

---

---

# **SISTEMA DE ADMINISTRACION DE PUENTES (SIAP)**

**Instituto Mexicano del Transporte**  
**Secretaría de Comunicaciones y Transportes**

**Publicación Técnica No.49**  
**Querétaro, Qro. 1994**

---

**INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE  
SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES**

**Sistema de Administración de  
Puentes (SIAP)**

**Publicación Técnica No.49  
Querétaro, Gro. 1994**

---

---

Este trabajo ha sido elaborado en el Instituto Mexicano del Transporte, en la Coordinación de Capacitación Y Actualización Tecnológicas, por el Ing. Miguel Barousse Moreno y por el Ing. Amílcar Galindo Solórzano, perteneciente a la Dirección General de Proyectos, Servicios Técnicos y Concesiones. Se reconocen los comentarios de los Ingenieros Alfonso Rico Rodríguez y Tristán Ruíz Lang.

# Indice

---

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
<b>2. Antecedentes</b>	<b>5</b>
<b>3. Sistema de administración de puentes</b>	<b>9</b>
3.1 Organización central	9
3.2 Organización de campo	11
3.3 Inspecciones	11
3.3.1 Inspección de evaluación	12
3.3.2 Inspección detallada	13
3.4 Inventario	15
3.5 Evaluación	15
3.6 Niveles de servicio	18
3.6.1 Nivel de servicio para la capacidad de carga	19
3.6.2 Nivel de servicio para el ancho del puente	20
3.6.3 Nivel de servicio para el gálibo de puentes	20
3.7 Criterios de priorización	22
3.7.1 Deficiencia en la capacidad de carga (CC)	23
3.7.2 Deficiencia por el ancho del puente (AP)	25
3.7.3 Deficiencia por gálibo (G)	27
3.7.4 Deficiencia en la condición estructural (CE)	29
3.8 Indices de priorización	31

- 3.9 Definición de acciones	31
3.10 Análisis económico	34
<b>4. Sistema de cómputo</b>	<b>37</b>
4.1 Base de datos del SIAP	37
4.2 Datos generales	39
4.3 Datos geométricos	45
4.4 Datos de la estructura	51
4.5 Datos de operación	57
4.6 Datos de la inspección de evaluación	58
4.7 Datos de la condición	66
4.8 Datos de pruebas especiales	68
<b>5. Conclusiones</b>	<b>69</b>
<b>6. Bibliografía</b>	<b>71</b>
<b>APENDICE A</b>	

# **1. Introducción**

---

La modernización que se intenta realizar en todos los órdenes de la vida económica del país redundará en el incremento sustancial de las demandas de tránsito sobre las redes de transporte, por lo que tanto las carreteras como los ferrocarriles existentes deberán modificarse para adecuarlos al crecimiento de la demanda de transporte.

Los puentes son una parte importante del sistema de transporte del país y pueden ser puntos de estrangulamiento de la red si no están en condiciones adecuadas de servicio.

Numerosos puentes de la red nacional de carreteras presentan daños importantes como consecuencia de la acción agresiva de los agentes naturales y del crecimiento desmesurado de las cargas vivas.

El deterioro causado por los agentes naturales es común a todas las obras de ingeniería civil y es el resultado de un proceso mediante el cual la naturaleza trata de revertir el procedimiento artificial de elaboración de los materiales de construcción y llevarlos nuevamente a su estado original. De esta manera el concreto, piedra artificial formada por agregados pétreos unidos con cemento y agua, por efecto de los cambios de temperatura, el intemperismo y otros agentes, se agrieta, se desconcha y tiende a convertirse otra vez en arena, grava y cemento separados. Así mismo, el acero, formado por hierro con un pequeño agregado de carbono, es un material artificial inexistente en la naturaleza, que por efecto de la oxidación tiende a convertirse en un material más estable.

Por lo que se refiere a las cargas rodantes, el desarrollo tecnológico ha propiciado la aparición de vehículos cada vez más pesados, en respuesta a la demanda de los transportistas que encuentran más lucrativa la operación de vehículos de mayor peso; por otra parte, el mismo desarrollo económico se ha reflejado en un notable incremento del parque vehicular. En los últimos 35 años el número de habitantes y la longitud de la red se han triplicado, en tanto que el número de vehículos se ha multiplicado por veinticinco.

Una gran parte de nuestros puentes fueron calculados para la carga AASHTO H-15 con un peso total de 13.6 ton, en tanto que el camión tipo

T3-S3 autorizado por el reglamento de operación de caminos tiene un peso legal de 46 ton. y frecuentemente un peso ilegal hasta de 75 ton. Esta situación explica algunos de los daños en las estructuras de pavimentos y puentes por el aumento de las sollicitaciones mecánicas al aumentar el peso de las cargas rodantes y por la disminución de resistencia por efecto de la fatiga estructural ocasionada por la aplicación de esas cargas repetidamente. Sin embargo, atendiendo a la naturaleza dinámica de las cargas vivas, deberá estudiarse con más detalle el problema de capacidad estructural, tomando en cuenta las características del propio vehículo como son el tipo de suspensión, distribución de la masa, etc. así como las propiedades dinámicas del puente.

Otro aspecto importante de tomar en cuenta es lo que se refiere a la insuficiencia hidráulica y al estado de la cimentación desde el punto de vista de socavación, ya que estos problemas son las principales causas de colapsos de puentes.

Examinando con mayor atención la naturaleza de las causas que provocan los daños en los puentes, se desprende que son ineludibles. La acción agresiva de los agentes ambientales forma parte del marco de referencia en que la ingeniería debe desenvolverse y, tomando en cuenta que la infraestructura debe estar al servicio del transporte, la tendencia creciente del peso y número de los vehículos debe considerarse también componente obligada del citado marco de referencia. Por ésta razón, las entidades responsables de la operación de las redes de carreteras y ferrocarriles, deben considerar la conservación de los puentes como parte obligada de su quehacer a fin de mantener los niveles adecuados de seguridad y servicio de las estructuras.

Desafortunadamente existe un considerable rezago en la conservación de los puentes que se traduce en un deterioro creciente de su estado físico. Entre las razones que explican, pero no justifican ese rezago, pueden señalarse las siguientes:

- **Escasez de recursos.** La crisis económica en que estuvo inmerso nuestro país durante la década de los ochentas motivó un considerable descenso del gasto público y una desafortunada minimización de recursos disponibles para la conservación. Por el contrario, la crisis económica pudo

considerarse motivo para conservar con mayor esmero la infraestructura existente, que, de destruirse, sería difícil de restituir por la propia escasez de recursos.

- **Preferencia a la estructura térrea.** Los limitados recursos asignados a la conservación de la red, se han canalizado en el pasado fundamentalmente a la atención de la estructura térrea (terracerías y pavimentos), debido a que los materiales que la conforman son más vulnerables que los predominantes en los puentes, lo que motiva daños más extensos, más notorios y más frecuentes. Los materiales de los puentes, son ciertamente más durables, pero no son eternos y su falta de conservación puede destruirlos, ocasionando cuantiosas pérdidas económicas e interrupciones totales del tránsito.

- **Impopularidad de la conservación.** El crecimiento demográfico, el acceso de grupos cada vez mayores a mejores niveles de vida y la urbanización creciente, generan una gran demanda de diversas obras nuevas de infraestructura, ante las cuales la conservación de las obras existentes resulta una tarea poco atrayente para la sociedad y sus dirigentes y queda, por lo tanto, en desventaja en la competencia por la asignación de recursos.

- **Carencia de cultura de conservación.** En una sociedad subdesarrollada existe poca conciencia sobre la necesidad de conservar las obras tanto públicas como privadas. Podría decirse que el índice del desarrollo social de una nación se obtiene en función de la proporción de recursos asignados a la conservación respecto al gasto total en construcción.

Aunque por su longitud los puentes representan una porción pequeña de la red, constituyen eslabones vitales que garantizan la continuidad del funcionamiento de toda ella. Su colapso ocasiona frecuentemente pérdidas de vidas y cuantiosos daños económicos, tanto por la destrucción de la obra como por la interrupción o demora de la operación. Su reconstrucción plantea a menudo complejos problemas de ingeniería. Constituyen además obras que cautivan la atención del público, por lo que su falla ocasiona un detrimento en la credibilidad o en el prestigio de las entidades responsables. Por estas razones, conservarlos es una necesidad esencial.



## **2. Antecedentes**

En los más de 40,000 km de la red federal de carreteras existen aproximadamente 5,000 puentes con una longitud del orden de 200 km, que presentan una inversión superior a los 8,000 millones de nuevos pesos. De acuerdo con los resultados de numerosos estudios realizados en todo el mundo, un nivel mínimo recomendable de inversión para la conservación de estructuras viales es el 2% de la inversión inicial. Lo que conduce a definir un presupuesto anual de 160 millones de nuevos pesos como el mínimo necesario para la conservación de esas obras. Desafortunadamente, durante muchos años por las razones mencionadas, los presupuestos asignados fueron nulos o mucho menores a la cifra señalada, lo que ha propiciado una grave acumulación del deterioro. En una evaluación reciente de los puentes de la red federal se estimó que aproximadamente en 3,000 de ellos, el 60% del total, se requerían acciones importantes de rehabilitación. Obviamente, los presupuestos anuales para estas acciones, al incluir tareas de reparación y reforzamiento, son mucho mayores que la cifra arriba señalada, que se refiere únicamente a acciones preventivas y no correctivas.

Es oportuno mencionar que el problema planteado no es exclusivo de México, sino que existe en numerosos países, quizás en todos, y con mayor agudeza en los países más desarrollados que tienen infraestructuras viales más extensas y más antiguas. En los Estados Unidos, por ejemplo, existen en la red federal de carreteras 574,000 puentes, de los cuales 200,000 deben reemplazarse o reforzarse por obsolescencia funcional o por insuficiencia estructural, a un costo de 50,000 millones de dólares, que se invertirán en un lapso de 20 años.

Adicionalmente, en Francia los 6,700 puentes de la red principal de carreteras requieren una inversión anual de 40 millones de dólares durante 20 años. De esta inversión, un tercio se destinará a acciones preventivas de mantenimiento y dos tercios a la rehabilitación o reemplazo del 25% de estas obras.

A pesar de que la construcción y administración institucional de puentes carreteros en México empieza en 1925 con la fundación de la Comisión Nacional de Caminos, fue en 1982 cuando se iniciaron acciones administrativas que consideran el problema global de la conservación de puentes. Antes de esa fecha sólo se emprendían acciones dispersas diferidas a casos puntuales, que en su mayor

colapsados por socavación durante los temporales y que sólo raras veces constituían verdaderas acciones preventivas de conservación, como la renovación de la pintura de estructuras metálicas.

En 1982 se levantó un inventario de los puentes de la red federal que incluyó una evolución de sus condiciones. Este documento constituye un esfuerzo importante de la Dirección General de Construcción y Conservación de Obra Pública para el control de las estructuras viales a su cargo. Posteriormente, se establecieron Residencias de Conservación de Puentes en la mayor parte de los Estados y se llevaron a cabo numerosas obras de reparación y modernización de puentes, con inversiones crecientes a precios reales año con año. Similares esfuerzos han sido realizados en la última década por el organismo Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos, por el Departamento del Distrito Federal y por la empresa Ferrocarriles Nacionales de México, para atender los puentes a su cargo. Estas tareas fueron en buena parte impulsadas por la ocurrencia de algunos colapsos de puentes, causados tanto por sobrecargas excesivas como por el mal estado físico de las obras.

Por lo expuesto, resulta evidente que la conservación de los puentes presenta ahora un avance considerable respecto a la situación que se tenía hace diez años. Sin embargo, para consolidar los esfuerzos realizados y orientar adecuadamente las tareas futuras, se estima conveniente que cada una de estas dependencias implante un sistema de administración para la conservación de los puentes a su cargo.

Por otra parte, es importante señalar que existen numerosos puentes que se encuentran desprotegidos porque las entidades que los administran, quizás fundamentalmente por la carencia de recursos, no han realizado acciones sustantivas para su conservación y rehabilitación. Se trata de los puentes de las redes estatales de caminos alimentadores y de los puentes de los caminos rurales. Aunque estos puentes soportan en general volúmenes de tránsito mucho menores que los de la red troncal, muchos de ellos tienen una gran antigüedad y un deterioro severo como consecuencia de una escasa o nula conservación, por lo que constituyen un grave peligro para la seguridad pública. A estas obras desprotegidas deben sumarse muchos puentes dispersos por todo el país, construidos por municipios de escasos recursos o por particulares,

que constituyen un peligro peor, ya que en muchos casos, a un deficiente estado de conservación, suman una condición original defectuosa por haber sido diseñados y construidos con graves carencias de tecnología.

Para todas estas obras es urgente implantar programas de conservación similares a los emprendidos por las entidades mayores mencionadas arriba y protegerlos con sistemas de administración de la conservación que podrían tener por alcance el territorio de cada una de las Entidades Federativas. Aunque es evidente que las pequeñas obras municipales y rurales, por su aislamiento y lejanía, quedan mejor vigiladas y conservadas por las autoridades locales, se estima conveniente que el sistema de administración quede a cargo de los Gobiernos de los Estados, para que proporcionen el necesario apoyo técnico y económico.



### **3. Sistema de administración de puentes**

En una publicación reciente del Banco Mundial (1) destinada a servir como guía para la implantación de sistemas de administración de puentes en países en desarrollo, se define a un sistema de este tipo como, "*un conjunto de elementos administrativos y organizacionales, normas y procedimientos implantados por una institución para organizar, realizar y supervisar todas las actividades relacionadas con los puentes a su cargo después de la puesta en servicio de éstos*".

Los objetivos generales del sistema son los siguientes:

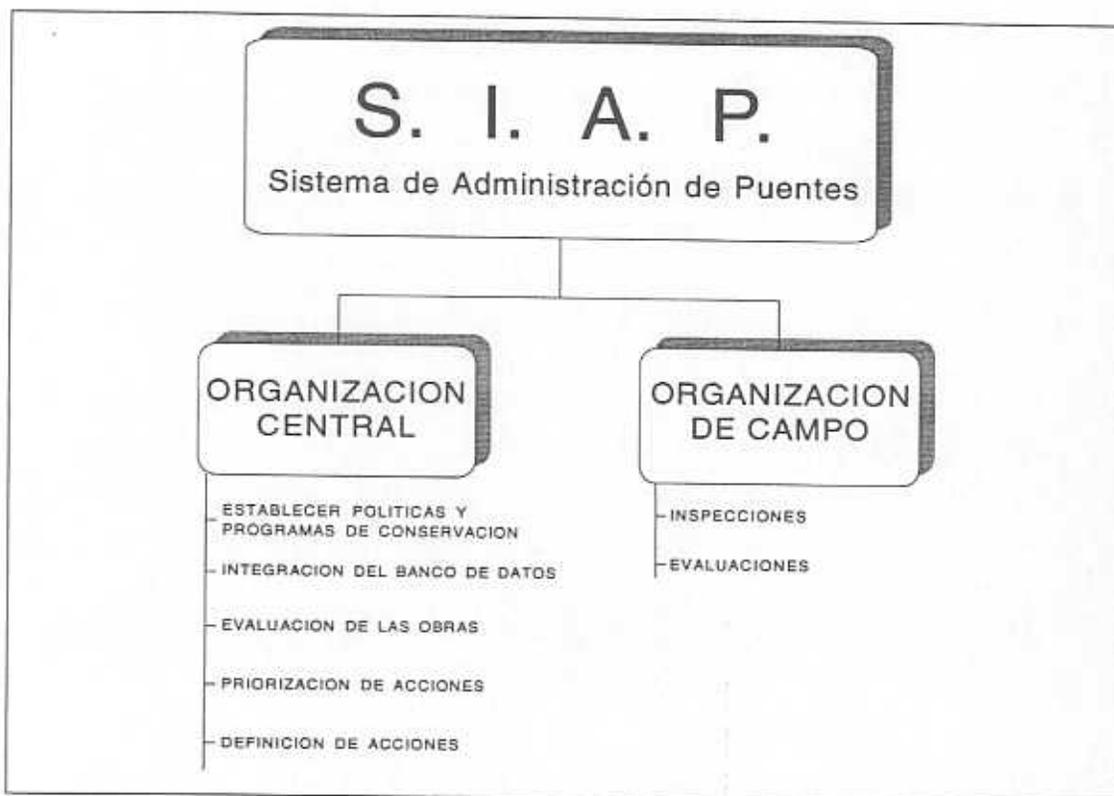
- Garantizar la seguridad de los usuarios.
- Proteger la inversión patrimonial.
- Predecir con suficiente anticipación el monto de los recursos necesarios para la conservación y rehabilitación de las obras.
- Garantizar la continuidad y la calidad del servicio.
- Optimizar la aplicación de los recursos disponibles.
- Generar una base de datos con el inventario y la información de las inspecciones de puentes.

Por lo que se refiere a los puentes carreteros de la red federal, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes cuenta con todos los elementos administrativos y organizacionales que permiten la pronta implantación del sistema propuesto a través de la estructura existente en los Centros SCT y en las Dependencias Centrales, requiriéndose únicamente el fortalecimiento de algunos recursos específicos necesarios para la operación del sistema (figura 3.1). A continuación se describen algunas necesidades en cuanto a normas y procedimientos a establecer.

#### **3.1. Organización central**

Dentro del sistema propuesto se requiere que la toma de decisiones sobre las acciones de conservación de los puentes tenga lugar en una organización central que deberá además supervisar la ejecución de los trabajos. Estas tareas no pueden estar a cargo de la organización de campo, porque deben realizarse considerándose la operación global de la red y no únicamente las circunstancias particulares de cada caso. Para los puentes de la red federal de

carreteras esta organización será en primera instancia el centro SCT en cada estado y en segunda, las dependencias centrales.



**FIGURA 3.1.- Organización institucional propuesta por el SIAP.**

Las actividades centralizadas dentro del sistema propuesto son las siguientes:

- Establecer políticas y programas de conservación.
- Integración del banco de datos.
- Evaluación de las obras.
- Definición de acciones.
- Priorización de acciones.

La organización central será la responsable de integrar un expediente para cada puente conteniendo los siguientes documentos:

- Estudios previos: topográficos, hidráulicos, geotécnicos, de ingeniería de tránsito, etc.
- Memorias de cálculo y planos estructurales.
- Datos de construcción: contratos, modificaciones al proyecto, control de calidad, etc.
- Reportes de accidentes.
- Datos sobre reparaciones o reforzamientos, incluyendo costos.

Los expedientes deben agruparse por tramo, carretera y por red, para conformar un archivo ordenado que permita la recuperación rápida de la información.

### **3.2. Organización de campo**

Dentro del sistema se requieren organismos que realicen directamente las tareas de campo. En el caso de la red federal de carreteras, los organismos responsables deben ser las Residencias de Construcción de Puentes, auxiliadas en lo conducente por las Unidades Generales de Proyectos, Servicios Técnicos y Concesiones. Las tareas a realizar por estas dependencias dentro del sistema son las siguientes:

- Inspecciones.
- Evaluaciones.

### **3.3. Inspecciones**

Mediante un programa de inspecciones sistemáticas se obtendrán los datos necesarios para la detección y evaluación de daños, así como para la toma de decisiones sobre mantenimiento, reparación, refuerzo o sustitución de los puentes.

En las inspecciones deberán considerarse únicamente los daños graves, tales como :

- Socavación,
- Grietas y asentamientos en la subestructura,
- Daños en dispositivos de apoyo,
- Grietas en la superestructura,
- Flechas, desplomes y hundimientos,
- Golpes,
- Daños en juntas de dilatación,
- Corrosión.

Dentro de este sistema se sugiere que se realicen dos tipos de inspecciones; una de evaluación y la otra detallada.

### **3.3.1. Inspección de evaluación**

Debe realizarse por personal especializado en puentes y adiestrado para la identificación y evaluación de daños. La brigada de inspección debe estar formada por lo menos por tres técnicos y uno de ellos debe ser ingeniero. El personal contará con un equipo mínimo y la inspección será fundamentalmente visual. La época más recomendable para realizar esta inspección es al término de la temporada de lluvias, cuando la disminución de los niveles de agua facilita el acceso bajo las obras y cuando están frescos los indicios de socavación, principal causa de colapsos.

Al término de la inspección de evaluación, el jefe de la brigada procederá a una calificación global de la obra. En virtud de la escasez de información y de la superficialidad de la inspección, no es posible adoptar un sistema cuantitativo sofisticado de calificación, por lo que en forma práctica se recomienda que la superestructura, subestructura, superficie de rodamiento y cimentación (socavación), se califiquen en alguno de los niveles mostrados en la tabla 3.1, se deberá asignar una calificación a cada concepto, es decir una sola calificación para la subestructura, otra para la superestructura, otra para la superficie de rodamiento y otra para la cimentación.

Para la ejecución de estas inspecciones se recomienda utilizar las siguientes publicaciones de apoyo:

- Catálogo de deterioros, el cual servirá para ayudar en la calificación del puente.
- Formatos para la inspección del puente, el cual estará de acuerdo con el sistema de cómputo y servirá para proporcionar fichas de captura.
- Guía para la Inspección y Conservación de Puentes. Esta es una publicación que tiene la SCT, que es traducción de una publicación de la AASHTO.

En el apéndice A se muestra el formato para este tipo de inspección.

NIVEL	DESCRIPCION
5	CONDICION EXCELENTE
4	CONDICION BUENA
3	CONDICION ACEPTABLE
2	CONDICION REGULAR
1	CONDICION MALA O DEFECTUOSA
0	CONDICION DE FALLA

**TABLA 3.1.- Niveles para la calificación de puentes.**

### 3.3.2. Inspección detallada

Debe realizarse en aquellos puentes que hayan tenido una calificación inferior a 3 durante la inspección de evaluación. Esta segunda inspección la realizará personal especializado en puentes, procedente de oficinas centrales o regionales y tendrá por objetivo ratificar o rectificar la calificación preliminar. Para ello deberá contarse con equipos que permitan el acceso a todas las partes del puente y la medición cuantitativa de las respuestas de la estructura con precisión suficiente.

Entre las actividades a realizar se incluyen el levantamiento geométrico de la estructura, la determinación de la naturaleza y extensión de los daños y la realización de diversos estudios que permitan determinar la causa y mecanismo de propagación de los daños; para lo cual es necesario utilizar equipos desarrollados por la tecnología mundial para la observación de obras. Dada la extensión y complejidad de estos trabajos y el alto grado de responsabilidad profesional que implican, es recomendable que se realicen con el apoyo de empresas especializadas de consultoría, contratadas para este efecto. En la figura 3.2 se muestra un resumen de la metodología propuesta por el SIAP para llevar a cabo las inspecciones.



**FIGURA 3.2.- Organización institucional de las inspecciones.**

### **3.4. Inventario**

El inventario debe incluir exclusivamente datos de carácter casi permanente, útiles para tomar decisiones básicas y no para decisiones de ingeniería. Deben separarse de la forma del inventario las cuestiones referentes a la detección y evaluación de daños.

Es recomendable que todos los puentes de la red sean identificados con un solo nombre y un solo número, colocado físicamente en el sitio con señales informativas en ambos extremos de la obra. El sistema de cómputo genera un número de inventario formado por la abreviatura del estado, el número de puente y las iniciales de la entidad responsable del puente.

En el capítulo 4 se hace una descripción detallada de los datos que forman el inventario y en el apéndice A se muestra el formato de campo correspondiente.

### **3.5. Evaluación**

La evaluación del puente debe incluir dos aspectos; por un lado, evaluar sus características resistentes actuales y previsibles en un futuro próximo y, por otro, que señale cuales son sus características funcionales, destacando el tipo de trazo en que está inscrito el puente, su ancho de calzada, su gálibo y su sección hidráulica entre otros.

Estas propiedades de resistente y de funcionalidad, deben compararse con las características mínimas aceptables o deseables que debe tener un puente para que cumpla su función dentro de la red vial. Los valores mínimos deseables y aceptables se definen en el punto 3.6. de este trabajo.

Para obtener la capacidad resistente de un puente existen dos procedimientos; el primero, consistente en la elaboración de un análisis estructural utilizando un modelo lo más apegado a la geometría del puente. Un problema que se presenta en este procedimiento es la determinación de los parámetros de rigidez y resistencia para el nivel de deterioro que tenga el puente. El segundo procedimiento consiste en

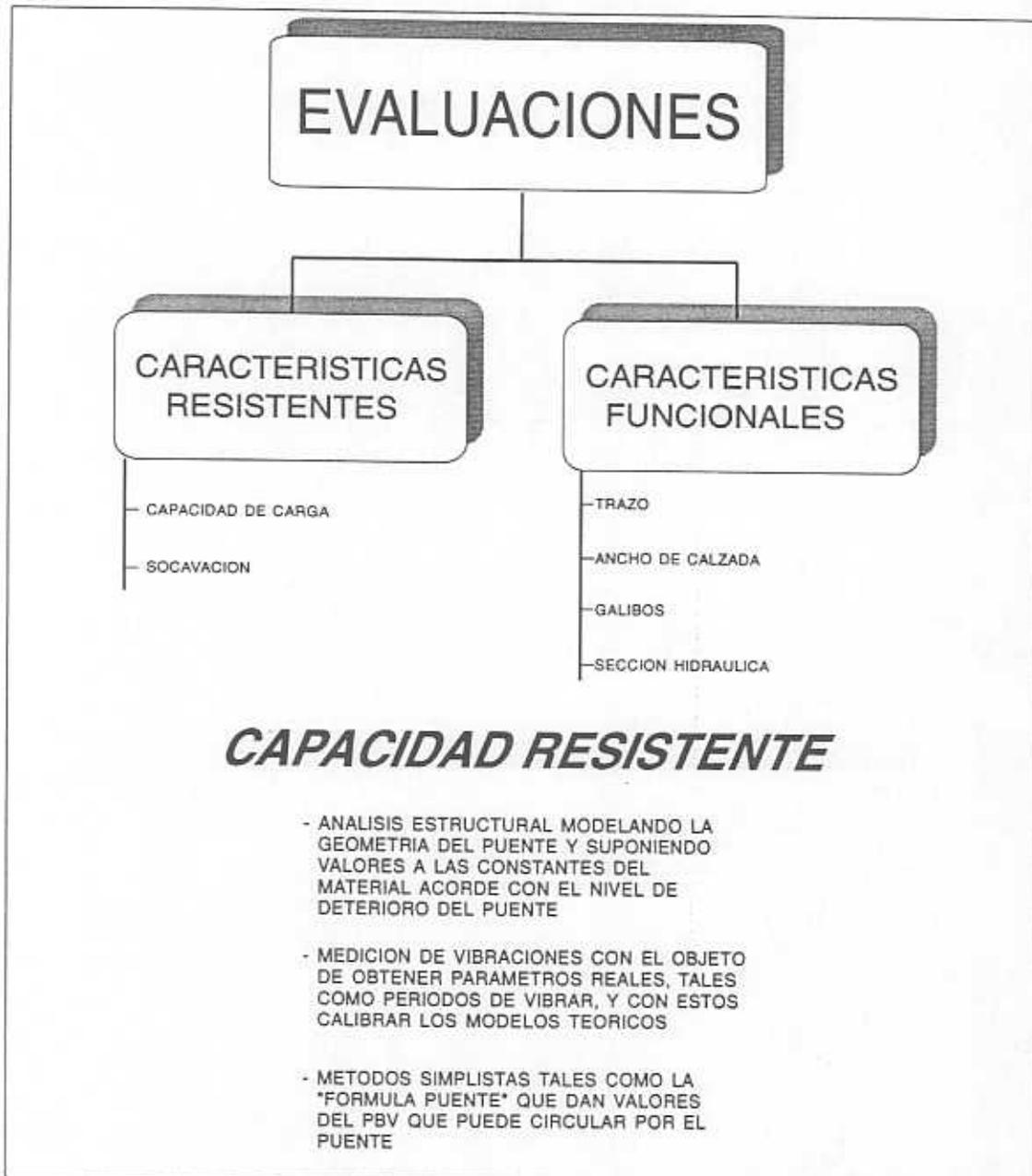
obtener las características dinámicas (modos de vibración, amortiguamiento y frecuencias) reales a partir de la medición de vibraciones. Estas técnicas se están utilizando cada vez más, ya que constituyen un procedimiento más confiable de evaluación estructural y, además, los procedimientos y equipos necesarios son cada vez más sencillos.

En este sistema se deja abierta la posibilidad de que en el futuro la capacidad resistente se obtenga mediante medición de vibraciones; por ahora este aspecto sólo se manejará mediante una calificación de la condición estructural que se otorgue a las diferentes partes del puente.

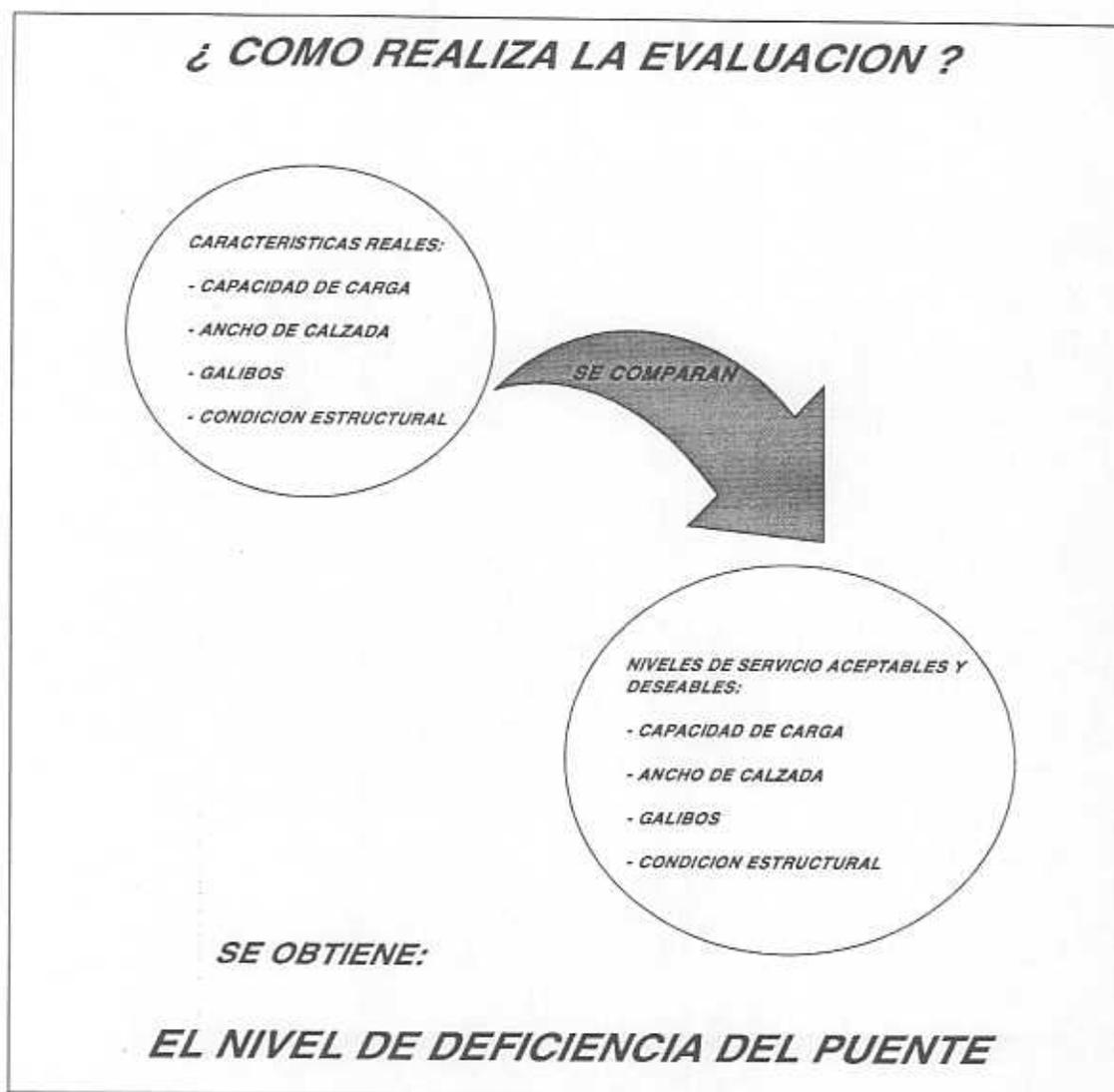
En lo que se refiere a la evaluación de los aspectos funcionales, ésta se hará comparando los datos actuales de ancho y gálibos con los definidos como mínimos deseables o aceptables en los niveles de servicio. En las figuras 3.3 y 3.4 se presenta esquemáticamente la manera en que el SIAP lleva a cabo las evaluaciones de los puentes.

En la figura 3.3 se describen los dos aspectos ya mencionados para evaluar los puentes incluidos en el SIAP, éstos son: características resistentes y características funcionales. El SIAP considera en los aspectos de resistencia, la capacidad de carga y la socavación y, en los aspectos funcionales, el trazo, el ancho de calzada, los gálibos y la sección hidráulica.

En la figura 3.4, se muestra la comparación que realiza el SIAP, entre las características reales y las deseables, para obtener el nivel de deficiencia del puente, el cual junto con los aspectos financieros servirá para realizara trabajos de priorización de las acciones de conservación.



**FIGURA 3.3.- Sistema de evaluación de los puentes propuesta en el SIAP.**



**FIGURA 3.4.- Esquema general de evaluación de los puentes en el SIAP.**

### **3.6. Niveles de Servicio**

Como ya se mencionó, los niveles de servicio constituyen el marco de referencia para poder establecer si un puente tiene las características funcionales y de resistencia adecuadas para la operación del transporte dentro del sistema vial.

Los niveles de servicio son definidos para la capacidad de carga, el ancho del puente y los gálibos.

### 3.6.1 Nivel de servicio para la capacidad de carga

Por capacidad de carga se entiende como la máxima carga a la que el puente puede ser sometido sin afectarlo estructuralmente. En este sistema se utilizará el peso total del vehículo de diseño a menos que se calcule otro valor utilizando algún procedimiento más refinado.

Para definir los niveles de servicio para la capacidad de carga, es necesario establecer el peso de los vehículos que circulan por la red carretera. En el reglamento reciente sobre pesos y dimensiones, el peso bruto vehicular permitido se da en función del daño a pavimentos y a puentes, y con base en éstos y en los estudios sobre pesos y dimensiones que realiza este Instituto, se definieron los valores aceptable y deseable para el sistema. Los valores propuestos se muestran en la tabla 3.2.

La clasificación de las carreteras utilizada es la siguiente:

- Carretera A.- Son aquellas que por sus características geométricas y estructurales permiten la operación de todos los vehículos autorizados por el reglamento de pesos y dimensiones de la SCT.
- Carretera B.- Son aquellas que conforman la red primaria y que atendiendo a sus características geométricas y estructurales presta un servicio de comunicación interestatal, además de vincular el tránsito con la red de carreteras tipo A.
- Carretera C.- Red secundaria; son carreteras que atendiendo a sus características geométricas y estructurales principalmente prestan servicio dentro del ámbito estatal con longitudes medias, estableciendo conexiones con la red primaria.
- Carretera D.- Red alimentadora; son carreteras que atendiendo a sus características geométricas y estructurales

principalmente prestan servicio dentro del ámbito municipal con longitudes relativamente cortas, estableciendo conexiones con la red secundaria.

NIVEL DE SERVICIO PARA LA CAPACIDAD DE CARGA		
Clasificación de la carretera	Capacidad en toneladas	
	Aceptable	Deseable
A	69.52	77.51
B	69.52	77.51
C	46.03	46.03
D	41.54	41.54

**TABLA 3.2.- Nivel de servicio para la capacidad de carga de puentes.**

### 3.6.2 Nivel de servicio para el ancho del puente

En este sistema el ancho del puente corresponde al ancho libre para que los vehículos circulen sin obstáculos. Los niveles de servicio deseados para el ancho del puente se muestran en las tablas 3.3 y 3.4.

### 3.6.3 Nivel de servicio para el gálibo de puentes

El gálibo vertical de puentes corresponde a la altura libre para que los vehículos circulen. En un puente se pueden presentar dos tipos de gálibos que llamaremos gálibo superior y gálibo inferior. El gálibo superior corresponde a impedimentos para circular que estén por arriba del puente como pueden ser la cuerda superior en puentes a base de armaduras o bien algún tipo de señalamiento. El gálibo inferior y el gálibo inferior cuando el puente es cruzado por debajo por una ruta. El nivel de servicio para los gálibos superior e inferior en puentes se muestra en la tabla 3.5.

NIVEL DE SERVICIO PARA EL ANCHO DE PUENTES DE DOS CARRILES			
Clasificación funcional del camino	Rangos de Volumen TPDA	Ancho en metros	
		Aceptable	Deseable
A	TPDA ≤ 3,000	9.00	10.00
	3000 - 5000	10.00	11.00
	> 5000	12.00	13.50
B	TPDA ≤ 1500	9.00	10.00
	1500 - 3000	8.00	9.00
C y D	TPDA ≤ 50	4.00	5.00
	50 - 1500	4.00	5.00

**TABLA 3.3.- Nivel de servicio para el ancho de puentes de dos carriles.**

NIVEL DE SERVICIO PARA EL ANCHO DE PUENTES CON MAS DE DOS CARRILES					
Tipo de carretera	TPDA	Ancho en metros			
		Aceptable carril	acot.	Deseable carril	acot.
A	TPDA ≤ 3000	4.50	0.50	4.50	1.50
	3000 - 5000	4.50	1.50	5.00	1.50
	TPDA > 5000	5.00	1.50	5.70	2.50

**TABLA 3.4.- Nivel de servicio para el ancho de puentes de más de dos carriles.**

NIVEL DE SERVICIO PARA EL GALIBO DE PUENTES		
Clasificación del camino	Gálibo en metros	
	Aceptable	Deseable
A	5.40	5.60
B	5.00	5.20
C y D	4.40	4.80

**TABLA 3.5.- Nivel de servicio para el gálibo en puentes.**

### 3.7. Criterios de Priorización

Un criterio de priorización es un procedimiento en el cual se toman en cuenta aspectos funcionales y estructurales para establecer prioridades de acción en la conservación de los puentes.

El criterio de priorización propuesto para este sistema, está basado en los trabajos desarrollados por la Federal Highway Administration y algunos departamentos de transporte en los Estados Unidos de Norteamérica, pero se adecúa a las necesidades de los puentes en México.

Para el sistema de priorización se establece una calificación a la que llamaremos el nivel de deficiencia del puente (ND), el cual se mide de 0 a 100, donde cien es para puentes en perfecto estado y cero para aquellos puentes que requieren acciones urgentes de conservación. Se califican cuatro aspectos: capacidad de carga (CC), ancho del puente (AP), gálibos (G) y la condición estructural del puente (CE). La calificación se obtiene con la siguiente fórmula:

$$ND = 100 - ( CC + AP + G + CE )$$

A continuación se presenta el procedimiento para calcular cada una de las variables de la fórmula anterior.

### 3.7.1. Deficiencia en la capacidad de carga (CC).

La fórmula para calcular el nivel de deficiencia correspondiente a la capacidad de carga, se define como:

$$CC = 40 \left[ 1 - \frac{1}{5} (NC - CR)(0.6K_1 + 0.4K_2) \right] \leq 40$$

$$K_1 = \frac{(TPDA)^{0.30}}{12}$$

$$K_2 = \left( \frac{LD}{20} \right) \left( \frac{TPDA}{5000} \right)$$

Donde:

- NC, es el nivel de servicio para la capacidad de carga definido en la tabla 3.2, en ton.
- CR, capacidad de carga del puente en ton. Si no se cuenta con un valor más preciso se podrá usar el correspondiente al peso total del vehículo utilizado en el proyecto.
- TPDA, tránsito promedio diario anual.
- LD, distancia que un vehículo tendría que recorrer en caso de falla del puente, en Km.

Esta fórmula presupone que el costo del transporte se incrementa linealmente con la deficiencia en la capacidad de carga del puente; además se introdujo un término no lineal que toma en cuenta el deterioro del puente por el paso de vehículos con exceso de carga. En la figura 3.5

se muestra una gráfica de CC para diferentes valores de deficiencia en capacidad de carga (NC - CR) considerando una longitud de desvío de 20 kms. En la gráfica se puede apreciar que entre mayor sea la deficiencia en capacidad de carga y mayor el tráfico será menor el valor de CC.

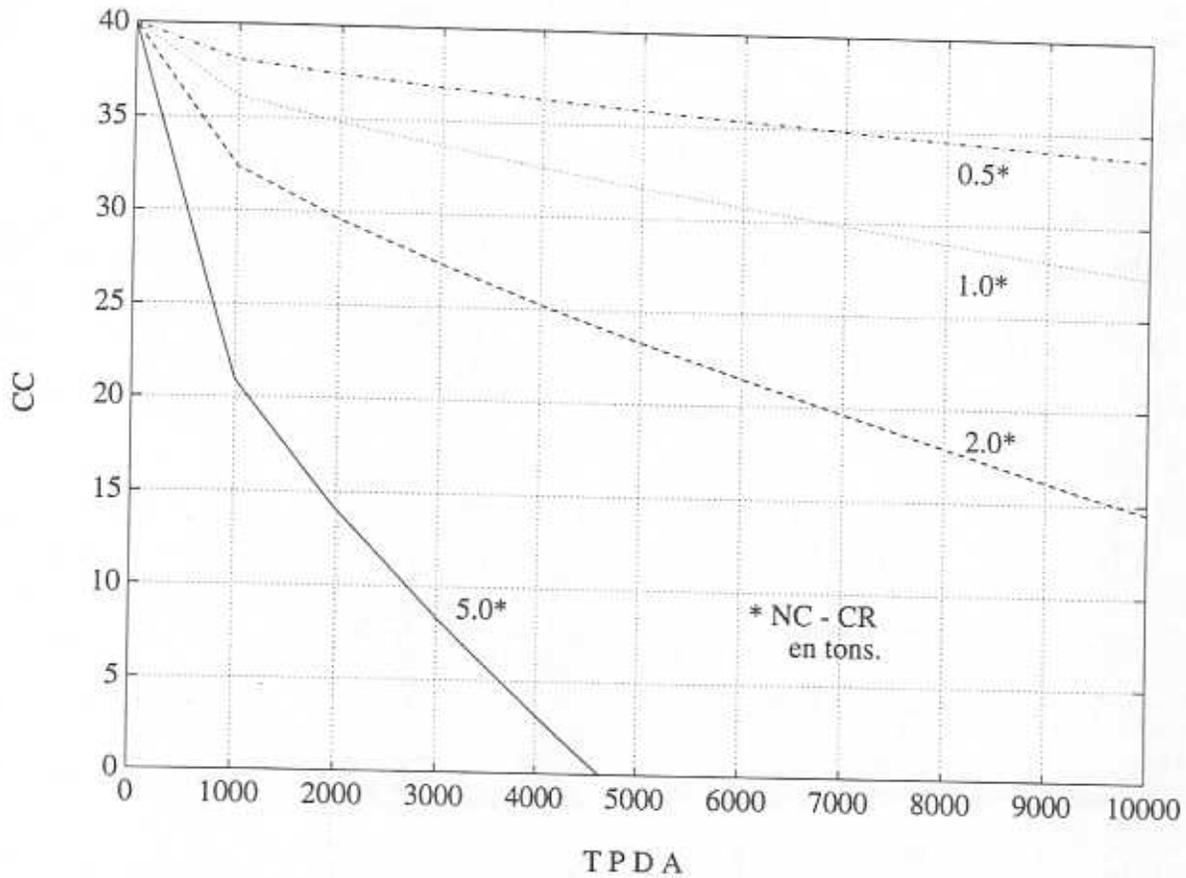


FIGURA 3.5.- Gráfica de CC contra TPDA para diferentes valores de NC-CR.

### 3.7.2 Deficiencia por el ancho del puente (AP)

La fórmula para el cálculo de la deficiencia por el ancho del puente es la siguiente:

$$AP = 10 \left( 1 - (AD - AR) \left( \frac{TPDA}{5000} \right) \right) \leq 10$$

Donde :

AD, ancho total deseado del puente, en metros.

AR, ancho real del puente, en metros.

TPDA, tránsito promedio diario anual.

La deficiencia por el ancho del puente está en función del TPDA. La función es lineal y en ella se considera que el número de accidentes y los costos se incrementan linealmente con el TPDA y la deficiencia en el ancho del puente. En la figura 3.6 se muestra una gráfica de esta ecuación para diferentes valores de (AD - AR) en la que se puede observar igual que en el caso anterior que entre mayor sea el nivel de deficiencia menor será el valor de AP y por lo tanto peor la calificación del puente.

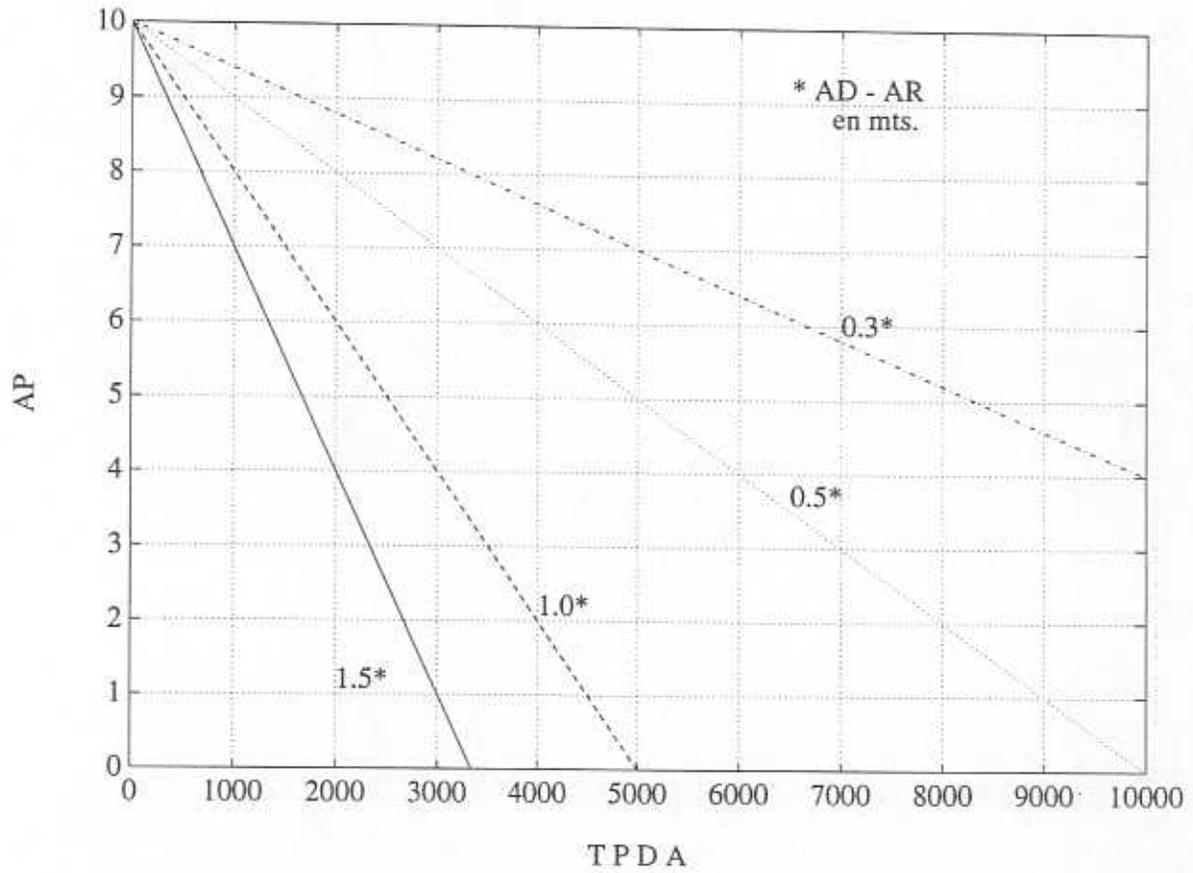


FIGURA 3.6.- Gráfica de AP contra TPDA para diferentes valores de AD-AR.

### 3.7.3 Deficiencia por gálibos (G)

La fórmula para el cálculo de la deficiencia por gálibo esta dada por:

$$G = ( GI + GS ) \leq 10$$

$$GI = 10 \left( 1 - \left( \frac{GID - GIR}{0.6} \right) \left( \frac{TDPA}{5000} \right) \right)$$

$$GS = 10 \left( 1 - \left( \frac{GSD - GSR}{0.6} \right) \left( \frac{TDPA}{5000} \right) \right)$$

Donde :

- GID, gálibo inferior deseado, en metros.
- GIR, gálibo inferior existente, en metros.
- GSD, gálibo superior deseado, en metros.
- GSR, gálibo superior existente, en metros.
- GI, deficiencia en el gálibo inferior.
- GS, deficiencia en el gálibo superior.
- TPDA, tránsito promedio diario anual.

La fórmula para GI está graficada en la figura 3.7 para distintos valores de (GIR - GID) y como se puede ver, es lineal, asumiendo que los costos de los usuarios asociados con los gálibos se incrementan linealmente con el TPDA.

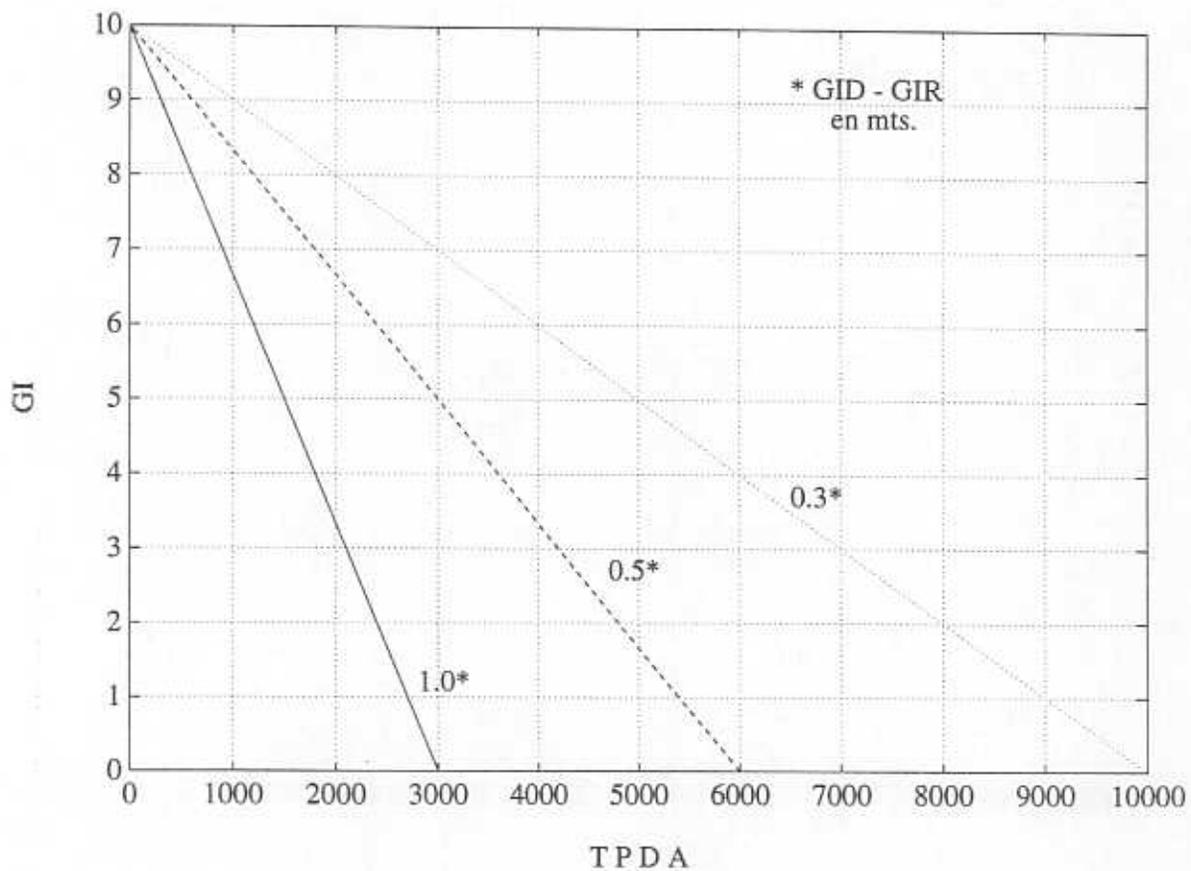


FIGURA 3.7.- Gráfica de GI contra TPDA para diferentes valores de GID-GIR.

### 3.7.4 Deficiencia en la condición estructural (Ce).

Para calcular la deficiencia en la condición estructural, se utilizan las siguientes fórmulas:

$$CE = 0 \quad \text{para} \quad ICE \leq 1$$

$$CE = \frac{40}{3} ( ICE - 1 ) \quad \text{para} \quad 1 < ICE < 4$$

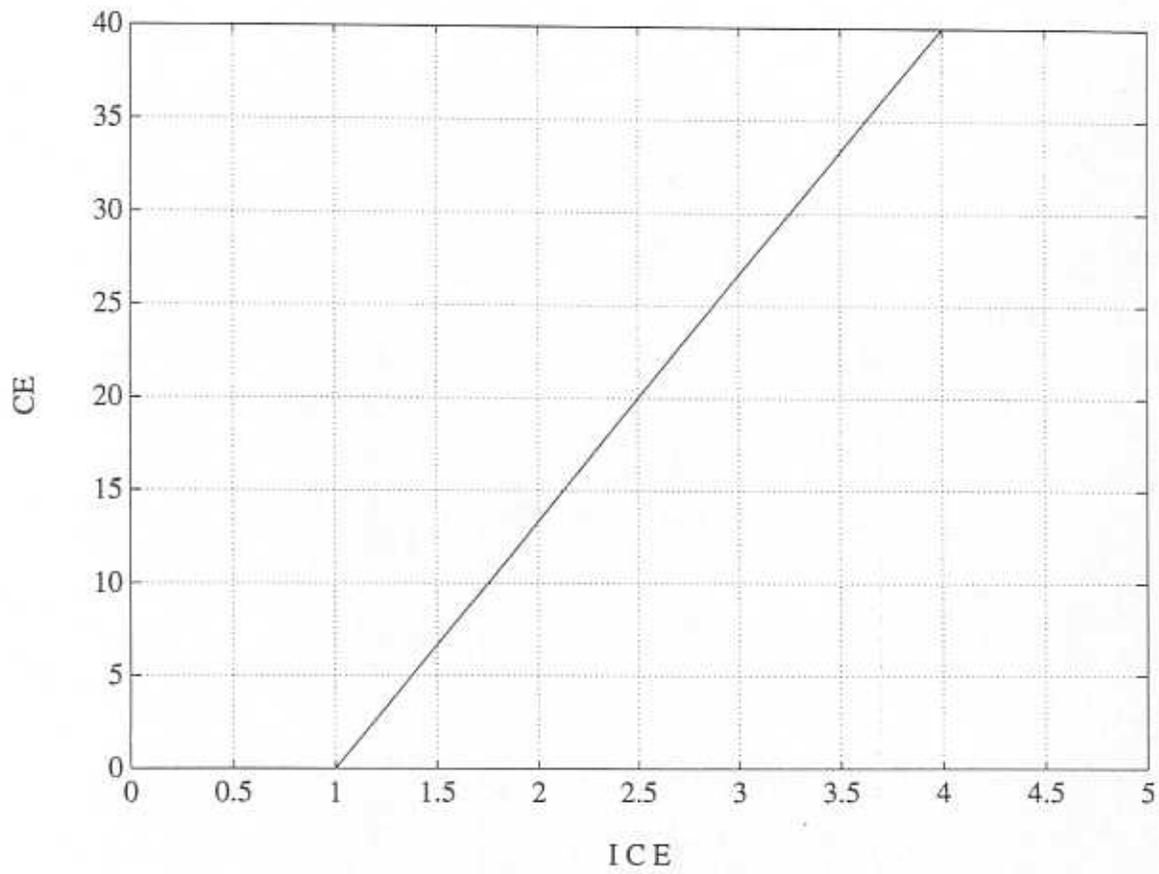
$$CE = 40 \quad \text{para} \quad ICE > 4$$

$$ICE = \frac{2 ( ICSUB ) + ( ICSUP ) + ICR + 3 ( SOC )}{8}$$

Donde:

- ICE, Índice de la condición de la estructura.
- ICSUB, Índice de la condición estructural de la subestructura, tal como se define en la tabla 3.1.
- ICSUP, Índice de la condición estructural de la superestructura, tal como se define en la tabla 3.1.
- ICR, Índice de la condición de la superficie de rodamiento, tal como se define en la tabla 3.1.
- SOC, Índice de la condición de la socavación.

En la figura 3.8 se presenta la gráfica de CE contra IC.



**FIGURA 3.8.- Gráfica de CE contra ICE.**

### 3.8. Índices de priorización

Los índices para realizar la priorización son los mostrados en la tabla 3.6. Con el primer índice se maneja un ordenamiento de los puentes en función del costo normalizado al tráfico promedio diario anual con la idea de comparar costos de conservación incluyendo los volúmenes de tráfico. El resto de los índices son reportes ordenados en función de la calificación obtenida por cada puente en la variable indicada.

INDICE	VARIABLES	ORDEN DEL REPORTE
1	COSTO TPDA	menor a mayor
2	ND	menor a mayor
3	CC	menor a mayor
4	AP	menor a mayor
5	G	menor a mayor
6	CE	menor a mayor

ND = Nivel de deficiencia

AP = Deficiencia en ancho del puente

CC = Deficiencia en capacidad de carga

G = Deficiencia en gálibos

CE = Condición estructural

**TABLA 3.6.- Índices de Priorización.**

### 3.9. Definición de acciones

Como resultado del análisis de los datos de la inspección de evaluación, el sistema asignará a cada puente alguna o algunas de las siguientes acciones:

- Inspección de evaluación a corto plazo (máximo 12 meses).
- Inspección de evaluación a mediano plazo (máximo 2 años).
- Inspección de evaluación a largo plazo (máximo 3 años).
- Inspección detallada.
- Acciones de mantenimiento menor.
- Acciones de mantenimiento mayor.
- Acciones de reparación en dos niveles: mayor y menor.
- Acciones de modernización bajo dos aspectos: ampliación y aumento de su capacidad de carga.
- Acciones de sustitución.
- Acciones normativas como: limitación de peso, reducción de la velocidad, colocación de señales de seguridad, colocación de señales que indiquen gálibos, cierre del puente.

Algunas de las acciones anteriores se definen como:

**Mantenimiento menor.-** Se refiere a las acciones que corrigen anomalías que no han causado todavía daños, pero que si persisten pueden llegar a causarlo. El deshierbe y la limpieza son acciones típicas de mantenimiento menor.

**Mantenimiento mayor.-** Se refiere a acciones que corrigen daños que todavía no tienen carácter estructural, pero que si se dejan progresar pueden llegar a causarlo. La renovación de la pintura de estructuras metálicas realizada cuando ya se ha caído parcialmente, pero antes de que la corrosión merme la resistencia de los elementos expuestos, es un ejemplo de trabajo de mantenimiento mayor.

**Reparación.-** Acciones que corrigen daños estructurales, pero que se limitan a recuperar la capacidad original. Como ejemplos pueden

presentarse la inyección de grietas con resinas epóxicas en estructuras de concreto dañadas y la reposición de áreas perdidas por corrosión mediante el añadido de cubreplacas soldadas en perfiles metálicos.

**Modernización.-** Abarca las acciones que modifican la estructura de un puente con el objeto de incrementar su capacidad original. Estas acciones pueden realizarse sobre una estructura con o sin daños. Las acciones se designan de reforzamiento si se aumenta la capacidad estructural. Esto puede lograrse con algunos métodos como el colado de sobreespesores en los elementos de concreto, mediante la introducción de preesfuerzo exterior o por el añadido de placas soldadas.

Ha sido frecuente el incremento de la capacidad vial mediante el ensanchamiento de la calzada, para lo cual se ha recurrido a sistemas estructurales diversos. También se han adaptado puentes antiguos a las necesidades del tránsito moderno, corrigiendo su alineamiento horizontal o vertical con la aplicación de gatos hidráulicos; con estos mismos aparatos se ha elevado la rasante de algunos puentes para incrementar su capacidad hidráulica.

**Substitución.-** Cuando se juzga que el estado de deterioro de una estructura es tan avanzado que resulta económicamente poco factible repararla o modernizarla, es necesario sustituirla. La substitución puede ser parcial o total. Muy a menudo ha resultado conveniente dismantelar o demoler una superestructura obsoleta y aprovechar la subestructura existente para el apoyo de una superestructura nueva de características adecuadas a los requerimientos actuales del tránsito.

En el caso de substitución total se plantea el problema de qué hacer con la obra desechada.

Se tienen tres opciones:

- Abandono.
- Demolición.
- Cambio de uso.

La primera es la que con mayor frecuencia se sigue, por comodidad, pero no siempre es la indicada. Si la obra desechada es una ruina que amenaza la seguridad pública o la estabilidad de otras construcciones, debe demolerse y sus escombros retirarse del sitio. Si por otra parte, el

puente substituido es de valor histórico o artístico debe considerársele parte del patrimonio de la nación y se le debe conservar. Para facilitar esta tarea, ha resultado conveniente un cambio de uso de la obra antigua, por ejemplo, la conversión de puente vehicular a puente peatonal.

La definición del tipo de acción y del nivel de atención que debe darse resulta obvia en algunos casos, pero en otros se plantean varias alternativas viables por lo que es necesario apoyarse en criterios económicos o de otro tipo para su selección.

### **3.10. Análisis económico**

El análisis económico para este sistema se refiere exclusivamente al cálculo del costo de cada acción de conservación para de esta manera tener una idea del presupuesto anual necesario. El análisis de tipo económico-financiero no se considera necesario, ya que la planeación bajo este aspecto debe ser hecha desde la perspectiva de la carretera completa, en otras palabras, si la carretera México-Laredo se considera prioritaria, todos los puentes sobre esta vía tendrán que tener un nivel de servicio adecuado.

En la tabla 3.7 se muestran, de manera muy general, los conceptos que se toman en cuenta para establecer los costos de cada una de las acciones de conservación.

Los precios unitarios que se utilizan para el cálculo de los costos de las acciones de conservación para cada puente podrán ser actualizados en función de las siguientes variables:

- Precio del cemento.
- Precio del acero.
- Salario mínimo en el DF.
- Precio de la gasolina.
- Distancia a un centro importante de abasto.
- Paridad con el dólar.

PARTE DEL PUENTE	TIPO	ACCIONES DE CONSERVACION
Superficie de rodamiento	Concreto hidráulico Mezcla asfáltica	Reparación menor Reparación mayor Reconstrucción
Superestructura	Losas de concreto Losa nervada Sistema a base de trabes y losa Vigas presforzadas Sistema de piso ortotrópico Sección cajón	Mantenimiento menor Mantenimiento mayor Reparación menor Reparación mayor Reconstrucción total Ampliación Reforzamiento
Subestructura	Pilas de mampostería Pilas de concreto Pilas de acero	Mantenimiento menor Mantenimiento mayor Reparación menor Reparación mayor Reconstrucción total Ampliación Reforzamiento
Estribos	Mampostería Concreto Tabique	Mantenimiento menor Mantenimiento mayor Reparación menor Reparación mayor Reconstrucción total Ampliación Reforzamiento
Cimentación	Zapatas Pilotes Cilindros	Ampliación de zapatas Repiloteo Reconstrucción total

TABLA 3.7.- Conceptos para análisis de precios unitarios



## **4. Sistema de Cómputo**

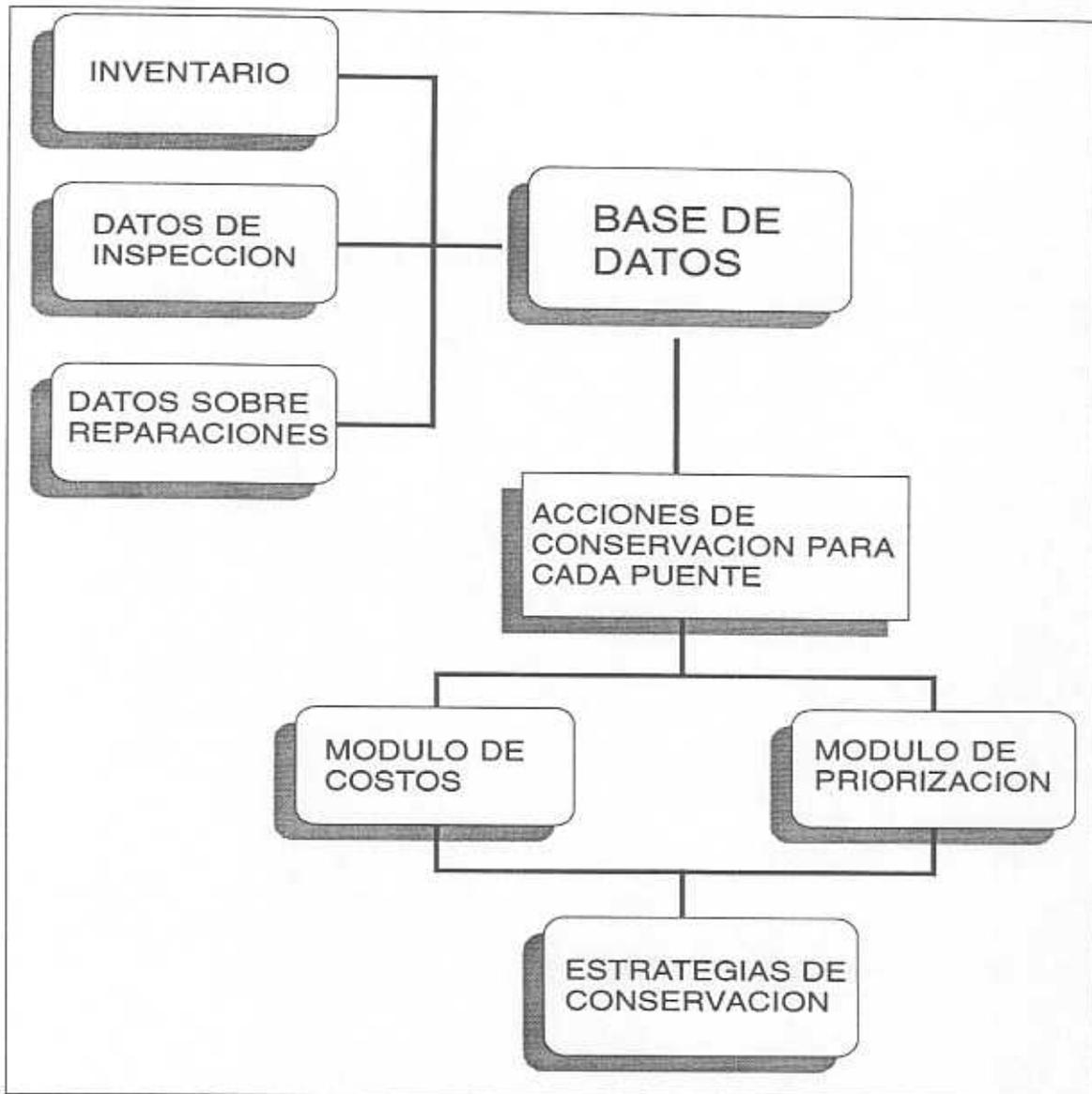
El SIAP (Sistema de Administración de Puentes) es un sistema de cómputo desarrollado en ambiente de computadora personal, el cual se desarrollo modularmente, lo cual permite incorporarle mejoras futuras como por ejemplo, un módulo para el manejo en un ambiente de sistemas de información geografico (SIG). Los objetivos del sistema son:

- Generar un inventario de puentes.
- Almacenar los datos de las inspecciones.
- Dar una estimación de los recursos necesarios para la conservación de los puentes.
- Priorizar las acciones de mantenimiento en puentes.

El sistema cuenta con una interfase para ligarse con el Sistema Mexicano para la Administración de Pavimentos (SIMAP) lo que permite traer o llevar información de un sistema a otro. El funcionamiento del SIAP se muestra en la figura 4.1.

### **4.1. Base de datos del SIAP**

En un sistema de administración de puentes una parte importante es su base de datos, que debe contener información adecuada y breve que permita identificar un puente desde la localización geográfica, hasta el tipo de material del que está construido , su carga de diseño, su forma estructural, tipo de cimentación, etc., así como todos los datos que tengan que ver con la operación del transporte, como pueden ser su geometría, gálibos, etc. También debe contener la información proveniente de las inspecciones de campo y, además, el sistema debe diseñarse para que los datos sean registrados en forma cronológica.



**FIGURA 4.1.- Esquema general del SIAP.**

La base de datos del sistema está organizada de la siguiente manera:

### **INVENTARIO**

- A) Datos generales.
- B) Datos geométricos.
- C) Datos sobre la estructura.
- D) Datos de operación.

## INSPECCIONES DE CAMPO

- G) Datos de la inspección de evaluación.
- H) Datos sobre la condición.
- I) Datos de pruebas especiales.

### 4.2 Datos Generales

Los datos generales corresponden a la ubicación de la estructura que incluyen los códigos referentes al estado federativo; la localidad; el número del puente; el año de construcción y reconstrucción, si es que se ha dado; quién lo construyó, etc. En otras palabras, son datos que describen, de manera general, ciertas características permanentes de la estructura.

A continuación se definen cada uno de los elementos que conforman los diversos datos.

#### 1.- CODIGO ESTATAL (5 Dígitos)

Se registra el código estatal, el cual formará parte del número de inventario que genera el sistema. Este campo estará formado por cinco dígitos que corresponden a la abreviatura del estado, como se muestra a continuación:

NOMBRE DEL ESTADO	CODIGO
AGUASCALIENTES	00AGS
BAJA CALIFORNIA	000BC
BAJA CALIFORNIA SUR	00BCS
CAMPECHE	0CAMP
COAHUILA	0COAH
COLIMA	00COL
CHIAPAS	0CHIS
CHIHUAHUA	0CHIH
DISTRITO FEDERAL	000DF
DURANGO	00DGO
GUANAJUATO	00GTO

GUERRERO	00GRO
HIDALGO	00HGO
JALISCO	00JAL
MEXICO	00MEX
MICHOACAN	0MICH
MORELOS	00MOR
NAYARIT	00NAY
NUEVO LEON	000NL
OAXACA	00OAX
PUEBLA	00PUE
QUERETARO	00QRO
QUINTANA ROO	000QR
SAN LUIS POTOSI	00SLP
SINALOA	00SIN
SONORA	00SON
TABASCO	00TAB
TAMAULIPAS	TAMPS
TLAXCALA	0TLAX
VERACRUZ	00VER
YUCATAN	00YUC
ZACATECAS	00ZAC

2.- NOMBRE DE LA LOCALIDAD (80 Dígitos)

En este apartado se registrará el nombre de la localidad o nombre que se le da al sitio específico en donde se encuentra ubicada la estructura. Este código se formará por las letras de dicho nombre y en caso de que éste abarque más de 80 dígitos se colocará sólo su abreviatura.

3.- LOCALIZACION DE LA CARRETERA

En esta parte se registran los datos de la carretera que pasa sobre el puente, el origen y el destino de la carretera, el origen y el destino del tramo y el número de carretera. Estos campos permiten ligar al Sistema Mexicano para la Administración de Pavimentos (SIMAP) con este sistema.

3a.- ORIGEN DE LA CARRETERA (40 Dígitos)

En este campo se registra el nombre de la localidad que da origen a la carretera.

3b.- DESTINO DE LA CARRETERA (40 Dígitos)

Se registra el nombre de la localidad del destino de la carretera.

3c.- ORIGEN DEL TRAMO (40 Dígitos)

Se anota el nombre de la localidad que da origen al tramo correspondiente.

3d.- DESTINO DEL TRAMO (40 Dígitos)

En este campo se anota el nombre de la localidad del destino correspondiente a este tramo.

3e.- NUMERO DE LA CARRETERA (5 Dígitos)

En este campo se anota el número de la carretera de acuerdo a la numeración usada por la SCT.

3f.- TIPO DE RUTA (1 Dígito)

Este dígito debe corresponder a uno de los siguientes términos:

- 1.- Carretera Federal
- 2.- Autopista
- 3.- Carretera Estatal
- 4.- Camino Rural
- 5.- Calle Urbana
- 6.- Ferrocarril
- 7.- Otra

3g.- NIVEL DE SERVICIO

(1 Dígito)

En este campo se identifica el nivel de servicio para el camino o ruta, utilizando uno de los siguientes códigos:

- 1.- Troncal
- 2.- Alimentador
- 3.- Rural
- 4.- Ninguno de los de arriba

4.- NUMERO DEL PUENTE

(7 Dígitos)

El número de los puentes existentes en México se forma con cinco dígitos de acuerdo a la numeración existente, o bien, si no existe, se hará de acuerdo a algún criterio que convenga a la SCT. Este número debe ser único en cada puente y formará parte del número de inventario que dará el sistema.

5.- NOMBRE DEL PUENTE

(80 Dígitos)

En este apartado se indicará el nombre del puente, por lo que dicho código, estará establecido por las letras que conforman al nombre. Será conveniente manejar exclusivamente sólo un nombre para cada puente.

6.- AÑO DE CONSTRUCCION

(5 Dígitos)

En la formación de este código se utilizarán cinco dígitos para registrar el año de construcción; en caso de que no se tenga disponible el dato se puede anotar uno que se aproxime al año en que se terminó la construcción.

7.- NOMBRE DEL CONSTRUCTOR (80 Dígitos)

Es importante tener el nombre de la compañía o dependencia que realizó la construcción del puente ya que el constructor puede proporcionar mayor información si se requiere. Se registrará el nombre del constructor principal.

8.- HISTORIAL DE REPARACIONES

En esta parte se anota el año, el nombre de la compañía constructora y el tipo de reparación realizada. Se registrarán las últimas cinco reparaciones realizadas.

8a.- AÑO (4 Dígitos)

En este campo se registra el año de terminación de la reparación.

8b.- CONSTRUCTORA (80 Dígitos)

Se anota el nombre de la compañía constructora o dependencia que haya realizado la reparación.

8c.- TIPO DE REPARACION (1 Dígito)

Se anota el tipo de reparación realizada de acuerdo a lo siguiente:

- 1.- Mantenimiento menor
- 2.- Mantenimiento mayor
- 3.- Reparación menor
- 4.- Reparación mayor
- 5.- Reconstrucción
- 6.- Ampliación
- 7.- Reforzamiento

9.- COORDENADAS GEOGRAFICAS.

Estas deben ubicarse al centro de la estructura.

9a.- LATITUD (6 Dígitos)

Se anotará compuesta de grados, minutos y décimas de minutos.

9b.- LONGITUD (6 Dígitos)

Se registrará en grados, minutos y décimas de minutos.

10.- KILOMETRAJE AL CENTRO DEL PUENTE (10 Dígitos)

Este será ubicado de acuerdo al sentido del cadenamiento y al centro del puente. El campo estará formado por, el número de kilómetros más el número de metros.

11.- ORIGEN DEL CADENAMIENTO (80 Dígitos)

Se registra el nombre de la localidad que da origen al cadenamiento.

12.- SIGNIFICADO HISTORICO (1 Dígito)

En este campo se especificará si el puente tiene o no un significado histórico. El significado histórico de un puente puede ser un ejemplo particular o único de la historia de la ingeniería; el cruce mismo puede ser significativo; el puente puede estar asociado con la historia del área.

### 13.- DATOS DE LAS RUTAS BAJO EL PUENTE

Ruta bajo el puente se refiere a la carretera o cualquier otra vía que pasa por debajo del puente. Se definirán máximo tres rutas, si existen más, se elegirán las más importantes.

13a.- TIPO DE RUTA (1 Dígito)

Este dígito corresponderá a uno de los siguientes términos:

- 1.- Carretera Federal
- 2.- Autopista
- 3.- Carretera Estatal
- 4.- Camino Rural
- 5.- Calle Urbana
- 6.- Ferrocarril
- 7.- Otra

13b.- NIVEL DE SERVICIO (1 Dígito)

En la tercera posición, se identifica el nivel de servicio para el camino o ruta, utilizando uno de los siguientes códigos:

- 1.- Troncal
- 2.- Alimentador
- 3.- Rural
- 4.- Ninguno de los de arriba

### 4.3. Datos geométricos

En esta parte se registran los datos del diseño geométrico de la estructura. Los elementos a identificar serán los siguientes:

#### 14.- ACCESOS

En este campo se dará la información concerniente a los anchos en metros de los accesos al puente.

##### 14a.- DIMENSIONES DE LA SECCION A LA ENTRADA DEL PUENTE

- 14a1.- Ancho de corona en metros (5 Dígitos)
- 14a2.- Ancho de carpeta en metros (5 Dígitos)
- 14a3.- Ancho del camellón en metros (5 Dígitos)

##### 14b.- DIMENSIONES DE LA SECCION A LA SALIDA DEL PUENTE

- 14b1.- Ancho de corona en metros (5 Dígitos)
- 14b2.- Ancho de carpeta en metros (5 Dígitos)
- 14b3.- Ancho del camellón en metros (5 Dígitos)

#### 15.- LONGITUD DEL PUENTE (5 Dígitos)

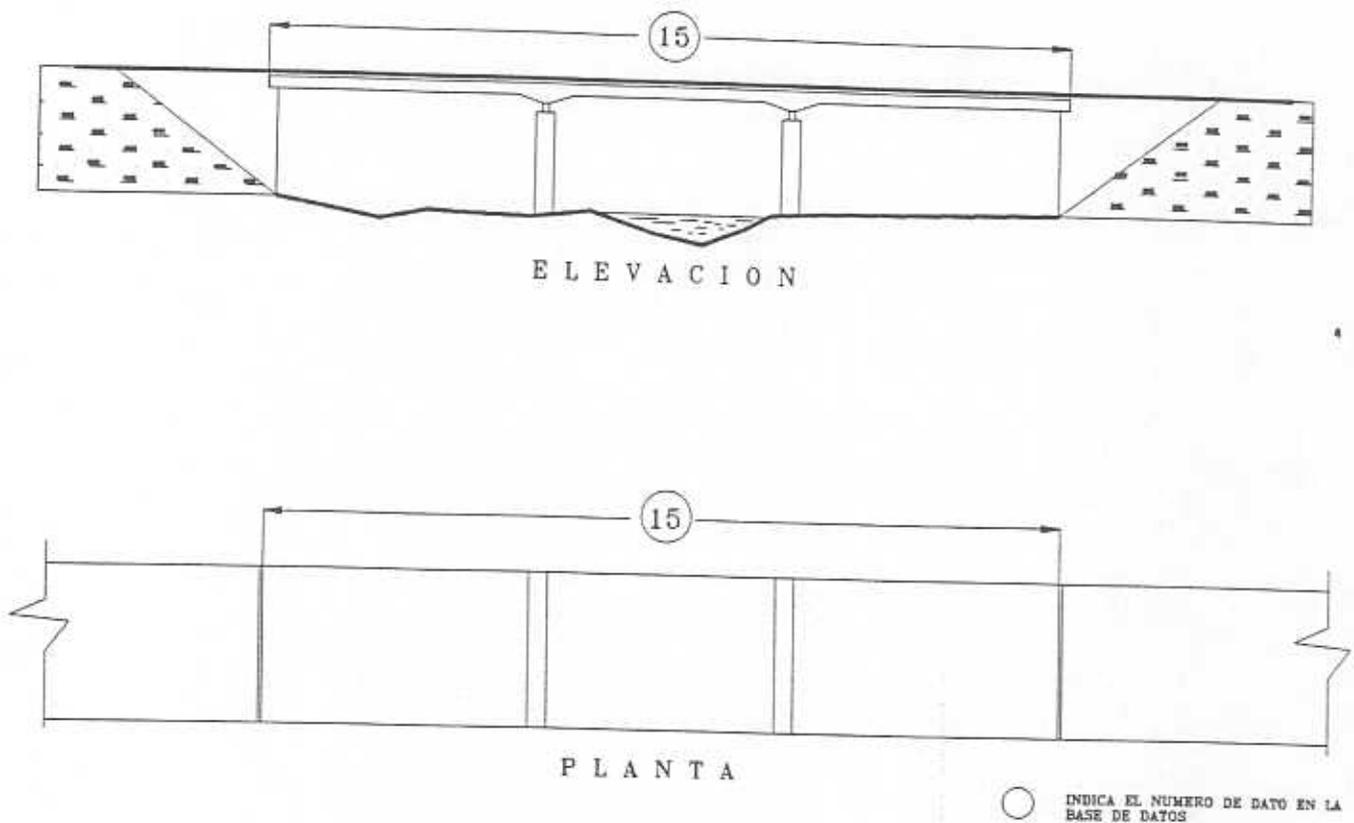
Esta medida se define como la longitud en metros de la superficie de rodamiento soportada por la estructura del puente. (Ver figura 4.2).

#### 16.- LONGITUD DEL MAXIMO CLARO (5 Dígitos)

En este campo se registra, en metros, la longitud del claro mayor. Esta distancia es a ejes de columnas o pilas.

#### 17.- ANCHO TOTAL DE LA SUPERESTRUCTURA (8 Dígitos)

En este campo se registra, en metros, el ancho total de la superestructura. (Ver figura 4.3).



**FIGURA 4.2.- Longitud del puente.**

18.- ANCHO DE LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO (4 Dígitos)

En esta parte se registra, en metros, el ancho de la superficie de rodamiento del puente. (Ver figura 4.3).

19.- ANGULO DE ESVAIAJE (2 Dígitos)

El ángulo de esviaje se define de acuerdo con la figura 4.4. Para puentes que no sean esviajados se deberá registrar un ángulo de  $0^\circ$ . Cuando la estructura está en una curva, o si el ángulo de esviaje varía por la misma razón, puede ser registrado el promedio de los ángulos. El código queda representado con dos dígitos. (Ver figura 4.4).

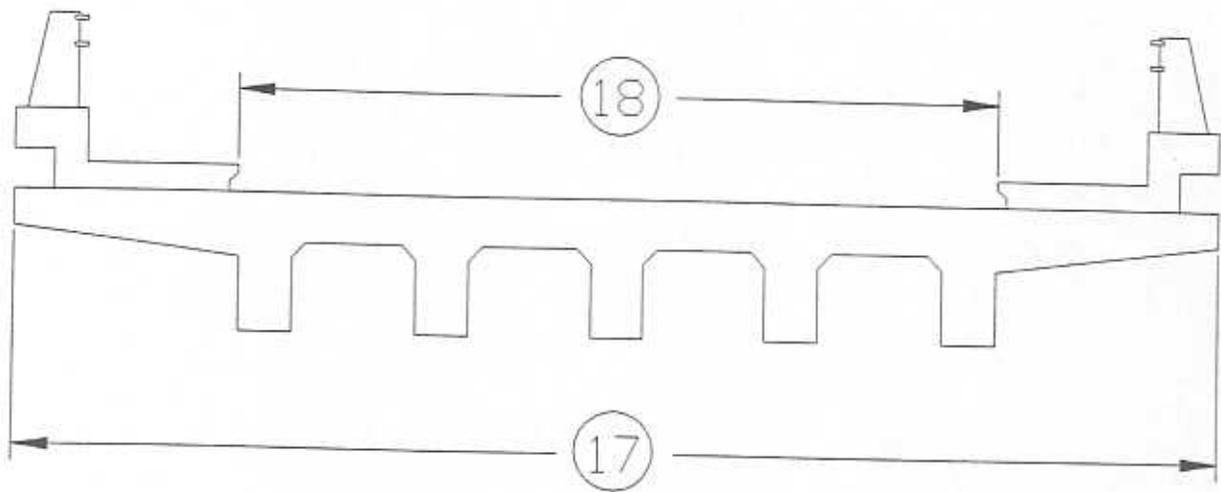


FIGURA 4.3.- Anchos de la superestructura.

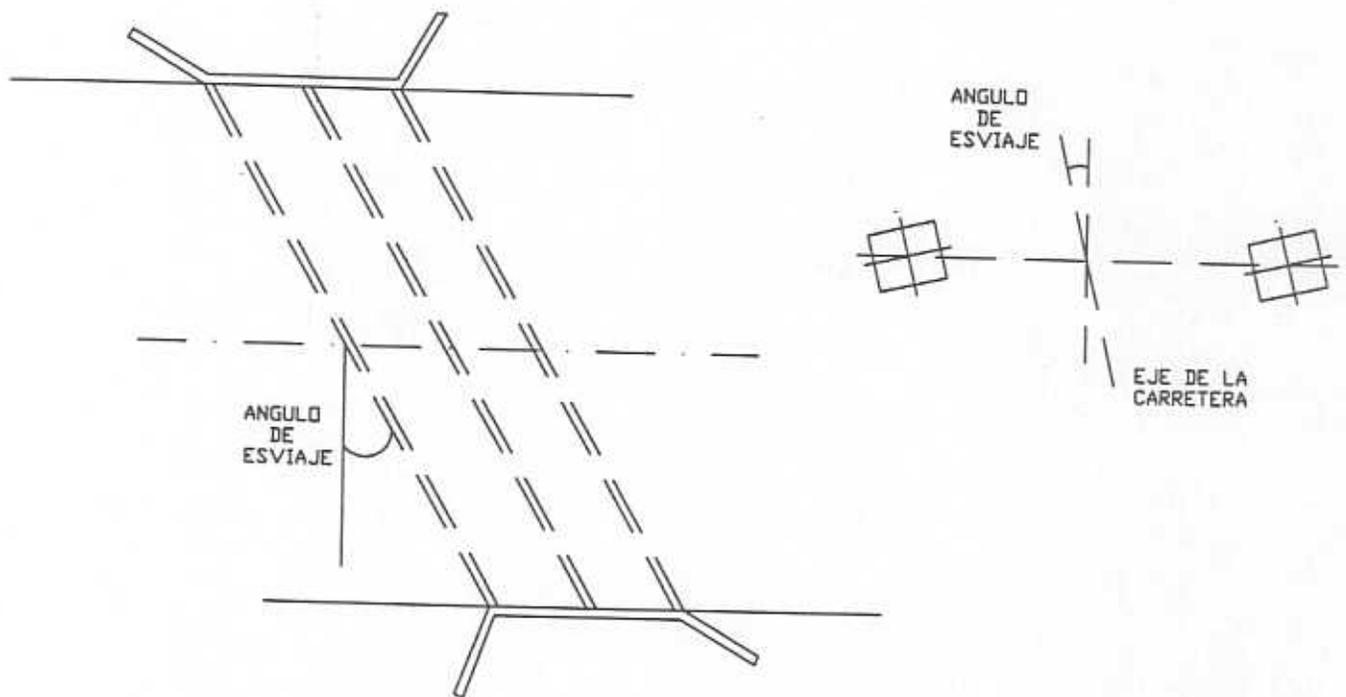


FIGURA 4.4.- Definición del ángulo de esviaje.

20.- TRAZO GEOMETRICO

En este campo se registra si el puente está en curva horizontal o vertical.

20a.- ALINEAMIENTO VERTICAL (1 Dígito)

- 1.- Tangente
- 2.- Curva en cresta
- 3.- Curva en columpio

20b.- ALINEAMIENTO HORIZONTAL (1 Dígito)

- 1.- Tangente
- 2.- Curva

21.- GALIBO VERTICAL SOBRE EL PUENTE (4 Dígitos)

La información que se registra en este apartado es el gálibo mínimo vertical que existe sobre el puente. Este gálibo se puede deber al contraventeo superior en el caso de puentes de acero superiores, o bien a cualquier impedimento que exista. Cuatro dígitos representan la medida expresada en metros.

22.- GALIBO VERTICAL BAJO EL PUENTE (4 Dígitos)

En este campo se anotará el gálibo inferior del puente, en metros. (Ver figura 4.5).

23.- GALIBO HORIZONTAL BAJO EL PUENTE (4 Dígitos)

En este campo se registrará la medida del gálibo horizontal, expresada en metros. (Ver figura 4.5).

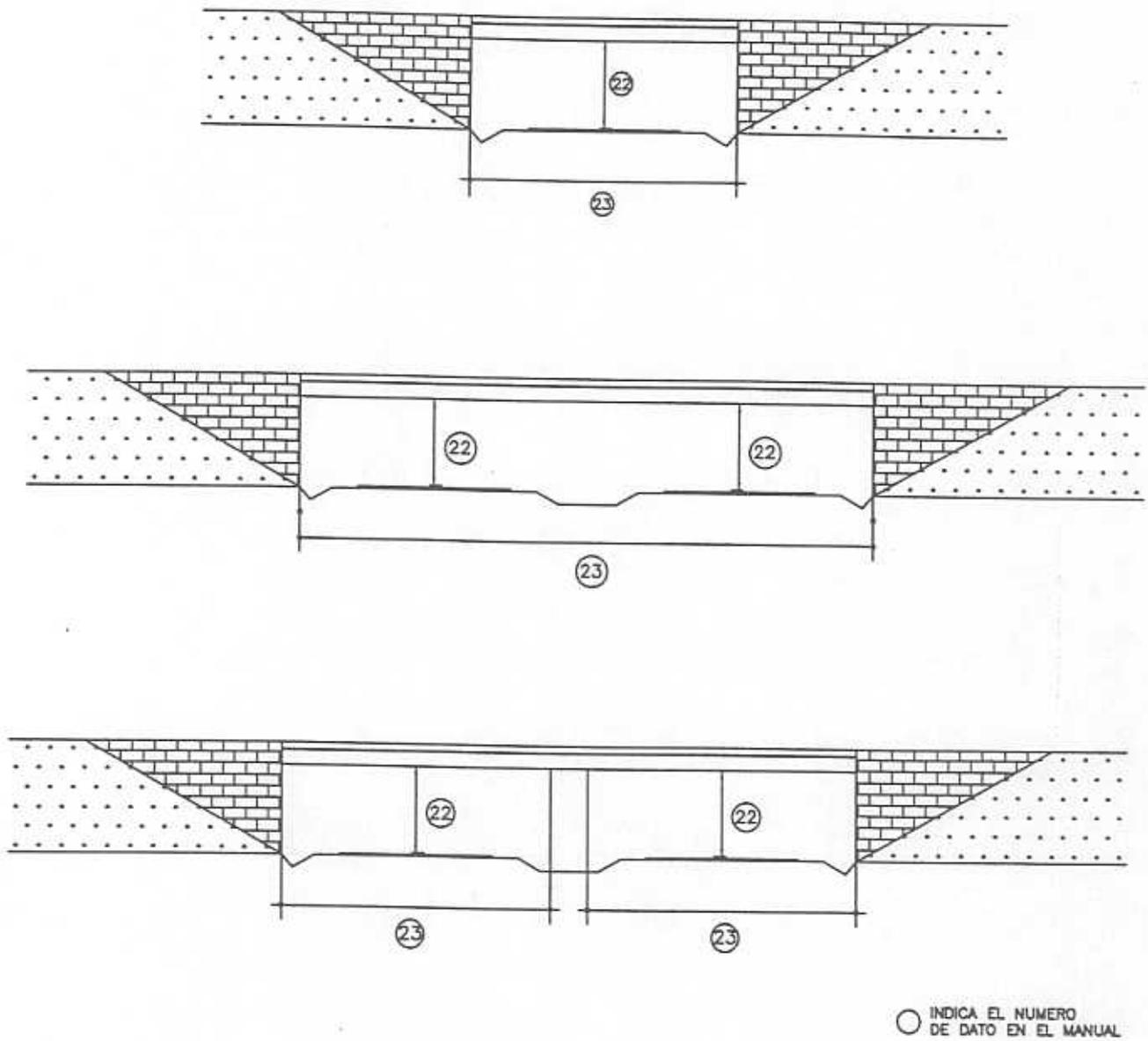


FIGURA 4.5.- Definición de gálidos.

#### 4.4. Datos sobre la estructura

En esta parte se suministrará a la base de datos la información concerniente al tipo de estructura, al material empleado, al sistema de piso, el número de claros, el tipo de cimentación, la carga de diseño, etc., es decir, la información relacionada con el proyecto estructural.

##### 24.- TIPO DE PUENTE

Este inciso se compone de un campo en el que se define el tipo de puente.

##### 24a.- TIPO DE PUENTE (1 Dígito)

- 1.- Losa simplemente apoyada
- 2.- Superestructura isostática
- 3.- Superestructura continua
- 4.- Pórtico o marco rígido
- 5.- Armaduras
- 6.- Arco
- 7.- Colgante
- 8.- Atirantado
- 9.- Otro

##### 25.- NUMERO DE CLAROS (3 Dígitos)

En este campo, se registra el número de claros con que cuenta la estructura.

##### 26.- TIPO DE SUPERESTRUCTURA

Este inciso se compone de dos campos, el tipo de superestructura y el tipo de material.

26a.- TIPO DE SUPERESTRUCTURA (1 Dígito)

- 1.- Losa plana
- 2.- Losa nervada
- 3.- Sistema a base de traveses y losa
- 4.- Vigas presforzadas
- 5.- Sistema de piso a base de armaduras horizontales
- 6.- Sección tipo cajón
- 7.- Otro

26b.- TIPO DE MATERIAL (1 Dígito)

- 1.- Concreto reforzado
- 2.- Concreto presforzado
- 3.- Acero soldado
- 4.- Acero remachado
- 5.- Mampostería
- 6.- Mixto concreto reforzado y acero
- 7.- Mixto concreto presforzado y acero
- 8.- Otro

27.- TIPO DE SISTEMA DE PISO (1 Dígito)

El sistema de piso proporciona la capacidad portante del sistema de cubierta. En este campo se registra el tipo de sistema de piso usado. Para esto se escogerá uno de los siguientes:

- 1.- Losa de concreto
- 2.- Concreto precolado
- 3.- Concreto presforzado transversalmente
- 4.- Placas de acero

- 5.- Rejilla
- 6.- Ortotrópico
- 7.- Otro

28.- TIPO DE SUPERFICIE DE RODAMIENTO (1 Dígito)

La superficie de rodamiento se refiere al piso para el tránsito de los vehículos que se coloca sobre la cara superior de la losa estructural. En este campo se registra el tipo de material utilizado en la superficie de rodamiento. Se escogerá uno de los siguientes:

- 1.- Concreto Hidráulico
- 2.- Mezcla Asfáltica
- 3.- Otros

29.- APOYOS EXTREMOS

En este campo se registra el tipo de apoyo en los extremos, el material con que está construido el cuerpo y también el de la corona.

29a.- Tipo de Apoyo (1 Dígito)

Este dígito debe de ser uno de los siguientes:

- 1.- Estribos
- 2.- Enterrados
- 3.- Con aleros
- 4.- En "U"
- 5.- Otro

29b.- Material del cuerpo (1 Dígito)

A este campo corresponde cualquiera de los números señalados a continuación:

- 1.- Mampostería
- 2.- Concreto
- 3.- Ladrillo
- 4.- Otros

29c.- Material de la Corona (1 Dígito)

A este campo corresponde uno de los siguientes:

- 1.- Concreto
- 2.- Inexistente

### 30.- APOYOS INTERMEDIOS

Las pilas son los apoyos intermedios y se clasifican según su tipo de remate, material del cuerpo y material del remate.

30a.- Tipo de Cuerpo (1 Dígito)

Este dígito debe de ser uno de los siguientes:

- 1.- Tradicional
- 2.- Rectangular
- 3.- Cilíndrico
- 4.- Sección constante
- 5.- Sección variable
- 6.- Otro tipo (describirlo)

30b.- Extremo final o remate (1 Dígito)

- 1.- Corona
- 2.- Cabezal en voladizo
- 3.- Otro tipo (describirlo)

30c.- Material del cuerpo (1 Dígito)

Este dígito indica el material del cuerpo.

- 1.- Mampostería
- 2.- Concreto

30d.- Material de la corona o cabezal (1 Dígito)

- 1.- Concreto
- 0.- Inexistente

31.- CIMENTACION (1 Dígito)

En este campo se señala el tipo de cimentación del puente y debe de ser alguno de los siguientes:

- 1.- Zapatas
- 2.- Pilas
- 3.- Pilotes
- 4.- Cilindros
- 5.- Mixta
- 6.- Desconocida
- 7.- Otro

32.- CARGA DE DISEÑO (1 Dígito)

En este campo se define la carga viva con que la estructura fue diseñada:

- 1.- H-10
- 2.- H-15
- 3.- HS-15
- 4.- H-20
- 5.- HS-20
- 6.- T3-S3
- 7.- T3-S2-R4
- 8.- Otro

### 33.- DISPOSITIVOS DE APOYO

En este campo se define el tipo de dispositivo de apoyo, tal como se muestra a continuación:

#### 33a.- Dispositivo Móvil (1 Dígito)

- 1.- Mecedora de acero
- 2.- Mecedora de concreto
- 3.- Rodillos metálicos
- 4.- Neopreno
- 5.- Neopreno con acero y teflón
- 6.- Otro

#### 33b.- Dispositivo Fijo (1 Dígito)

- 1.- Acero
- 2.- Plomo
- 3.- Neopreno
- 4.- Articulación
- 5.- Otro

### 34.- JUNTAS DE DILATACION (1 Dígito)

En este campo se define el tipo de junta de dilatación.

- 1.- Compriband
- 2.- Sikaflex
- 3.- Asfalto
- 4.- Neopreno
- 5.- Tapajunta de acero
- 6.- Lámina de cobre
- 7.- Inexistente
- 8.- Otro

#### 4.5. Datos de operación

En este campo se registran los datos referentes a la operación de la estructura; es decir: el tráfico promedio diario; la distancia de desvío en caso de que el paso sea cerrado; si el puente está o no cerrado al tráfico y el tipo de administración.

35.- TRAFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL (6 Dígitos)

En este campo se registra el tráfico promedio diario.

36.- AÑO DEL TRAFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL (4 Dígitos)

Es de importancia registrar el año en que se estimó el tráfico promedio diario.

37.- LIMITACIONES DE TRAFICO

En este campo se anota si existe o no alguna limitación de tráfico.

38.- LONGITUD DE DESVIO EN CASO DE DAÑO (3 Dígitos)

En este campo se registra la distancia en kilómetros que se tenga que recorrer para encontrar otro paso, en caso de que el puente tenga que ser cerrado por daño o reparación.

39.- TIPO DE ADMINISTRACION (1 Dígito)

En este campo se especifica el tipo de administración con el que opera el puente.

- 1.- Cuota
- 2.- Libre.
- 3.- Consecionada.

#### **4.6. Datos de la inspección de evaluación**

Se almacenan los datos relacionados sobre los deterioros más sobresalientes en los diferentes elementos del puente. Los deterioros considerados son principalmente agrietamientos importantes, socavación, corrosión, desplomes y estado de los apoyos. También se anotará la fecha en que se realizó la última inspección, así como un reporte indicando la necesidad o no, de hacer alguna inspección más detallada o algún estudio especial.

40.- HUNDIMIENTOS (1 Dígito)

En este campo se registra si existe algún tipo de hundimiento. Como se trata de una inspección visual, se manejará una escala sencilla para la evaluación del daño, por lo que se deberá escoger alguno de los siguientes:

- 1.- Ligero
- 2.- Moderado
- 3.- Grave
- 4.- No se aprecia

41.- DESPLOMES (1 Dígito)

Igual que el punto anterior.

42.- FLECHAS (1 Dígito)

Igual que el punto anterior.

43.- SOCAVACION (1 Dígito)

Se registra en este campo el nivel de socavación que tiene el puente.

- 1.- Ligera
- 2.- Moderada
- 3.- Grave
- 4.- No se aprecia

44.- CAUCE DEL RIO (1 Dígito)

En este campo se define si existe algún tipo de obstrucción al cauce del río.  
Se escogerá alguno de los siguientes valores:

- 1.- Obstruido ligeramente
- 2.- Obstruido moderadamente
- 3.- Obstrucción grave
- 4.- Sin obstrucción

45.- CORROSION (1 Dígito)

En este campo se registra cuál es la situación general del puente en cuanto a corrosión. Se escogerá alguno de los siguientes:

- 1.- Ligera
- 2.- Moderada
- 3.- Grave
- 4.- No se aprecia

46.- SEÑALAMIENTO QUE INDIQUE GALIBOS (1 Dígito)

En este apartado se registra si existe señalamiento adecuado o no en relación a información sobre gálibos.

47.- SEÑALAMIENTO DE SEGURIDAD (1 Dígito)

En este campo se registra si existe señalamiento adecuado o no en relación a la seguridad. Este señalamiento se refiere a la velocidad de los vehículos sobre el puente, si existe o no reducción en los carriles, etc.

48.- CONDICION DE LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO (1 Dígito)

En este campo se registra la condición de la superficie de rodamiento. Se escoge alguno de los siguientes:

- 1.- Buena
- 2.- Regular
- 3.- Mala

49.- AGRIETAMIENTO DE LA SUPERFICIE

49a.- AGRIETAMIENTO EN ZONAS DE APOYO (1 Dígito)  
(GRIETAS POR CORTANTE)

En este campo se registra si existe en algún elemento de soporte de la superestructura un agrietamiento importante. Se elegirá alguno de los siguientes:

- 1.- Ligero
- 2.- Moderado
- 3.- Grave
- 4.- No se aprecia

49b.- AGRIETAMIENTO AL CENTRO DEL CLARO (1 Dígito)  
(GRIETAS POR FLEXION)

Se registra en este campo el agrietamiento en la zona central de los elementos de soporte de la superestructura. Se elegirá alguno de los siguientes:

- 1.- Ligero
- 2.- Moderado
- 3.- Grave
- 4.- No se aprecia

50.- JUNTAS DE EXPANSION (1 Dígito)

En este campo se registra el estado de las juntas de expansión. Se elige alguno de los siguientes:

- 1.- Buen estado
- 2.- Mal estado
- 3.- No existen

51.- DISPOSITIVOS DE APOYO

(1 Dígito)

En esta parte se registra el estado de los dispositivos de apoyo de acuerdo a lo siguiente:

- 1.- Buen estado
- 2.- Mal estado
- 3.- No existen

52.- DAÑO POR IMPACTO VEHICULAR POR DEFICIENCIA EN GALIBO (1 Dígito)

En esta parte se almacenan datos sobre el daño que en la superestructura provocan los vehículos por gálibo deficiente.

- 1.- Ligero
- 2.- Moderado
- 3.- Grave
- 4.- No se aprecia

53.- DRENAJE

(1 Dígito)

En este campo se registra el estado del drenaje de la superestructura.

- 1.- Bueno
- 2.- Regular
- 3.- Malo
- 4.- No existe

54.- DESCONCHAMIENTO EN LA SUPERESTRUCTURA (1 Dígito)

Se registra si existen desprendimientos importantes en el concreto, los cuales puedan desencadenar problemas tales como corrosión en el acero de refuerzo.

- 1.- Ligero
- 2.- Moderado
- 3.- Grave
- 4.- No se aprecia

55.- AGRIETAMIENTO EN APOYOS INTERMEDIOS (1 Dígito)

En este campo se almacena la información sobre el agrietamiento en los apoyos intermedios. Se escoge alguno de los siguientes:

- 1.- Ligero
- 2.- Moderado
- 3.- Grave
- 4.- No se aprecia

56.- AGRIETAMIENTO EN APOYOS EXTREMOS (1 Dígito)

En esta parte se registra el agrietamiento en la zona de apoyos extremos. Se escoge alguno de los siguientes:

- 1.- Ligero
- 2.- Moderado
- 3.- Grave
- 4.- No se aprecia

57.- DESCONCHAMIENTO EN PILAS O ESTRIBOS (1 Dígito)

Se registra si existen desprendimientos importantes en el concreto, los cuales puedan desencadenar problemas tales como corrosión en el acero de refuerzo.

- 1.- Ligero
- 2.- Moderado
- 3.- Grave
- 4.- No se aprecia

58.- PINTURA ANTICORROSIVA EN PUENTES DE ACERO (1 Dígito)

En este apartado se registra el estado de la pintura; es decir, el grado de protección que aún proporciona a la estructura. Se indicará mediante uno de los siguientes incisos:

- 1.- Adecuada
- 2.- Faltante
- 3.- Defectuosa

59.- CORROSION EN PUENTES DE ACERO (1 Dígito)

Se señala el grado de corrosión que presenta la estructura en general.

- 1.- Ligero
- 2.- Moderado
- 3.- Grave
- 4.- No se aprecia

60.- ELEMENTOS ROTOS EN PUENTES DE ACERO (1 Dígito)

Mediante un dígito se indica si existen elementos rotos o no:

- 1.- Sí
- 2.- No

61.- ELEMENTOS FALTANTES EN PUENTES DE ACERO (1 Dígito)

Se denota mediante un dígito la falta de elementos en la estructura:

- 1.- Sí
- 2.- No

62.- DUCTOS O CABLES EXPUESTOS EN PUENTES DE CONCRETO PRESFORZADO (1 Dígito)

Este apartado expresará con un dígito el estado de exposición de ductos o cables:

- 1.- Sí
- 2.- No

63.- ANCLAJE DE PREESFUERZO EN PUENTES DE CONCRETO PREESFORZADO (1 Dígito)

Igual que en el anterior apartado, se indica si existen o no anclajes sueltos:

- 1.- Sí
- 2.- No

## 4.7. Datos sobre la condición del puente

En esta parte se almacena la información referente a la calificación dada en la inspección de evaluación. Las calificaciones que se dan a cada parte del puente ( superficie de rodamiento, superestructura, subestructura y el estado de socavación ), son las indicadas en la tabla 3.1.

### 64.- CALIFICACION GENERAL DEL PUENTE

#### 64a.- SUPERFICIE DE RODAMIENTO (1 Dígito)

La calificación se indica mediante un dígito el cual puede ser uno de los siguientes:

- 5.- Condición excelente
- 4.- Condición buena
- 3.- Condición aceptable
- 2.- Condición regular
- 1.- Condición mala o defectuosa
- 0.- Condición de falla

#### 64b.- SUPERESTRUCTURA (1 Dígito)

Igual que el apartado anterior.

#### 64c.- SUBESTRUCTURA (1 Dígito)

Igual que el apartado anterior.

64d.- SOCAVACION (1 Dígito)

Igual que el apartado anterior.

65.- RECOMENDACIONES GENERALES

A juicio del jefe de brigada se darán recomendaciones generales respecto a:

65a.- INSPECCIONES (1 Dígito)

- 1.- Inspección de evaluación a corto plazo  
(máximo 12 meses)
- 2.- Inspección de evaluación a mediano plazo  
(máximo 2 años)
- 3.- Inspección de evaluación a largo plazo  
(máximo 3 años)
- 4.- Inspección detallada
- 5.- Otro (Indicar en comentarios)

65b.- SUPERFICIE DE RODAMIENTO (1 Dígito)

- 1.- Mantenimiento menor
- 2.- Mantenimiento mayor
- 3.- Reparación
- 4.- Substitución
- 5.- Pruebas especiales
- 6.- Otro

65c.- SUPERESTRUCTURA (1 Dígito)

Igual que el apartado anterior.

65d.- SUBESTRUCTURA

(1 Dígito)

Igual que el apartado anterior.

#### **4.8. Datos de pruebas especiales**

En esta parte se almacenan los resultados obtenidos de pruebas especiales, tales como pruebas de carga, pruebas dinámicas, etc.

## 5. Conclusiones

---

Se plantea la necesidad de implantar un sistema de administración de puentes, (SIAP), para poder establecer un procedimiento sistemático de evaluación y reconocimiento de los requerimientos en los puentes, así como el de establecer una serie de actividades administrativas encaminadas a normalizar el proceso general de conservación.

El sistema de administración de puentes es la integración de un conjunto de órganos administrativos, normas y procedimientos que tienen por objeto planear, ejecutar y supervisar las acciones de atención a los puentes de una red, después de su puesta en servicio tomando en cuenta la operación integral del sistema carretero y sus efectos en la vida económica de una región o de un país.

Respecto a la implantación de un Sistema de Administración de Puentes en México, se ha observado que existen los elementos administrativos y organizacionales que permiten la pronta implantación del sistema a través de la estructura establecida en los **Centros SCT** y en las **dependencias centrales**, requiriéndose únicamente el fortalecimiento de algunos recursos específicos necesarios para la operación del sistema.

Estos recursos son los referentes a **una organización central y a una organización de campo**; las cuales se encargarán de la toma de decisiones en la conservación y a las actividades de inspección y de evaluación de la estructura, respectivamente.

También se recomienda el establecimiento de **niveles de servicio**, fijados bajo las características funcionales adecuadas para la operación del transporte dentro del sistema vial. Dichas características se definieron como medidas mínimas deseables y aceptables en gálibos, ancho de calzada y en la capacidad de carga. El nivel de servicio "deseable" es para aquellos puentes existentes que están en condiciones de prestar servicio, requiriendo únicamente la modificación en los elementos antes mencionados de acuerdo a los niveles establecidos. El nivel de servicio "aceptable" es fijado para aquellos puentes que van a ser construidos.

Aunados a estos niveles de servicio, se establece un criterio de priorización como elemento auxiliar para la asignación de los fondos y elección de las estructuras que posean un nivel de requerimientos altos respecto a otras. En este criterio se toman en cuenta aspectos funcionales y estructurales para la designación de las actividades de conservación.

Referente a la inspección se establece una metodología con el fin de tener un medio cualitativo y cuantitativo en la obtención de datos sobre la condición de los puentes, para que dicho proceso sea sistemático y gradual de acuerdo a la condición que presenten los puentes, en primer lugar se tendrá una inspección de evaluación; en caso de que se requiera la verificación de ésta o porque se demande una inspección más minuciosa, se hará entonces una inspección especial ó aún, inspecciones con pruebas especiales, según lo requiera el puente de acuerdo a la inspección y evaluación realizada por los organismos encargados.

En resumen, la implantación en México de un sistema de administración de puentes se hace necesaria, además de que dicha implantación no requiere de grandes desembolsos económicos ni de una gran infraestructura, debido principalmente a los elementos ya existentes dentro de los organismos dedicados a la administración de puentes y que la instauración deberá ser llevada en etapas, iniciando la primera de ellas, en la red federal de carreteras, extendiéndose más adelante a las demás carreteras de la red en coordinación con los gobiernos de cada estado.

## **6. Bibliografía**

- 1.- Demarre, Michel. "A Basic Guide for Bridge Management "The World Bank. Policy Planning and Research Staff. Infraestructure and Urban Development Department. Report INU28, September 1988.
- 2.- Galindo Solórzano, Amílcar. "Criterios para la Evaluación de la Capacidad de Puentes Existentes". Cd. de México, 10 de Agosto de 1989.
- 3.- Galindo Solórzano, Amílcar. "Conservación de Puentes. Curso Internacional de Conservación de Carreteras". Instituto Mexicano del Transporte. San Fandila, Qro., México. Septiembre de 1991.
- 4.- Jiang Yi and Sinha C., Kumares. " Dynamic Optimization Model for Bridge Management System ". Transportation Research Record 1211; 1989, p.p. 92 - 100.
- 5.- O'Connor, S., Daniel and Hyman, W. A. " Bridge Management System. Demostration Proyect No. 71 " Washington DC : U. S. Department of Transportation, Federal Highway Administration. October 1989.
- 6.- Fuentes Zenón, Arturo. "El pensamiento Sistémico; Caracterización y Principales Corrientes". Cuadernos de Planeación y Sistemas, No. 3. Seminario y Taller de Metodología. Departamento de Ingeniería de Sistemas, División de Estudios de Posgrado. Facultad de Ingeniería, U. N. A. M., 1990.
- 7.- Fuentes Zenón, Arturo. " El Enfoque de Sistemas en la Solución de Problemas; La Elaboración del Modelo Conceptual ". Cuadernos de Planeación y Sistemas, No. 4. Seminario y Taller de Metodología. Departamento de Ingeniería de Sistemas, División de Posgrado. Facultad de Ingeniería, U. N. A. M., Mayo de 1991.
- 8.- Ackoff Russell, L. " Un Concepto de Planeación de Empresas ". Editorial LIMUSA, Décima Reimpresión, 1987.
- 9.- Fuentes Zenón, A. y Sánchez Guerrero, G. " Metodología de la Planeación Normativa". Cuadernos de Planeación y Sistemas, No. 3. Seminario y Taller de Metodología, Departamento de Ingeniería de

de Sistemas, División de Estudios de Posgrado. Facultad de Ingeniería, U. N. A. M., 3ª Edición; Mayo 1991.

- 10.- Secretaría de Comunicaciones y Transportes. " Manual para Inspección y Conservación de Puentes, Tomo II "Subsecretaría de Infraestructura. Dirección General de Servicios Técnicos. México, D. F. 1980.
- 11.- Galindo S., Amílcar y Barousse Moreno, M. " Sistema de Administración de Puentes ". Instituto Mexicano del Transporte. San Fandila, Qro., México. Octubre 1991.
- 12.- Johnston W., David and Zia, Paul. " Levels of Service System for Bridge Evaluation ". Transportation Research Record 962; p.p. 1 - 8, 1984.
- 13.- Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Dirección General de Autotransporte Federal (DGAF). " Capítulo XI del Reglamento del Capítulo de Explotación de Caminos de la Ley de Vías Generales de Comunicación que trata del Peso y otras Características de los Vehículos". Primera Edición. Editada e Impresa por la DGAF de la SCT. 1981.
- 14.- Fanous Fouad, Greimann, L., Petermeier, D. and Yuan, Zhongsheng. Interim Report. " Bridge Management System for the States of Iowa, Nebraska, Kansas and Missouri ". Midwest Transportation Center. Mayo 1990.
- 15.- Jiang Yi and Sinha C., Kumares. " Bridge Service Life Prediction Model Using the Markov Chain". Transportation Research Record 1223; 1989.
- 16.- Textos de la Dirección General de Carreteras - MOPU. " Inspecciones Principales de Puentes de Carretera ". España, Marzo 1988.

- 17.- Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Subsecretaría de Infraestructura. Dirección General de Servicios Técnicos. " Formato para Inspección de Puentes y Pasos a Desnivel "; 1985
- 18.- Shirolé M. A. Arunprakash. " Management of Bridge Maintenance, Repair and Rehabilitation - a City Perspective ". Transportation Research Record 962. p.p 9 - 13; 1984.
- 19.- Narasimhan Ravi, Cruise F., James, Strautman P. Andre, and Argialas P., Demetri. " Computerized Data Base Management and Analysis System for Field-Collected Scour Data ". Transportation Research Record 1279. p.p. 95 - 102; 1990.
- 20.- Recording and Coding Guide for the Structure Inventory and Appraisal of the Nation's Bridge. Washington, D.C. U. S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, 1988.
- 21.- Bridge Management Work Group. " The Pennsylvania Bridge Management System ", Final Report, Harrisburg, PA: Pennsylvania Department of Transportation Bureau of Bridge and Roadway Technology, 1987.
- 22.- James W. Ray, Stukhart George, García-Díaz Alberto, Bligh Roger and Sobanjo John. " Analytical Approach to the Development of a Bridge Management System ". Transportation Research Record 1290, Volumen II. Paper presented at the Third Bridge Engineering Conference. March 10 - 13 1991; Denver, Colorado. USA.
- 23.- Shirolé M. A., Winkler J. W., and Hill J. J. " Bridge Management Systems - State of the Art ". Transportation Research Record 1290, Volumen II. Papers Presented at the Third Bridge Engineering Conference. March 10 - 13 1991; Denver, Colorado. USA.
- 24.- Babaei Khossrow . " Development of a Bridge Deck Management System for the Washington State Department of Transportation ". Final Report. Washington State Transportation Center. University of Washington Seattle March 1988.

- 25.- Secretaría de Comunicaciones y Transportes. " La Construcción de Puentes en México ". 1985.
- 26.- Secretaría de Obras Públicas. Dirección General de Proyectos y Laboratorios. Departamento Técnico. Sección de Especificaciones. " Especificaciones de Puentes para Caminos". México, D. F. Diciembre de 1960.
- 27.- Cárdenas de la Peña Enrique. "Puente Coatzacoalcos II" Secretaría de Comunicaciones y Transportes. 1986
- 28.- Secretaría de Comunicaciones y Transportes. " Anuario Estadístico 1989 ". Diciembre de 1990.
- 29.- Secretaría de Comunicaciones y Transportes. " Manual Estadístico del Sector Transporte ". Instituto Mexicano del Transporte. Querétaro, Méx. 1989.
- 30.- Petróleos Mexicanos. " Atlas de Carreteras y Ciudades Turísticas ". Subdirección Técnica Administrativa. Gerencia de Información y Relaciones Públicas. 1988.
- 31.- Mendoza A. y Cadena R. A. " Estudio de Pesos y Dimensiones ". Instituto Mexicano del Transporte". Reporte en elaboración. 1991
- 32.- Asociación Técnica de Carreteras. " Conservación, Rehabilitación y Gestión de Puentes ".I Simposio Nacional. Madrid, España; 18 al 20 de junio de 1991.
- 33.- Zavaleta Trujeque, Alonso. " Sistema de Administración de Puentes ". Tesis de Maestría en Transporte. UNAM. Instituto Mexicano del Transporte. 1992.

## Apendice A



### Historial de reparaciones

AÑO(8a)

CONSTRUCTOR(8b)

TIPO DE REPARACION(8c)

_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

Tipo de reparación:

- |                         |                    |
|-------------------------|--------------------|
| 1.- Mantenimiento menor | 5.- Reconstrucción |
| 2.- Mantenimiento mayor | 6.- Ampliación     |
| 3.- Reparación menor    | 7.- Reforzamiento  |
| 4.- Reparación mayor    |                    |

### DATOS GEOMETRICOS

Longitud del puente(14) \_\_\_\_\_ metros

Longitud del máximo claro(15) \_\_\_\_\_ metros

Ancho total de la superestructura(16) \_\_\_\_\_ metros

Ancho de la superficie de rodamiento(17) \_\_\_\_\_ metros

Angulo de esviaje (según km creciente)(19) \_\_\_\_\_ grados

Trazo geométrico      Planta(20a) \_\_\_\_\_      Elevación(20b) \_\_\_\_\_  
1.- Tangente  
2.- Curva

Gálibo vertical sobre el puente(21) \_\_\_\_\_ metros

Gálibo vertical bajo el puente(22) \_\_\_\_\_ metros

Gálibo horizontal bajo el puente(23) \_\_\_\_\_ metros

Sección de la carretera:

Entrada

Salida

Corona(14a1) \_\_\_\_\_ (mts)      Corona(14b1) \_\_\_\_\_ (mts)

Carpeta(14a2) \_\_\_\_\_ (mts)      Carpeta(14b2) \_\_\_\_\_ (mts)

Camellón(14a3) \_\_\_\_\_ (mts)      Camellón(14b3) \_\_\_\_\_ (mts)

### DATOS ESTRUCTURALES

Tipo de puente(24) \_\_\_\_\_

Número de claros(25) \_\_\_\_\_

TIPO DE PUENTE

- |                                |                |
|--------------------------------|----------------|
| 1.- Losa simplemente apoyada   | 6.- Arco       |
| 2.- Superestructura isostática | 7.- Colgante   |
| 3.- Superestructura continua   | 8.- Alirantado |
| 4.- Pórtico o marco rígido     | 9.- Otro       |
| 5.- Armaduras                  |                |

Tipo de superficie de rodamiento(28) \_\_\_\_\_

- |                         |                      |          |
|-------------------------|----------------------|----------|
| 1.- Concreto hidráulico | 2.- Mezcla asfáltica | 3.- Otro |
|-------------------------|----------------------|----------|

**Tipo de superestructura(26a)** \_\_\_\_\_

- 1.- Losa
- 2.- Losa nervada
- 3.- Sistema a base de traves y losas
- 4.- Vigas preesforzadas
- 5.- Sistema de piso a base de armaduras horizontales
- 6.- Sección tipo cajón.

**Material(26b)** \_\_\_\_\_

- 1.- Concreto reforzado
- 2.- Concreto presforzado
- 3.- Acero soldado
- 4.- Acero remachado
- 5.- Mampostería
- 6.- Mixto concreto reforzado y acero
- 7.- Mixto concreto presforzado y acero
- 8.- Otro

**Tipo de sistema de piso(27)** \_\_\_\_\_

- 1.- Losa de concreto
- 2.- Concreto precolado
- 3.- Concreto preesforzado transversalmente
- 4.- Placas de acero
- 5.- Rejilla
- 6.- Ortotróico
- 7.- Otro

**APOYOS EXTREMOS****Tipo(29a)** \_\_\_\_\_

- 1.- Estribos
- 2.- Enterrados
- 3.- Aleros
- 4.- en "U"
- 5.- Otro

**Material del cuerpo(29b)** \_\_\_\_\_

- 1.- Concreto
- 2.- Inexistente
- 3.- Otro

**Material de la corona(29c)** \_\_\_\_\_

- 1.- Mampostería
- 2.- Concreto
- 3.- Ladrillo
- 4.- Otro

**APOYOS INTERMEDIOS****Tipo(30a)** \_\_\_\_\_

- 1.- Tradicional
- 2.- Rectangular
- 3.- Cilíndrico
- 4.- Sección constante
- 5.- Sección variable
- 6.- Otro

**Remate(30b)** \_\_\_\_\_

- 1.- Corona
- 2.- Cabezal en voladizo
- 3.- otro

**Material del cuerpo(30c)** \_\_\_\_\_

- 1.- Mampostería
- 2.- Concreto
- 3.- otro

**Material de la corona(30d)** \_\_\_\_\_

- 1.- Concreto
- 2.- Inexistente

**Cimentación(31)** \_\_\_\_\_

- 1.- Zapatas
- 2.- Pilotes
- 3.- Cilindros
- 4.- Mixta
- 5.- otro

**Carga de diseño(32)** \_\_\_\_\_

- 1.- H-10
- 2.- H-15
- 3.- HS-15
- 4.- H-20
- 5.- HS-20
- 6.- T3-S3
- 7.- T3-S2-R4
- 8.- Otro

**DISPOSITIVOS DE APOYO****Tipo de apoyo móvil(33a)** \_\_\_\_\_

- 1.- Mecedora de acero
- 2.- Mecedora de concreto
- 3.- Rodillos metálicos
- 4.- Neopreno
- 5.- Neopreno con acero y teflón
- 6.- Otro

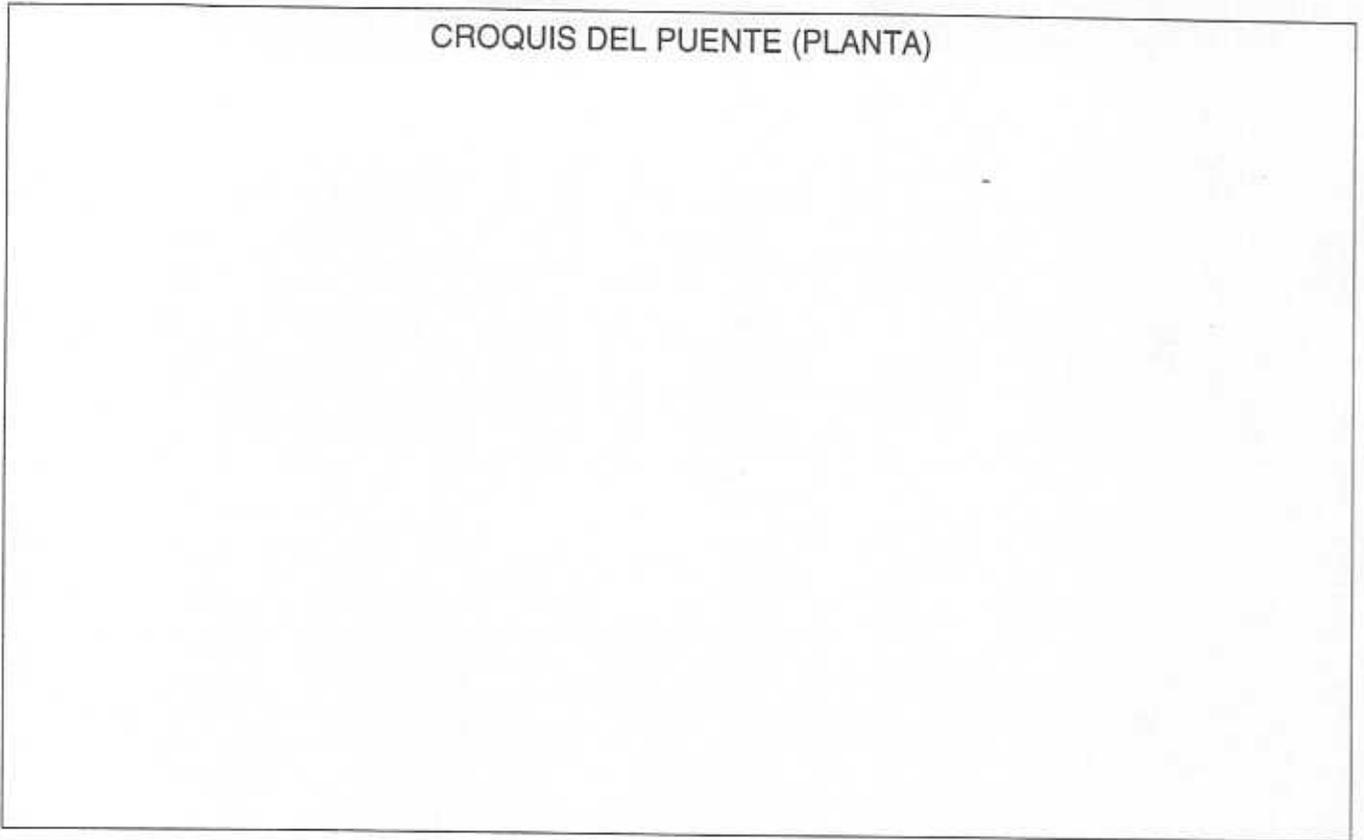
**Tipo de apoyo fijo(33b)** \_\_\_\_\_

- 1.- Acero
- 2.- Plomo
- 3.- Neopreno
- 4.- Articulación
- 5.- Otro

**Junta de dilatación(34)** \_\_\_\_\_

- 1.- Compriband
- 2.- Sika flex
- 3.- Asfalto
- 4.- Neopreno
- 5.- Tapajunta de acero
- 6.- Lámina de cobre
- 7.- Inexistente
- 8.- Otro

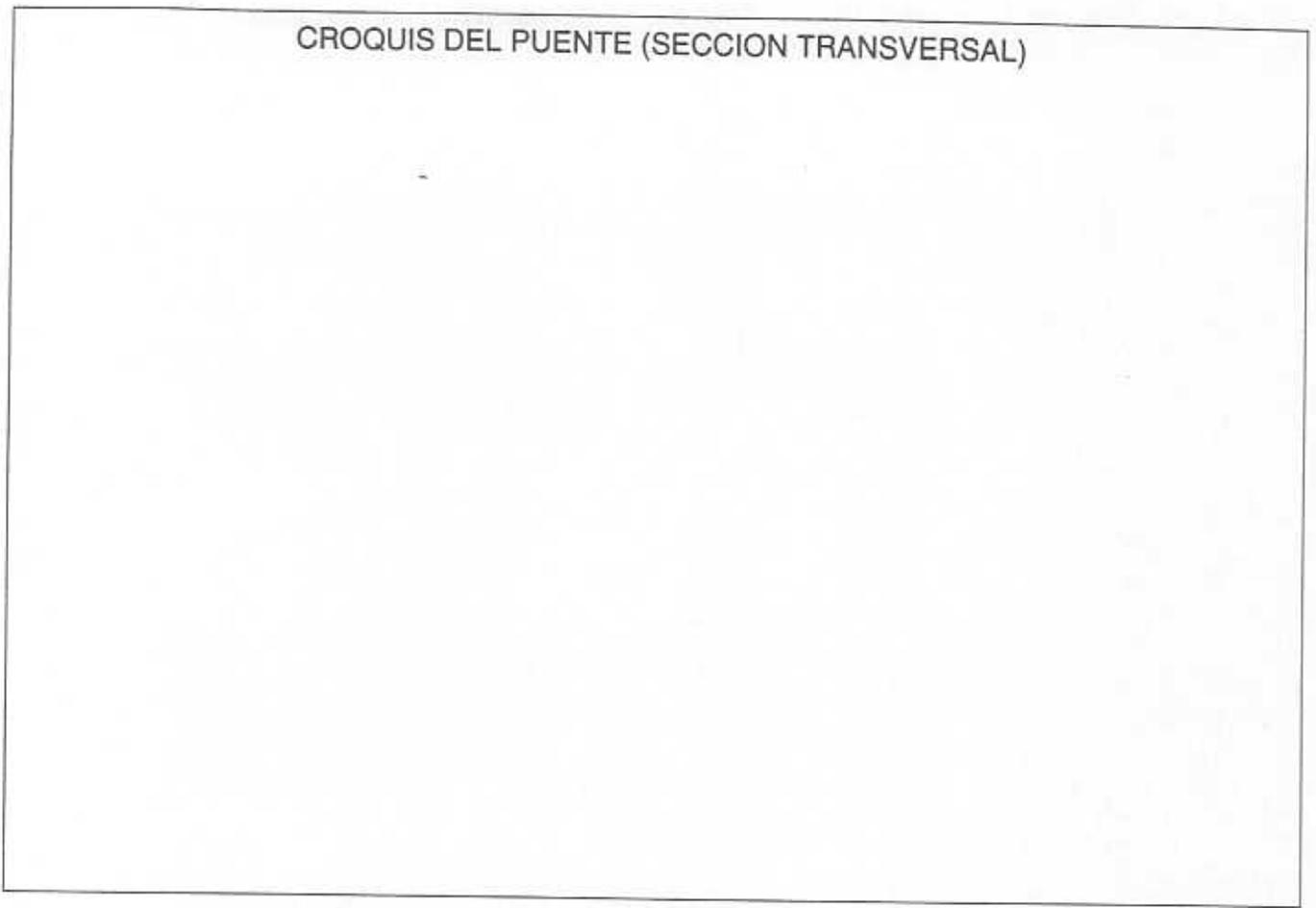
CROQUIS DEL PUENTE (PLANTA)



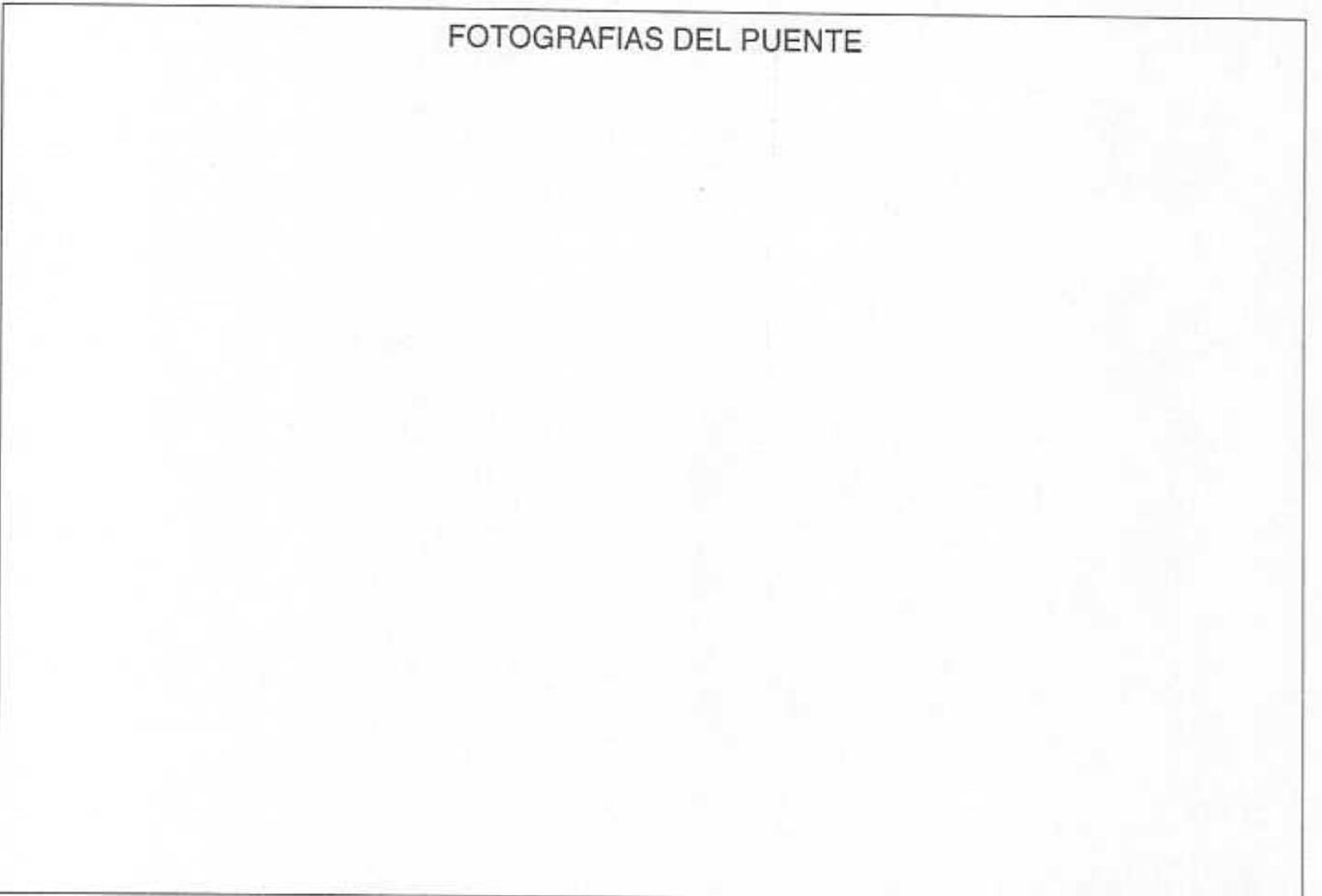
CROQUIS DEL PUENTE (ELEVACION)



CROQUIS DEL PUENTE (SECCION TRANSVERSAL)



FOTOGRAFIAS DEL PUENTE



# FORMATO DE INSPECCION DE EVALUACION

Jefe de brigada \_\_\_\_\_

Fecha /    /    /    /     
          d m a

Número de puente(4) \_\_\_\_\_

Nombre del puente(5) \_\_\_\_\_

Estado Federativo(1) \_\_\_\_\_

Nombre de la localidad(2) \_\_\_\_\_

## CONDICION GENERAL DEL PUENTE

Hundimientos(40) \_\_\_\_\_ Desplomes(41) \_\_\_\_\_ Flechas(42) \_\_\_\_\_  
          1.- Ligeros      2.- Moderados      3.- Graves      4.- No se aprecian

Socavación(43) \_\_\_\_\_ Corrosión(45) \_\_\_\_\_  
          1.- Ligeros      2.- Moderados      3.- Graves      4.- No se aprecian

Cauce del río(44) \_\_\_\_\_  
          1.- Obstruido ligeramente      3.- Sin obstrucción  
          2.- Obstruido moderadamente      4.- No existe  
          3.- Obstrucción grave

Señalamiento que indique gálibos(46) \_\_\_\_\_ Señalamiento de seguridad(47) \_\_\_\_\_  
                                                          1.- Si existe      2.- No existe

Comentarios \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## SUPERFICIE DE RODAMIENTO

Condición(48) \_\_\_\_\_  
          1.- Buena      2.- Regular      3.- Mala

Comentarios \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Cualquier respuesta no conocida déjese en blanco

Los números entre paréntesis es el número de dato en el manual

## SUPERESTRUCTURA

Agrietamiento en zona de apoyos (grietas de cortante)(49a) \_\_\_\_\_  
1.- Ligeros                      2.- Moderados

Agrietamiento al centro del claro (grietas de flexión)(49b) \_\_\_\_\_  
3.- Graves                      4.- No se aprecian

Juntas de expansión(50) \_\_\_\_\_  
1.- Buen estado              2.- Mal estado              3.- No existen

Dispositivos de apoyo(51) \_\_\_\_\_  
1.- Buen estado              2.- Mal estado              3.- No existen

Daño por impacto vehicular por deficiencia en gálibo(52) \_\_\_\_\_  
1.- Ligeros                      2.- Moderados              3.- Graves                      4.- No se aprecian

Drenaje(53) \_\_\_\_\_  
1.- Buen funcionamiento    2.- Regular                  3.- Mal                          4.- No existe

Desconchamientos en la superestructura(54) \_\_\_\_\_  
1.- Ligeros                      2.- Moderados              3.- Graves                      4.- No se aprecian

Comentarios \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## SUBESTRUCTURA

Agrietamiento en pilas(55) \_\_\_\_\_                      Agrietamiento en estribos(56) \_\_\_\_\_  
1.- Ligeros                      2.- Moderados              3.- Graves                      4.- No se aprecian

Desconchamientos en pilas o estribos(57) \_\_\_\_\_  
1.- Ligeros                      2.- Moderados              3.- Graves                      4.- No se aprecian

Comentarios \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Cualquier respuesta no conocida déjese en blanco

Los números entre paréntesis es el número de dato en el manual



## CALIFICACION GENERAL DEL PUENTE

Superficie de Rodamiento(64a) \_\_\_\_\_

Superestructura(64b) \_\_\_\_\_

Subestructura(64c) \_\_\_\_\_

Socavación(64d) \_\_\_\_\_

### CALIFICACION

- 5.- Condición excelente
- 4.- Condición buena
- 3.- Condición aceptable
- 2.- Condición regular
- 1.- Condición seria
- 0.- Condición de falla

Comentarios \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## RECOMENDACIONES GENERALES

Inspecciones(65a) \_\_\_\_\_

- 1.- Evaluación a corto plazo (máximo 12 meses)
- 2.- Evaluación a mediano plazo (máximo 2 años)
- 3.- Evaluación a largo plazo (máximo 3 años)
- 4.- Detallada
- 5.- Otro

Superficie de Rodamiento(65b) \_\_\_\_\_

Superestructura(65c) \_\_\_\_\_

- 1.- Mantenimiento menor
- 2.- Mantenimiento mayor
- 3.- Reparación

Subestructura(65d) \_\_\_\_\_

- 4.- Substitución
- 5.- Pruebas especiales
- 6.- Otro

Comentarios \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**CROQUIS INDICANDO GRIETAS O DAÑOS**

FOTOS INDICANDO GRIETAS O DAÑOS

18

**Valores Climatológicos Normales**  
Valores medios del período 1961-1990

**MALAGA AEROPUERTO.**

Período: 1961-1990 Altitud (m): 7 Latitud: 36 40 00 Longitud: 4 29 17

MES	T	TM	Tm	R	H	DR	DN	DT	DF	DH	DD	I
ENE	12.2	16.5	7.8	83	71	8.0	0.0	0.9	0.6	0.1	6.7	171
FEB	12.8	17.5	8.1	75	70	9.0	0.0	0.6	1.2	0.1	5.2	168
MAR	14.0	18.9	9.1	59	66	7.8	0.0	0.9	0.9	0.0	6.4	214
ABR	15.7	20.9	10.6	40	65	8.2	0.0	1.3	0.7	0.0	5.2	220
MAY	18.8	23.9	13.5	24	61	5.4	0.0	0.7	0.7	0.0	8.2	294
JUN	22.0	27.2	17.0	13	59	3.1	0.0	0.7	0.7	0.0	12.5	316
JUL	24.8	29.7	19.7	2	60	0.7	0.0	0.3	1.6	0.0	20.6	348
AGO	25.3	30.1	20.5	5	63	0.9	0.0	0.4	0.9	0.0	17.1	323
SEP	23.1	27.8	18.4	15	65	3.0	0.0	1.0	0.5	0.0	9.6	251
OCT	19.1	23.7	14.5	54	70	7.0	0.0	1.3	0.7	0.0	7.3	213
NOV	15.1	19.5	10.8	115	72	8.5	0.0	1.4	1.3	0.0	6.0	170
DIC	12.6	16.9	8.3	102	72	8.5	0.0	1.0	1.4	0.1	7.3	164
AÑO	18.0	22.7	13.2	586	66	70.1	0.0	10.5	11.2	0.3	112.1	2852

**LEYENDA**

- T Temperatura media mensual/anual (°C)
- TM Media mensual/anual de las temperaturas máximas diarias (°C)
- Tm Media mensual/anual de las temperaturas mínimas diarias (°C)
- R Precipitación mensual/anual media (mm)
- H Humedad relativa media (%)
- DR Número medio mensual/anual de días de precipitación superior o igual a 1 mm
- DN Número medio mensual/anual de días de nieve
- DT Número medio mensual/anual de días de tormenta
- DF Número medio mensual/anual de días de niebla
- DH Número medio mensual/anual de días de helada
- DD Número medio mensual/anual de días despejados
- I Número medio mensual/anual de horas de sol