

LA INSPECCION DEL PUENTE

F. JAVIER SAINZ DE CUETO TORRES

Laboratorio Central de
Estructuras y Materiales (CEDEX)

1. INTRODUCCION

1.1. DEFINICION DE INSPECCION

La inspección es el conjunto de actuaciones técnicas realizadas de acuerdo con un plan previo, que facilitan los datos necesarios para conocer en un instante dado el estado de un puente.

Desde el punto de vista de la inspección, se consideran parte integrante del puente las estructuras o elementos anejos, tales como muros de contención de tierras, losas de transición, terraplenes y vías de acceso.

1.2. TIPOS DE INSPECCIONES. FRECUENCIA.

Se pueden definir tres tipos de inspecciones según la profundidad con que se realicen.

A. Inspección rutinaria. Se trata de inspecciones que podrían ser efectuadas por las personas encargadas del mantenimiento, que poseen un buen conocimiento práctico de las obras, pero que no han recibido una formación específica sobre técnicas de inspección de puentes. Su objetivo es detectar, lo antes posible, los fallos aparentes que podrían originar gastos importantes de mantenimiento o reparación, si no son corregidos a tiempo.

B. Inspección principal. Son inspecciones más profundas y detalladas que las anteriores y que indican la observación minuciosa de todos los elementos del puente. Son fundamentalmente, inspecciones visuales sin utilización de aparatos especiales.

Se realizan por personal especializado bajo la supervisión de un ingeniero.

El intervalo entre dos inspecciones principales depende del tipo de puente y de los antecedentes del mismo.

Este tipo de inspecciones son siempre objeto de un informe escrito, con ayuda de Fichas-tipo, para dejar constancia del estado del puente.

La primera inspección principal debería efectuarse antes de la puesta en servicio del puente. La importancia de esta inspección se deriva de que

sirve como estado de referencia o punto cero para todas las inspecciones periódicas posteriores, que se realizarán a lo largo de la vida del puente.

C. Inspecciones especiales. Se efectúan como consecuencia de situaciones singulares, tales como aparición de fisuras o deformaciones importantes, paso de transportes especiales, después de un sismo, un incendio, o una riada excepcional, o como resultado de una decisión tomada a la vista del informe de una inspección principal.

Este tipo de inspecciones no tienen carácter de sistemáticas o periódicas.

1.3. MEDIOS HUMANOS

Para la realización de las inspecciones principales que son básicamente inspecciones visuales detalladas, se recomienda que el personal sepa ver e interpretar lo que ha visto para lo que es imprescindible que cumpla las siguientes condiciones:

- Debe poseer una cualificación profesional suficiente (conocimientos teóricos sobre el modo de funcionamiento resistente de un puente, sobre materiales, métodos de construcción, etc.).
- Debe tener experiencia sobre las distintas fases de degradación y deterioro del puente que puedan presentarse.

1.4. MEDIOS MATERIALES

Las inspecciones principales se basan fundamentalmente en un examen visual detallado de cada uno de los elementos o partes de la estructura, que se recogen en una Ficha-tipo.

Para que se puedan deducir conclusiones válidas de las inspecciones principales periódicas es necesario que se den tres condiciones básicas.

- Poder ver: lo que significa poder acceder a todas las partes que se desean inspeccionar.
- Saber ver: para lo que se necesita un equipo de inspección cualificado y con suficiente experiencia.
- Saber lo que se quiere ver: es decir, hay que preparar con antelación las inspecciones,

estudiando el proyecto, los posibles incidentes ocurridos durante su construcción y los informes obtenidos en anteriores inspecciones si existen.

1.5. DOCUMENTACION.

La documentación del puente comprende toda la información básica necesaria para su conservación y explotación, siendo utilizada durante la preparación de la inspección principal.

Durante la realización de la inspección deben comprobarse y completarse las características y datos que no hayan sido recogidos o puedan ser inexactos en la documentación, especialmente la geometría de la obra.

2. ZONAS ESENCIALES DE INSPECCION EN UN PUENTE.

A efectos de la realización de una inspección principal en un puente, se pueden acotar cuatro zonas o categorías esenciales y perfectamente delimitables.

- A. Cimentación (Foto 1)
- B. Subestructura (Foto 2)
- C. Superestructura (Fotos 3 y 4)
- D. Equipamientos (Foto 5)

A. CIMENTACION. La cimentación del puente es por lo general inaccesible (normalmente totalmente enterrada o bajo agua).

La inaccesibilidad de la cimentación hace que los posibles fallos que en ella se produzcan, sólo puedan ser detectados indirectamente durante las inspecciones periódicas si se traducen en signos externos visibles en la superestructura o en la subestructura.

Las cimentaciones bajo agua son muy vulnerables, sobre todo en puentes de fábrica, debido a los riesgos de socavaciones, descalces, falta de protección adecuada contra la corriente, etc. Para la inspección de estas cimentaciones es necesario recurrir a menudo a inspecciones subacuáticas.



FOTO 1. Inspección de cimentaciones.

B. SUBESTRUCTURA. La subestructura comprende los estribos (incluso terraplenes, muros de acompañamiento, etc.), las pilas y los aparatos de apoyo.

A pesar de la importancia de la inspección de estos elementos, a menudo resultan difícilmente accesibles (pilas de gran altura, secciones de apoyo de gran canto, etc.).



FOTO 2. Inspección de estribos y sistemas de apoyo.

C. SUPERESTRUCTURA. La superestructura comprende los elementos portantes principales (vigas principales, arcos, etc.), los elementos portantes secundarios (vigas longitudinales secundarias o largueros, vigas riostras o diafragmas, etc.), la losa superior del tablero cuando exista, etc.



FOTO 3. Inspección de superestructura

D. EQUIPAMIENTOS. Los equipamientos son indispensables para el funcionamiento y durabilidad del puente, e incluyen: juntas de dilatación, pavimento o capa de rodadura, sistema de drenaje, barandillas y dispositivos de seguridad, iluminación, etc.

Se recomienda examinar detalladamente el sistema de drenaje, ya que el agua infiltrada puede causar graves daños en la estructura del puente.



FOTO 4. Inspección de superestructura.



FOTO 5. Inspección de equipamientos, balastro y vía.

3. INSPECCION DE LA CIMENTACION.

3.1. AUSENCIA DE AGUA. CORRIENTE SOMERA.

Incluiremos en este primer subapartado las cimentaciones fácilmente accesibles, bien sean por tratarse de cauces donde no existe agua o ésta no afecte a la cimentación, o dicha afección sea con muy leve profundidad (Períodos de estiaje, etcétera).

La mayor parte de las anomalías relativas a la cimentación del puente se manifiesta en movimientos imprevistos. Los asentamientos de gran magnitud, y, sobre todo si son asentamientos diferenciales pueden causar daños en la integridad del puente, si no se tomaron las debidas precauciones en el momento del proyecto.

Estos asentamientos se pueden producir por fallos en el terreno de cimentación o por fallos imprevistos del propio material constitutivo de la cimentación.

Algunos de los desperfectos más típicos son:

En Cimentación:

- Disolución de la cal que conduce a la disgregación de antiguos macizos de hormigones de cal.

- Abrasión de pilotes de madera, de ciertas piedras blandas, etc.
- Choques.
- Dislocaciones de la mampostería provocadas por el crecimiento de raíces de árboles.
- Alteración química, por aguas agresivas, de sales, cementos, elementos de madera o metálicos, etc.
- Alteración biológica en zonas próximas al mar en pilotes de madera.

En terreno de cimentación:

- Formación de cavidades y decompresión del terreno de cimentación por socavación.

En el caso de cimentaciones superficiales, la existencia de cavidades entraña una reducción de la capacidad portante y un aumento de los movimientos de la pila.

En el caso de cimentaciones sobre pilotes, la capacidad funcional puede reducirse:

- a) Por disminución del rozamiento lateral movilizado.
- b) Por disminución de la sobrecarga de tierras en la zona de la punta, cuando ésta no se encuentra muy lejos de la superficie del terreno.
- c) Por asentamientos bruscos cuando las cavidades se encuentran por debajo de la punta.

En terraplén adyacente:

- Se observará si hay superficies erosionadas, generalmente debidas al fallo en los sistemas de drenaje superficial, remoción de torrenteras, etc.

- Análogamente en el pie de talud. Es frecuente el caso de socavaciones cuando ha habido temporadas de crecidas en el cauce.

En defensas hidráulicas:

- En el caso de crecidas extraordinarias pueden originarse descalces en muros y máscaras de defensa, especialmente en la base.
- Arrastre por la corriente de bloques y desplazamiento de gaviones.
- Fallos y hundimientos de defensas de escollera dispuestas alrededor de pilas y estribos o de aquellas que protegen muros y pilotajes.
- Invasión de recintos de pantallas y tablestacas.

3.2. INSPECCIONES BAJO AGUA.

La inspección de cimentaciones bajo agua es una tarea generalmente delicada debido a las dificultades de acceso que impiden la observación directa.

Estas dificultades hacen que sea muy útil detectar mediante vigilancia topográfica periódica toda clase de movimientos que pueda sufrir la estructura.

Cierto tipo de obras (estructuras hiperestáticas, bóvedas, etc.) son, por su propia naturaleza muy sensibles a los movimientos de apoyos. Una

atención particular debe presentarse además, a las inspecciones de cimentaciones antiguas.

Las inspecciones deben realizarse con una particular desconfianza considerando que el estado aparentemente normal de la obra puede ocultar ciertos fallos.

Las inspecciones principales deben ser inspeccionadas por un equipo de buceadores con conocimientos sobre cimentaciones de puentes y, en la medida en que sea posible, en un período de aguas bajas.

Las inspecciones principales bajo agua de la cimentación se efectuarán, como se ha establecido con carácter general, cada cinco años pero en obras que necesiten una vigilancia especial, se puede fijar una frecuencia más elevada, por ejemplo en los siguientes casos:

- Cimentaciones muy expuestas a la acción del agua (velocidad elevada de la corriente, acarreos importantes, etc.).
- Cuando se ha constatado una evolución rápida natural o artificial (intervenciones humanas) de las condiciones hidráulicas y del curso del agua.
- Cuando se realizan trabajos en la zona de influencia de la obra que hacen temer una evolución favorable para la estabilidad de los apoyos.
- La misión del equipo de inspección consiste en:
- Realizar una cartografía completa, tanto de la parte de la cimentación visible bajo el agua, como de las secciones del lecho del curso de agua en las proximidades del puente.
- Inventario exhaustivo de las partes inspeccionadas con la descripción de las anomalías constatadas.

Se recomienda examinar cuidadosamente los siguientes puntos:

A. Curso de agua.

- Anotar la posición del lecho en relación con la obra, el ángulo de ataque por la corriente a pilas y estribos y los tramos bajo los cuales circula preferentemente el caudal de agua.
- Anotar la naturaleza del fondo y las anomalías en su topografía, en particular la presencia de fosas imputables a socavaciones laterales de los apoyos.
- Anotar la posible presencia de remolinos y su posición.

B. Laderas del río.

- Anotar las señales de ataque y deterioro de los márgenes del río en el entorno del puente.
- Anotar los signos que indiquen posibilidad de deslizamiento en las proximidades de los estribos.

C. Macizos de escollera en el entorno de la obra.

- Anotar las variaciones de la geometría de estos macizos en relación con las inspecciones precedentes.

D. Pantallas de protección.

- Anotar señales de alteración, o roturas en las pantallas.
- Anotar la desaparición de material de relleno.

E. Base de apoyos.

- Anotar el aspecto general de la base de apoyos. Comprobar si existe disgregación del ligante, desligaduras de sillares, piedras fracturadas o que faltan, signos de abrasión, alteraciones y choques, etc.

F. Cimentación y terreno de cimentación.

- La existencia de cavidades bajo la obra constituye un peligro importante para su estabilidad. Dichas cavidades no son, a menudo, visibles, pero pueden existir indicios de su existencia por el estado de las defensas o por la existencia de circulación anormal de aguas.

4. INSPECCION DE LA SUBESTRUCTURA

4.1. INSPECCION DE ESTRIBOS

Se anotará el material básico que integra el estribo. Los tipos de material más utilizados son:

- Piedra natural (Sillería, mampostería).
- Material cerámico (ladrillos).
- Hormigón armado o en masa.
- Bloques de hormigón.

Sea cual sea el tipo de estribo se recogerán sus dimensiones geométricas básicas para su definición.

El mismo tratamiento se dará a las aletas o muros laterales. En cuanto a la determinación del estado, la inspección principal en un estribo es conveniente realizarla desde la proximidad de cimentación, observando detenidamente los arranques de muro.

Los efectos del asentamiento del terreno provocan movimientos de tipo sólido rígido, agrietando los muros según direcciones más o menos verticales. Las grietas son más pronunciadas si el asentamiento es diferencial.

Es muy importante el efecto del empuje sobre muros por excesiva compactación u otras causas, dando lugar a distintos esquemas de fisuración. Son muy comunes las grietas en la unión del muro estribo con el muro de acompañamiento o aletas laterales. Con frecuencia el muro lateral está infradimensionado al vuelco, con lo que se recarga la unión entre las fábricas y se produce una abertura, que puede estallar sillares y abrir juntas (Figura 1).

La retracción en muros de estribos de bloques

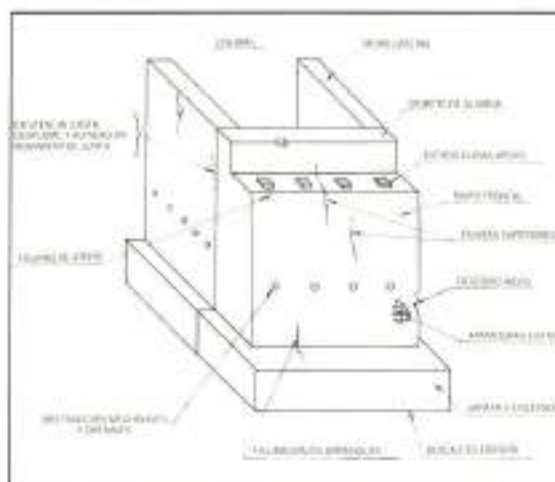


FIGURA 1. Zonas de inspección en estribo. Defectos más frecuentes.

de hormigón puede ocasionar fisuraciones verticales bastantes limpias si no se han previsto las juntas de retracción necesarias.

A los fenómenos de tipos estructural hay que añadir otros que, aún siendo secundarios, pueden colaborar negativamente en los daños. Así tenemos las infiltraciones de finos por grietas y vías preferentes, las eflorescencias y los ataques superficiales a los sillares y juntas. Hay que vigilar la intrusión de plantas trepadoras.

Los sillares u hormigones realizados con áridos porosos (areniscas, etc.) o bien las fábricas de ladrillo son muy propensos a presentar ataques superficiales en los bajos de los muros por capilaridad del agua del terreno. La corriente también suele erosionar los arranques y partes bajas en zonas de estrechamiento y curvas. Es importante inspeccionar los drenajes y el estado de los mecinales de los muros tanto frontales como laterales.

Si hay una posibilidad de dar algún dato sobre los rellenos de estribo, se adjuntará en la ficha por tener mucho interés de cara a estudios de estabilidad, capacidad portante, etc.

4.2. INSPECCION DE PILAS

En pilas se anotará el material componente básico:

- Madera.
- Acero o fundición.
- Piedra natural (sillería, mampostería).
- Ladrillo o bloques de hormigón.
- Hormigón armado.

Se anotará:

- En puentes de fábrica o mixtos, las fisuras en las uniones de los tajamares con el cuerpo de pila. Son zonas delicadas muy sensibles a las

deformaciones de la superestructura y los asentos de pila. Por otro lado suele tratarse de zonas muy castigadas por las corrientes.

- Las fisuras verticales en coronación, muy frecuentes en pilas de fábrica u hormigón que soportan cargas concentradas de los apoyos de las superestructuras isostáticas de acero y hormigón.
- Hay ocasionalmente daños sobre pilas por impactos debidos al tráfico inferior (Carretera, material descarrilado de ferrocarril, embarcaciones, etc.).

En la Figura 2, se indican algunas zonas que conviene detenerse en la inspección, señalándose algunos defectos que es frecuente observar.

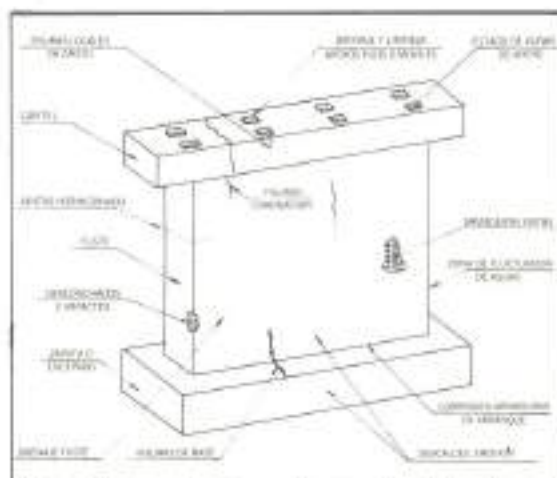


FIGURA 2. Zonas de inspección en pilas. Defectos más frecuentes.

4.3. INSPECCION DE APARATOS DE APOYO

Se indicará el tipo de aparato de apoyo de que se trate indicando material que lo integra, dimensiones y situación. Es muy importante señalar el tipo de coacción que introduce: Si permite el movimiento horizontal o no y el giro.

Se indicará asimismo la temperatura a la que se ha verificado la inspección. Se hará especial hincapié en el estado de las cunas de apoyo y los encastramientos.

Se debe verificar la conformidad de la colocación de los aparatos de apoyo de acuerdo con los planos del proyecto, y comprobar si su funcionamiento es correcto.

Los defectos típicos de los aparatos de apoyo varían según sea el tipo de apoyo (fijo o móvil) y el material utilizado en su fabricación (metálico, hormigón, elastómeros, etc.).

- Material constitutivo deteriorado: corrosión en aparatos de apoyo metálicos, degradaciones en

el elastómero en apoyos elastoméricos, corrosión en los zunchos, etc.

- Protección anticorrosión insuficiente: fallos de galvanización o en la pintura anticorrosión, etc.
- Fallos en el sistema de anclaje, si existe.
- Defectos de funcionamiento del aparato de apoyo (bloqueos, etc.).
- Desplazamiento del apoyo de su posición original.
- Suciedad (grasas, aceites, gasolina, barro, etc.).

5. INSPECCION DE LA SUPERESTRUCTURA

5.1. INSPECCION DE ELEMENTOS METALICOS (PUENTES METALICOS).

El material utilizado se tratará en general de acero. Si es posible, se anotará en la ficha el tipo del mismo: acero laminado, preoxidado (corten), hierro pudelado, etc. Para ello es importante la orientación que puede proporcionar la fecha de construcción del puente.

En cuanto a la colocación del tablero, las posiciones más normales son: tablero superior y tablero inferior, aunque también pueda hallarse el tablero intermedio y más raramente el suspendido mediante péndolas.

En la inspección de los elementos principales se observarán dos posibles grupos de anomalías:

- Defectos estructurales, tanto sean achacables a la propia construcción original como a modificaciones o reparaciones realizadas posteriormente.
- Desde el primer punto de vista es muy frecuente sobre todo en puentes antiguos encontrarse con una serie de detalles constructivos incorrectos.
- Ausencia de cartelas de rigidización transversal.

También en el caso de vigas trianguladas con cordón comprimido de sección T el faldón vertical carece de cualquier tipo de arriostramiento horizontal, siendo propenso pues a fenómenos de inestabilidad transversal.

Es muy corriente el descubrir excentricidades indeseables; frecuentemente se hallan nudos de celosías en que no coinciden los ejes de las barras concurrentes ocasionando un trabajo anormal del propio nudo y de su cartela. Más frecuente aún es encontrar barras de ejes excéntricos respecto al propio plano del elemento o viga principal, especialmente cuando a la estructura se le hicieron refuerzos y adaptaciones posteriores a la construcción con recrecido de barras mediante nuevos perfiles.

A menudo se encuentran barras unidas directamente a los cordones sin acartelamientos.

En el caso de vigas de alma llena hay que determinar el espesor del alma. Hay casos en que

se está ante almas excesivamente esbeltas, los rigidizadores no están bien colocados o carecen de ellos. Se debe observar si existe algún síntoma de abolladura u ondulaciones en alma y alas. Hay que reseñar el estado de los rigidizadores y la existencia de todos los precisos.

En la Figura 3 se indican las zonas de defectos más frecuentes para vigas de alma llena.

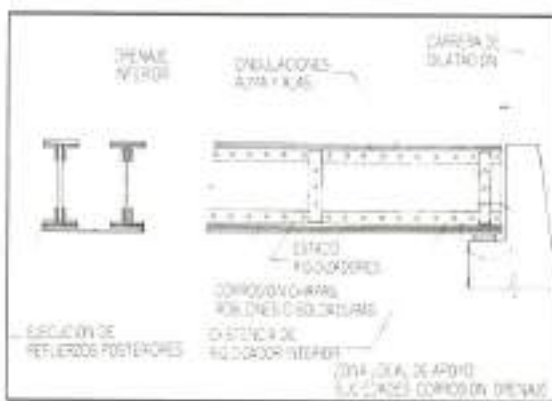


FIGURA 3. Zonas de inspección en vigas de acero. Defectos más frecuentes.

Puede encontrarse, en ciertos casos, ausencia de algunos componentes por pérdida o rotura. También puede hallarse zonas agrietadas o con mermas de sección. La fisuración suele producirse en zonas donde existen variaciones o concentraciones de tensión importantes.

Hay que observar las deformaciones anormales del propio elemento. Si son deformaciones permanentes se anotará si se produjeron faltas en la alineación y geometría del elemento, torsiones, alabeos, etc.

También es frecuente en puentes metálicos las deformaciones localizadas por impactos y choques de las sobrecargas móviles.

En lo que respecta al material, aparte de defectos originales que pudiera tener el material, que no serán fáciles de determinar salvo que sean superficiales, lo más interesante es lo que respecta a la corrosión o ataque superficial de los elementos metálicos. Sin duda la corrosión es el factor que más contribuye al deterioro e inutilización para el servicio de un tramo metálico.

La base de la corrosión son las reacciones electroquímicas provocadas por la presencia de humedades y atmósfera desfavorables. Los productos que se adhieren por suciedades o vertidos con sales colaboran a acelerar el proceso.

Los óxidos provocados por la corrosión ocupan volúmenes superiores al del metal original, lo cual determina un efecto de acunamiento que

ocasiona abombamientos y rotura de uniones. En los espacios mínimos que hay entre distintas platabandas se introducen por efecto de la tensión superficial del agua, laminillas de espesor micrométrico que provocan auténticas pilas electroquímicas.

La pintura es un factor clave en la prevención de la corrosión. En la inspección se debe por tanto prestar una gran atención al estado de envejecimiento de la pintura.

Se registrarán las disminuciones de espesor en las chapas corroidas.

Hay zonas donde se suele localizar la corrosión más; tal es el caso de las alas inferiores en sus superficies horizontales cara arriba. En períodos de lluvias se acumulan charcos que permanecen varios días; mayor es el efecto de retención con suciedades y tierra que se mantienen húmedas durante tiempos superiores. En los elementos tipo cajón a veces no se prevén los desagües u orificios de evacuación necesarios.

Las uniones de elementos y zonas de apoyo tienen el efecto anterior de acumulación de humedad y además son puntos de localización de tensiones. Por ello se suelen hallar zonas de corrosión en su entorno.

Se vigilarán los posibles fallos en las uniones, observando el estado de los cordones de soldadura, presión de los tornillos de alta resistencia y apretadura de roblones; si están corroidos, fisurados, rotos o hay ausencia de ellos, es muy interesante el chequeo de roblones mediante martillo. Si hay duda en algunos puntos de soldadura puede hacerse un chequeo con piqueta. En soldaduras y proximidades pueden localizarse a veces fisuras y fracturas frágiles por fatiga.

Los arriostramientos horizontales y sus correspondientes cartelas son bastante propensos a experimentar corrosiones. Al tratarse de elementos esbeltos se llegan a perder sin reposición posterior, por estar situados algunos en puntos de difícil acceso. Incluso hay puentes en que no se han dispuesto en proyecto o han sido eliminados durante obras de reparación.

También se mencionarán los posibles elementos deformados o agrietados que se observen.

Una de las observaciones más interesantes que cabe hacer es la advertencia de manchas y musgos que detectan vías de humedad.

5.2. INSPECCION DE ELEMENTOS DE HORMIGON (PUENTES DE HORMIGON).

El material es el hormigón en sus tres modalidades más importantes: hormigón armado, pretensado y en masa.

En cuanto a las modalidades contempladas en

la Ficha-tipo para tipologías estructurales posibles; están las vigas de hormigón armado o pretensado isostáticas biapoyadas que pueden ser prefabricadas con losa de compresión ejecutada "in-situ", o bien realizadas (vigas y losas) íntegramente en obra.

Hay vigas continuas hiperestáticas fabricadas "in situ", o bien prefabricadas por elementos y postensadas en obra. Muy frecuente en los últimos años es la ejecución de losas armadas para luces menores y pretensadas para luces medias. Se debe tener en cuenta las colecciones de la Dirección General de Carreteras sobre Losas y Vigas Pretensadas tipo I y II en el caso de que el proyecto del puente se ajuste a las citadas Colecciones de Obras de Paso.

Luego están indicadas también las formas en arco (armado o en masa) y en pórtico, que deberán reseñarse convenientemente señalando sus particularidades.

En el apartado denominado tipología especial se recogen aquellos puentes de una cierta entidad, como son los realizados por las técnicas actuales de "voladizos sucesivos" y los atirantados.

En cualquier caso se registrarán en el apartado dedicado a geometría las anotaciones que permitan, junto con el croquis, tener un conocimiento suficiente de la materialidad física de la obra.

En el apartado dedicado a los elementos principales: Vigas, losas, arcos, pórticos, etc., se recogerá el estado de los mismos que se puede apreciar durante la inspección. Son zonas de vital importancia las caras inferiores y las almas (de vigas) y caras laterales.

Hay dos fenómenos que se interfieren mutuamente y que no debemos perder de vista: corrosión y fisuración.

La corrosión tiene una serie de causas motivantes, en algunos casos complejas. Cuando aparece daño es difícil de corregir pero hay que intentar atajarlo lo antes posible. El grave problema es que su aparición puede ser interna, no manifestándose exteriormente hasta estar relativamente avanzado. En elementos de hormigón pretensado se añade la circunstancia desfavorable de la tensión en la armadura activa, lo que lo reviste de mayor gravedad.

La corrosión aparece con distintas formas e intensidades y depende de varios factores como pueden ser: Falta de compacidad del hormigón de recubrimiento, débil espesor del mismo, atmósfera agresiva, etc.

No obstante un hormigón de recubrimiento con buen aspecto, sano y compacto, es garantía de una protección conveniente a la armadura.

El problema de las atmósferas agresivas, especialmente cloruros, no es habitual en nuestro país, salvo en zonas de abundantes nieves y heladas con abuso de los fundentes, pero hay que tenerlo siempre presente en entornos marítimos.

La fisuración va ligada a la corrosión, a la resistencia a tracción del hormigón, al recubrimiento a la cuantía del refuerzo y a otras muchas circunstancias que asumiremos en días:

1. Circunstancias durante la construcción

- Coqueas y ruidos de grava.
- Retracción plástica.
- Sedimentación y segregación del hormigón.
- Deformaciones de las cimbras y encofrados.
- Asentamientos diferenciales.
- Gradiente térmico por hidratación.
- Heladas a edad temprana.
- Otras.

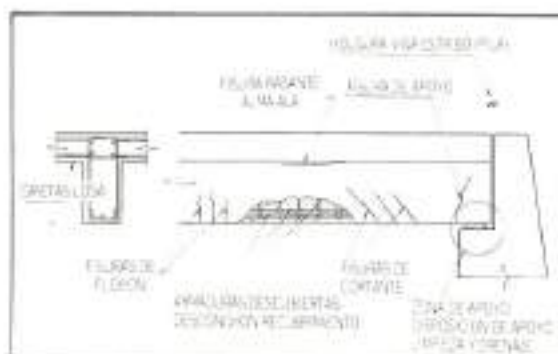


FIGURA 4. Zonas de inspección superestructura hormigón. Defectos más frecuentes.

2. Circunstancias posteriores a la construcción

- Degradación superficial del hormigón.
- Retracción, áridos retráctiles.
- Incrementos térmicos, ciclos hielo-deshielo.
- Químicas: Reacción álcali-árido, carbonatación, corrosión.
- Sollicitación estructural: Axil, flexión, cortante, torsión, dinámica.
- Fluencia.
- Fallo adherente entre acero y hormigón.
- Otras.

En hormigón pretensado es aplicable todo lo indicado para el armado con algunas peculiaridades adicionales. Así tenemos el "empuje al vacío" en tendones curvos, el festoneado y la curvatura en planta. Se producen por curvatura del tendón y desequilibrio en el estado tensional, esto es más grave en piezas de poco espesor aligeradas.

Las inyecciones mal realizadas han dado lugar a roturas por formación interna de hielo y a más largo plazo a corrosiones por falta de protección.

La fisuración en los elementos de hormigón armado no es motivo, en principio, de inquietud siempre que el fenómeno permanezca limitado. Las fisuras pueden ser pequeñas (0,1 mm de anchura), medias (entre 0,1 y 0,3 mm de anchura) y anchas (0,3 mm). De otra parte se pueden clasificar en fisuras sin evolución o "muertas" y "vivas" de anchura variable bajo carga. Hay que anotar la posición, dirección, anchura y si es posible profundidad de las fisuras.

En elementos de hormigón pretensado, la fisuración no prevista en el Proyecto es siempre un caso de patología estructural. Hay por tanto necesidad de observarlas minuciosamente y anotar las características geométricas de todas las fuerzas apreciadas. Diremos con relación a la fisuración, que ésta afecta no sólo a la durabilidad del elemento, sino también a su propia funcionalidad con pérdida de la rigidez.

Además del fenómeno de la rigidez hay que considerar las posibles deformaciones anormales o excesivas como:

- Contraflechas excesivas en vigas.
- Diferencias entre las contraflechas de las vigas de un mismo tablero.
- Descensos acusados en las claves para luces importantes.

Es importante en estructuras huecas su estado interior si son visitables. Interesa ver si hay algún tipo de anomalía como fisuras, armaduras vistas, etc. Hay que observar el funcionamiento del drenaje, verificando que no haya acumulaciones de agua denunciadas por manchas o eflorescencias.

Los diafragmas entre vigas o en el interior de cajones tienen por misión rigidizar y aunar los trabajos estructurales de varios elementos. Deben mantenerse en perfecto estado sin ningún síntoma de fisuración o desacoplamiento.

Son privativos del hormigón pretensado los cajetines de anclaje de los tendones, sean estos longitudinales o transversales. Las zonas de anclaje son propensas a las formaciones de fisuras por las fuertes concentraciones tensionales. Puede haber fisuración longitudinal en vigas; en anclajes intermedios de vigas-cajón se suelen producir dos familias de fisuras que se prolongan por las almas. También los acopladores propician la formación de daños. Conviene recoger si los anclajes son susceptibles de futuros retesados o carecen de esta posibilidad.

Del tablero se debe reseñar la existencia de posibles grietas o fisuras, abombamientos, desprendimientos, estado superficial (armaduras vistas, meteorización, eflorescencias, etc.).

También es muy importante el estado y funcionamiento de las juntas.

Las zonas de apoyo pueden ser conflictivas si no han sido convenientemente proyectadas. Los apoyos a "media madera" como en las vigas "Gerber" y determinadas losas, a pesar de haber sido motivo de numerosos estudios teóricos y ensayos, muestran a veces fisuras por su deficiente dimensionado o armado. Se pueden sumar efectos causados por dispositivos inadecuados de apoyo, juntas no existentes o coaccionadas por cantos y saciadas. Es fundamental que existan en estas zonas un mantenimiento de limpieza adecuado y un buen drenaje y evacuación de aguas.

En lo referente a observaciones destaca, en caso de haber fisuración, el interés por el conocimiento de las posibles simetrías, antisimetrías o disimetrías de los mapas de fisuras, que pueden revelar claramente los orígenes del daño.

5.3. INSPECCION DE ELEMENTOS DE FABRICA DE PIEDRA, LADRILLO O BLOQUES DE HORMIGON (PUENTES DE FABRICA).

Se indicará el tipo o tipos de materiales básicos que serán:

- Elementos de piedra (Sillería, Mampostería en sus distintas modalidades: concertada, careada, etcétera).
- Elementos cerámicos (ladrillos, bloques).
- Bloques prefabricados de hormigón.

En la Figura 5, se señalan las zonas más interesantes que hay que observar durante la inspec-

ción. Algunos de los desperfectos más habituales son:

En Bóveda:

FISURACIONES Y GRIETAS. suelen estar localizadas sobre el intradós y trasdós de la bóveda o arco. Pueden ser longitudinales (paralelos al eje de la carretera), transversales (perpendiculares a dicho eje) o diagonales (oblicuas con relación al citado eje). Las fisuras longitudinales de bóveda se encuentran especialmente en la parte central del intradós y en las uniones del dicho intradós con las boquillas. Las boquillas del arco suelen realizarse con los materiales más selectos y mejor tallados con juntas mucho más cuidadas; a veces incluso son de diferente material, (Es frecuente la bóveda de ladrillo con boquillas de sillería de piedra) lo cual origina una deformabilidad diferencial acusada.

Las fisuras transversales de los arcos y bóvedas se encuentran, o bien claramente reflejadas en el intradós, o bien ocultas en el trasdós, mostrando su presencia en las boquillas. Hay que observar su manifestación y correspondencia en los dos flancos del puente. Estas fisuraciones suelen ser aproximadamente normales a la directriz del arco o bóveda, pudiendo llegar a extenderse hacia el tímpano.

Es fundamental detectar las posibles concurrencias entre fisuras, que puedan indicar un mecanismo de colapso.

La fisuración transversal puede tener varias

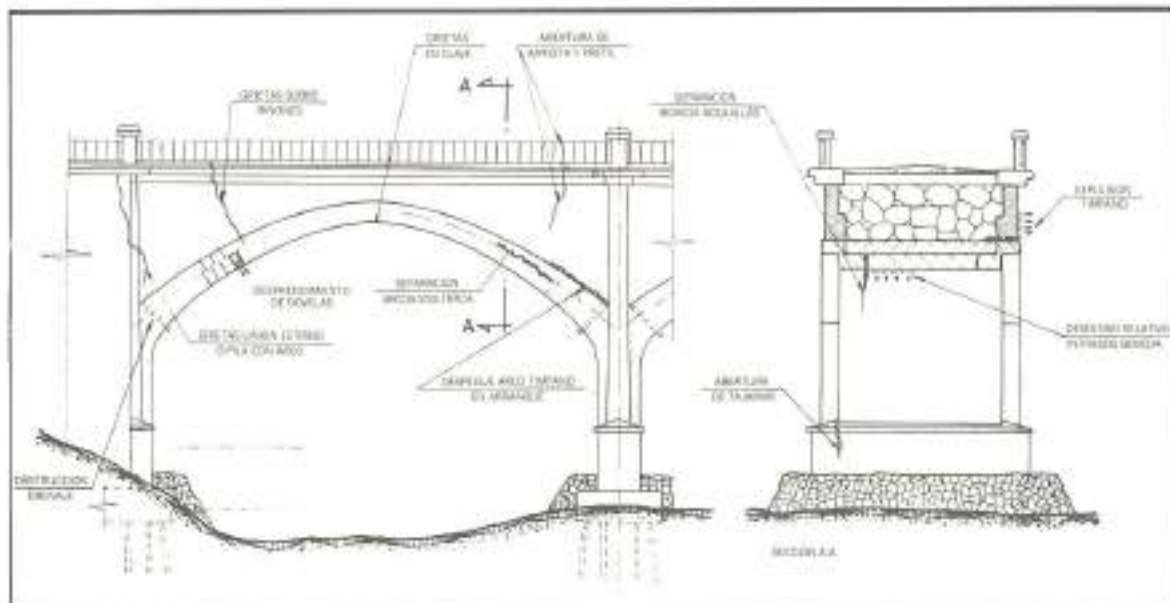


FIGURA 5. Zonas de inspección en la superestructura de fábrica. Defectos más frecuentes

motivaciones o combinaciones de ellas: Efectos térmicos, fenómenos diferidos como fluencia y retracción, excesiva deformabilidad de la bóveda, posibles movimientos de cedencia de la infraestructura.

HUNDIMIENTOS. En ciertas bóvedas pueden experimentarse desplazamientos de dovelas en el intradós. La progresión de dichos desplazamientos puede llevar a la pérdida de sillares con el consiguiente peligro para la estabilidad de la estructura. El origen de tales desperfectos puede ser la falta o ausencia de ligante unido a las alteraciones de signo en las sollicitaciones y las vibraciones inducidas por el tráfico. La vegetación puede también influir negativamente, introduciéndose por los huecos y actuando a manera de cuña.

FILTRACIONES Y EFLORESCENCIAS. En bóvedas y arcos de fábrica, los defectos de los materiales y los fallos de la estructura abren vías de filtración. Las filtraciones provocan problemas característicos como alteraciones y manchas en paramentos y juntas, despegaduras y desplomes. Suelen arrastrar finos, que se van depositando y que ocasionan presiones por hinchamiento.

ALTERACIONES DE PARAMENTOS. Las eflorescencias constituyen depósitos de sales que pueden deteriorar los paramentos de piedra y ladrillo por ataque químico. Las humedades propician las formaciones de musgos que también contribuyen al deterioro. Además las humedades en tiempo frío ocasionan desconchones al congelarse el agua embebida por capilaridad. Son especialmente propensas a este fenómeno las piedras porosas como areniscas y conglomerados, también los ladrillos.

En Típanos:

El típano suele reflejar las alteraciones de la bóveda. Por él se prolongan las fisuras que se originan en el trasdós. Otras veces, al ser un elemento muy rígido, detecta las pequeñas deflexiones o dilataciones de la bóveda sin que esta resulte afectada. Son bastante frecuentes (Ver Figura 6) las grietas verticales en la zona de riñones por dilataciones y contracciones debidas a cambios de temperatura del arco.

También se suelen producir en las uniones del típano con los estribos, en el caso de vanos laterales.

Hay grietas por esfuerzos rasantes entre típanos y boquillas. De ellas las más importantes son las provocadas por cizallamiento del típano hacia el exterior. Este fenómeno se conoce como descolgamiento o expulsión del típano.

La influencia negativa de un drenaje deficiente es clara sobre los típanos.

En Tajamares:

Los tajamares son en realidad componentes de las pilas y estribos, pero en el caso de puentes de fábrica forman un cuerpo único con bóvedas y tímpanos. Suelen ser zonas de posibles daños, habida cuenta de que son puntos muy castigados por las fuertes corrientes.

En Impostas:

La imposta tiene como función la protección del tímpano al tiempo que como viga realiza un atado monolítico de los elementos individuales del tímpano. Los agrietamientos de tímpano suelen manifestarse en las impostas donde pueden medirse con comodidad las aberturas de las fisuras. En caso de pretilas de fábrica u hormigón, la grieta se manifiesta asimismo en el pretil, que actúa como auténtico testigo de la misma. Se pueden medir abertura de fisura, movimientos relativos de labios, etc.

Una manifestación típica de grieta es sobre la zona de riñones del arco por efectos térmicos.

En Sistema de Drenaje:

Las circulaciones de agua y la acción de los agentes sobre todo en el caso de las superestructuras de fábrica, en perfecto funcionamiento.

Debe inspeccionarse si los drenes y mecinales no se encuentran obstruidos y muestran señales de buen funcionamiento (manchas secas de humedad, estalactitas de sales, etc.).

En Juntas y Uniones:

Las circulaciones de agua a la acción de los agentes atmosféricos en superficie o a través de los paramentos de la fábrica, provocan la desagregación de juntas por disolución química de los ligantes. Esta alteración puede venir acompañada de la caída de sillares ya indicada.

La proliferación de vegetación trepadora es causa de la degradación del mortero de las juntas.

Hay veces que las juntas dañadas ocasionan líneas de debilidad, que concentran tensiones abriendo sillares y mampuestos.

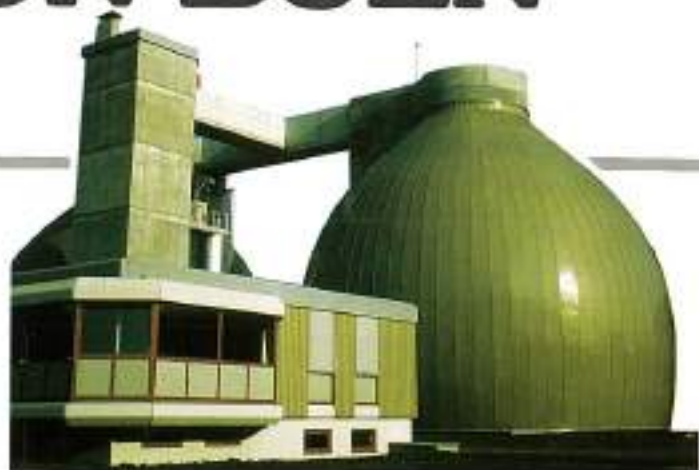
Otras observaciones:

Hay ciertas observaciones que, entre otras de posible interés, conviene recalcar. No hay que olvidar que un tramo de puente de este tipo suele tener dos planos de simetría verticales, que contienen respectivamente los ejes longitudinal y medio del vano. Se observarán por tanto las simetrías, antimetrías o disimetrías de las redes de fisuras. Los fenómenos de características uniformes como incrementos térmicos o retracción respetarán las simetrías respecto a ambos planos.

En cambio, una fisuración no simétrica, denotará la influencia preponderante de causas atribuibles a los extremos (Descenso de apoyo, giro extremo, etc.).

UN BUEN PROYECTO MERECE UN BUEN FINAL.

EQUIPOS E INSTALACIONES
PARA LA PROTECCION DEL
MEDIO AMBIENTE



El desarrollo de un buen proyecto precisa de unos medios técnicos y productivos que garanticen una buena finalización.

ATEINSA - Aplicaciones Técnicas Industriales, S.A., cuenta con modernos y potentes medios de producción y personal altamente cualificado que aseguran un

trabajo fluido y eficaz durante todo el proceso, desde el diseño hasta la entrega "llave en mano".

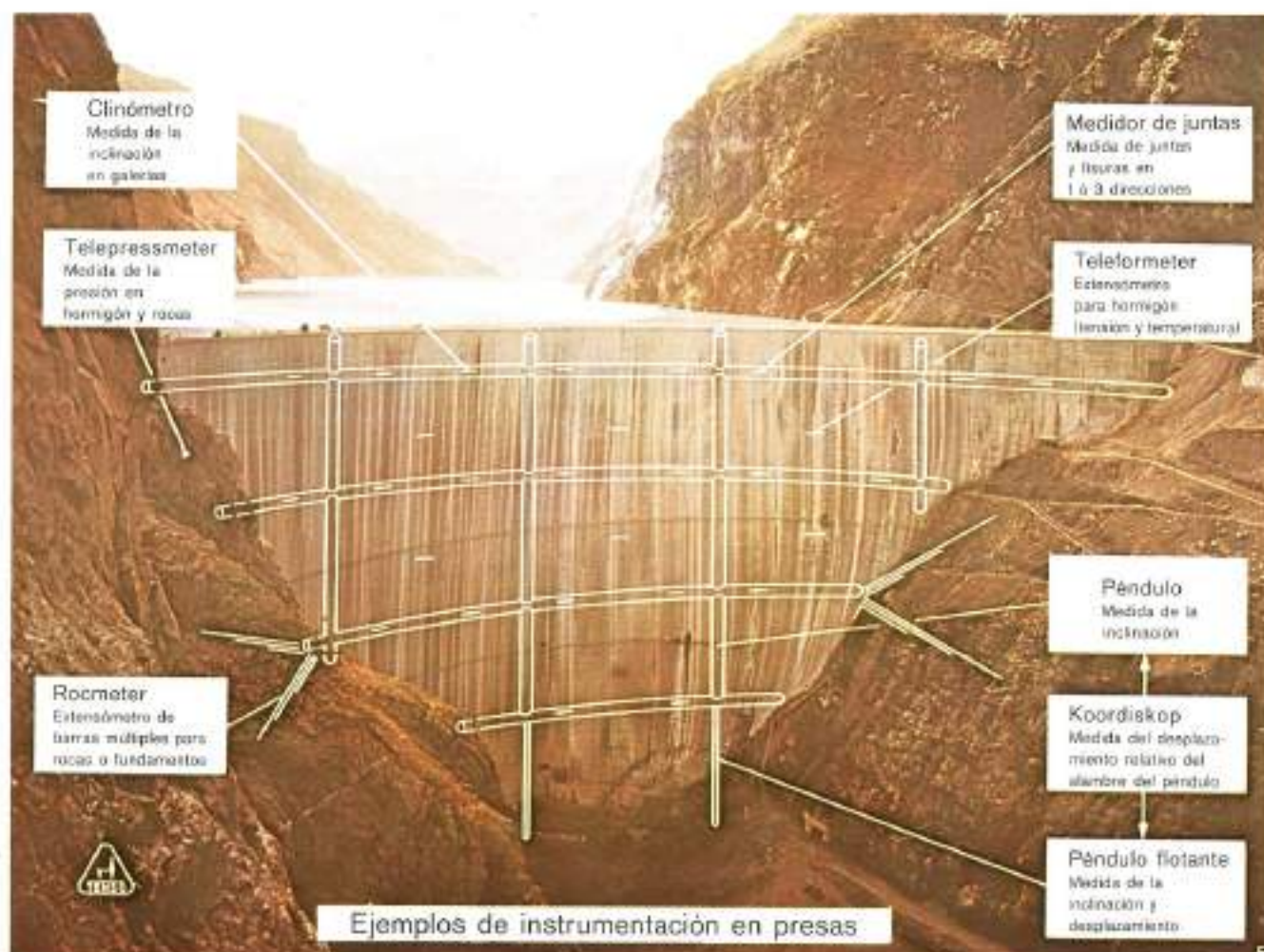
- Tamizados y pre-tratamientos.
- Aire-flotación.
- Tratamientos físico-químicos.
- Tratamientos biológicos.
- Digestión Anaerobia de lodos y residuos.
- Instalaciones de secado y manipulación de fangos.
- Plantas standard de bajo coste.
- Compactadora de residuos sólidos "TANA"



ATEINSA

APLICACIONES TÉCNICAS INDUSTRIALES, S.A.

Zurbano, 70 • Teléf. 419 95 50
Apartado 3276 • Telex 22055 ATI E
Telegr. ATEINSA • 28010 MADRID



HUGGENBERGER, S.A. Zurich

Instrumentos aparatos y equipos para supervisión en las construcciones y obras de ingeniería civil.

Tensiones, torsiones, inclinaciones, deformaciones, presiones, temperaturas, filtraciones; en presas de hormigón y tierra, estructuras, túneles, fundamentos, excavaciones y centrales nucleares.

Instrumentos mecánicos para medidas en rocas.

Más de 200 presas han sido equipadas en todo el mundo con instrumentos HUGGENBERGER.



Representante General para España:

**SANCHEZ-RAMOS
Y SIMONETTA • INGENIEROS S.A.**

CASA FUNDADA EN 1926

Gran Vía, 27 - 28013 Madrid
Apartado 1033
Teléfono: 521 46 45 - Telex: 23173

Badal 75, Entlo. 3.º
08014 Barcelona
Teléfono: 332 31 27

Las fisuraciones oblicuas o que se manifiestan únicamente en uno de los flancos significan sollicitaciones de torsión, giro transversal, descenso lateral de apoyo.

Los mapas de fisuración es conveniente incluirlos en los croquis que se acompañan en la ficha, cuando tengan suficiente relevancia. Se realizarán fotografías. Deberá medirse las anchuras de fisura en puntos suficientes para determinar la ley de variación de las mismas. Téngase en cuenta que un mapa de fisuras define claramente la red de isostáticas, localización de puntos duros y centros instantáneos de rotación, dando una concordancia muy reveladora con la nivelación realizada.

Hay que acompañar las observaciones correspondientes a faltas de alineación, desplomes, giros, defectos en la horizontalidad de las hiladas y líneas arquitectónicas verticales, etc.

6. INSPECCION DE LOS EQUIPAMIENTOS.

6.1. INSPECCION DE CALZADA Y ACERAS (PUENTES DE CARRETERA).

Se observarán y recogerán los posibles desperfectos existentes.

- Grietas y discontinuidades en la rodadura, fisuraciones superficiales.
- Deformaciones excesivas y permanentes (roderas).
- Desgaste excesivo del pavimento con peligro de deslizamiento para los vehículos.
- Deslizamiento del pavimento sobre el tablero por fallo en la adherencia.
- Baches, hundimientos, fallos en el terreno.
- Estado del pavimento de las aceras, trampillas y registros.
- Estado de los bordillos.

6.2. INSPECCION DE LAS JUNTAS DE DILATACION.

Las juntas de dilatación constituyen un punto delicado del puente.

- Despegues y fallos en el sistema de anclaje de la junta.
- Defectos en el funcionamiento (desplazamientos longitudinales o transversales insuficientes o impedidos).
- Irregularidades en el perfil vertical.

- Material de relleno deteriorado o arrancado (acero, neopreno o teflón).
- Ausencia de las juntas necesarias.

6.3. INSPECCION DEL SISTEMA DE DRENAJE.

La importancia del drenaje ha sido ya recalcada.

- Ausencia de un sistema de evacuación de aguas.
- Falta de pendiente transversal para la evacuación de aguas pluviales.
- Atascos y obstrucciones de rejillas, imbornales y drenes. Falta de mantenimiento y limpieza.
- Fallos en los sistemas de conducción interior, previa a la evacuación. Conviene si es posible regar o arrojar agua y observar su evolución.
- Fallos en la estanqueidad que se manifestarán por manchas de humedad, fugas, obstrucciones, etc.
- Ausencia de cunetas de guarda y torrenteras en los terraplenes adyacentes o defectos de colocación y posibles movimientos.

6.4. INSPECCION DE LOS ELEMENTOS DE SEGURIDAD (BALIZAMIENTO, ILUMINACION, ETCETERA).

- Defectos o roturas de elementos de los pretiles y barandillas. Corrosiones o mal estado de la pintura.
- Ausencia total o parcial de defensas. Mal estado de defensas por roturas y abolladuras.
- Señalización vertical incorrecta o deteriorada.
- Ausencia de balizamiento de obstáculos, gálibos limitados.
- Ausencia de iluminación.
- Mal estado de iluminación y sus elementos: focos, farolas.
- Conducciones eléctricas en mal estado o peligrosas para los peatones.
- Estado de otras posibles conducciones que tenga la obra, como agua potable, saneamiento, telefónicas, etc.
- Sistemas de fijación y anclaje.

6.5. INSPECCION DE BALASTO, TRAVIESAS Y VIA (PUENTES DE FERROCARRIL).

6.6. INSPECCION DE CATENARIA Y POSTES (PUENTES DE FERROCARRIL).