores y en los Puentes de Viga continua se calculará la posición más desfavorable, anotándose el resultado en el LIBRO DE REVISION correspondiente.*

7) Para la elección de las locomotoras de prueba habrá que considerar su peso y su *distancia entre ejes*. Una locomotora liviana, pero de pequeña distancia entre ejes, puede producir una sollicitación mayor que otras locomotoras de mayor peso y de mayor distancia axial.

8) Los puentes de doble vía deberán probarse con ambas vías cargadas. La primera vía se cargará en la forma indicada en el N°. 5.

Para la segunda vía bastará considerar una locomotora del tipo más pesado seguida de los carros cargados necesarios para llenar el tramo. Se hará la prueba para cada viga.

9) En puentes de viga continua o acoplada se hará la prueba para cada tramo en particular con n peso máximo y en seguida para todos los tramos cargados simultáneamente.

10) En puentes muy oblicuos se hará la prueba para cada viga en particular y con su posición más desfavorable.

11) Para ver si el tren de prueba produce en otros puntos deformaciones mayores que las calculadas en la posición más desfavorable, se hará pasar el tren más lentamente por todo el puente, después de haberlo detenido 5 minutos en la primera posición, y se medirán las deformaciones en varios puntos para averiguar si existe algún error de cálculo.

12) En puentes con más de 5 metros de luz se harán además pruebas con el tren en movimiento, a fin de observar el efecto de oscilación de las cargas. Para este objeto se elegirán dos locomotoras del tipo más pesado y, después de ponerlas pecho a pecho, se las hará pasar el puente, primero lentamente y después con su velocidad máxima.

13) Si el resultado de las pruebas indicase una disminución en la seguridad de la obra, se examinarán minuciosamente las deformaciones de los durmientes, de las longuerinas, de los travesaños, de los montantes y de los diagonales bajo carga *unilateral*. Se observará además las remachaduras bajo la acción de sus fatigas máximas.

14) Para medir las deformaciones se recomienda el uso de listones fijos, de madera de 2 por 4 pulgadas, y la construcción de cepas o puntos fijos de madera. No se recomienda sino en casos especiales, para este objeto, el uso del nivel o de alambres tendidos por ser los resultados muy poco satisfactorios.

En caso de no disponer de aparatos inscriptores automáticos (como los de Dupuy, Fraenkel, Steiner, Koepke, Manet, etc.) habría que hacer tres lecturas: la 1.ª sin carga; la 2.ª después de colocado lentamente el tren de prueba, manteniéndolo 5 minutos en su posición y la 3.ª después de desocupar el puente.

La diferencia entre la 1.ª lectura y la 2.ª dará la deformación total. La 1.ª lectura y la 3.ª deben dar resultados similares. En caso de que difieran, deberá repetirse toda la operación.

Antes de la observación habrá que verificar la invariabilidad de altura en los apoyos. En caso de una variación, deberá ésta tomarse en cuenta en el cálculo de la deformación efectiva.

15) Después de las grandes creces conviene observar si se produce algún asentamiento de los machones bajo la acción máxima de la carga móvil.

16) Con el fin de obtener la ejecución rápida y uniforme de estas pruebas convendrá emplear la misma gente.

Los jefes de zona respectivos impartirán a sus ingenieros y camineros las órdenes necesarias para que todo se encuentre listo a la llegada del ingeniero de la Dirección General a cargo de las pruebas.

17) Todos los resultados y observaciones que hayan sido recogidos, deberán anotarse cada vez y a continuación en el *Libro de Revisión de Puentes*.

Este *Libro de Revisión de Puentes* se establecerá para cada obra de arte, y con el objeto de llevar el control de los estados sucesivos de la obra y poder recomendar así, mediante las observaciones comparadas de varios años, las medidas necesarias para obtener la seguridad constante de la obra.

## EL LIBRO DE REVISION DE PUENTES

## A. OBJETO DEL LIBRO.

El *Libro de Revisión*, usado en la mayor parte de los FF. CC. de Alemania y Austria, tiene por objeto anotar metódica y continuamente los resultados de las pruebas de revisión y pruebas de carga, de las cuales hemos hablado extensamente en el trabajo titulado *Examen periódico de los Puentes en Servicio*.

Además, el libro llevará los datos y cálculos de resistencia que interesen a la seguridad del puente y que sean indispensables para la ejecución de las pruebas. Y por último, servirá para anotar en él las observaciones principales que los ingenieros puedan hacer año a año acerca del régimen del río.

Se comprenderá entonces que en dicha forma sea fácil hacer una verdadera historia de cada puente, de la cual se podrán deducir los datos necesarios acerca de la seguridad, conservación y duración de los elementos de cada puente.

Por otra parte, para hacer los presupuestos anuales de conservación y revisión de puentes, bastaría únicamente hojear los *Libros de Revisión*, los cuales indicarían el estado de los puentes, las reparaciones por efectuar y las alteraciones del régimen del río.

## B. DESCRIPCION DEL LIBRO.

(Véase esquema.)

## Tapa.

En la tapa se indicarán los datos tendientes a fijar y clasificar la obra. Se anotará, por consiguiente:

Nombre del puente .....  
 Zona.....  
 Línea y trocha (Central o Ramal de).....  
 Entre las estaciones de.....  
 Kilómetro (Cero en Alameda).....  
 Número de la obra.....

## Página primera.

En la página 1.ª se indicará las características generales de la obra con los esquemas y dimensiones siguientes:

a) Esquemas de las luces y numeración de los tramos, indicando las dimensiones:

Largo total del puente  
 Largo de los tramos  
 Altura de las pilas  
 Profundidad de las fundaciones.

b) Esquema del tablero y numeración de las vigas, travesaños y longerinas, indicando las dimensiones:

Longitud de los travesaños  
Longitud de los largueros.

c) Esquema de la viga principal, indicando altura y sistema del enrejado.  
d) Sección transversal del tramo, indicando las dimensiones:

Altura de la viga  
Altura del travesaño  
Altura de la Longerina.

Respecto a la enumeración de los elementos del puente, será de rigor ceñirse a las siguientes convenciones:

- 1) Los tramos se designarán con números romanos, y se contarán en el mismo sentido del kilometraje. Se denominará: "I Tramo" al de menor kilometraje.
- 2) Las vigas principales se denominarán derecha D. izquierda Iz; considerando al observador que marche en el sentido del kilometraje.
- 3) Los travesaños se designarán por las cifras árabes 0, 1, 2, 3..... en el sentido de marcha ya considerado.
- 4) Las longerinas se designarán por derecha d, izquierda iz, entre los números de los travesaños correspondientes.

Por ejemplo, se dirá: la longerina d entre los travesaños 23 del tramo II.

Página 2.

Se dedicará al cálculo del peso propio.

Páginas 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10.

Se dedicarán al cálculo de las deformaciones admisibles y cálculos de resistencia bajo la acción del tren tipo, incluyendo los siguientes puntos:

- a.-Cálculo de resistencia.
- b.-Cálculo de la deformación total admisible
- c.-Cálculo de la deformación permanente producida por el peso propio
- d.-Cálculo de la deformación elástica correspondiente a la fatiga límite de elasticidad.

.....

- e.-Cálculo para la prueba de carga de fecha . . . con las locomotoras Núms. . . indicando con un esquema la posición más desfavorable.

Páginas 11 a 30.

En la página 11 se indicarán los datos principales del puente y resultados de los cálculos anteriores.

En esta misma página empieza el formulario que deberá llenarse al ejecutar las pruebas de revisión o las pruebas de carga.

Este formulario continuará hasta la página 30, calculando que demore 30 años en llenarse.

#### Páginas 30 a 50

Se han dedicado estas páginas al estudio del régimen del río.

Se anotará las alturas máximas y mínimas y la velocidad del agua.

Se dibujará, anotando las cotas, el perfil del valle en el eje del puente y se hará un croquis indicando la dirección del curso principal del río.

Se tomarán estos datos sin perjuicio de los estudios que, por su parte, crea necesario hacer la Oficina de Defensa.

#### Páginas. 50 a 55.

Se anotarán los planos existentes respecto a la obra de que se trata.

Se indicará:

Nombre del plano.

Escala.

Lugar en el archivo.

Autor.

#### *C.-Instrucciones para el uso del Libro de Revisión.*

El ingeniero a cargo de una *Prueba de Revisión* o de una *Prueba de Carga*, anotará en el libro los resultados y las observaciones obtenidas en su visita al puente.

Según la importancia de las pruebas, la Dirección General resolverá o no hacerse representar en ellas.

En todo caso, es conveniente que sea un mismo personal el encargado de estas pruebas, pues así se lograría un trabajo más rápido y seguro.

La Dirección de la Zona se hará representar en las pruebas y será obligatoria la asistencia del Caminero, ya que a su cargo estarán los preparativos necesarios para las pruebas.

Terminada la prueba, firmarán en el Libro de Revisión el ingeniero que la tuvo a su cargo y los representantes de la Dirección General y de la Zona.

El Libro de Revisión permanecerá en el Departamento de la Vía y Obras a cargo de la Oficina Técnica de Puentes.

Las zonas respectivas llevarán un duplicado del mismo libro.

#### *Advertencia.*

1) Con el fin de facilitar las pruebas se anotarán en el tramo (con pintura amarilla) las señales.

a) En el medio del primer apoyo

b) En el segundo apoyo;

c) En el punto de la deformación máxima.

d) En el canto superior de la viga, y en la vertical de la señal (b).

Se adoptará además un punto fijo al cual referir la señal (a).

2) Conviene hacer las pruebas en primavera, con el fin de disponer del buen tiempo necesario para la reparaciones urgentes.

*Esquema del Libro de Revisión*

A continuación agregamos un esquema del Libro de Revisión. El original llevará papel cuadriculado de buena calidad, teniendo las páginas una dimensión útil de 45 X 30 cm,2.