



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS

FACULTAD DE INGENIERÍA
CAMPUS I

COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

***“ANÁLISIS DE COSTOS PARA DETERMINAR
ACCIONES DE MANTENIMIENTO Y REHABILITACIÓN
EN LOS COMPONENTES ESTRUCTURALES DE LOS
PUENTES ESTATALES DE CHIAPAS”***

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRÍA EN INGENIERÍA
(CONSTRUCCIÓN)

PRESENTA

ING. JORGE ALBERTO RAMÍREZ VELÁZQUEZ

DIRECTOR DE TESIS:

DR. FRANCISCO ALBERTO ALONSO FARRERA

TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS; 2014

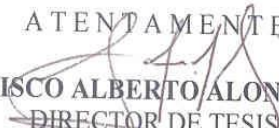
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas;
21 de Agosto de 2014.

Dra. Daisy Escobar Castillejos
Coordinadora de Investigación y Posgrado
De la Facultad de Ingeniería
Universidad Autónoma de Chiapas
PRESENTE.

Por este medio me permito informar a Usted, que he concluido con la dirección de la tesis titulada: **"Análisis de costos para determinar acciones de mantenimiento y rehabilitación en los componentes estructurales de los puentes estatales en Chiapas"**, desarrollada por el **Ing. Jorge Alberto Ramírez Velázquez**; por lo que doy mi voto aprobatorio para que pueda seguir con los trámites correspondientes.

Quedamos enterados de que formaremos parte del jurado del examen de grado, en la fecha y hora que se nos comunicará posteriormente.

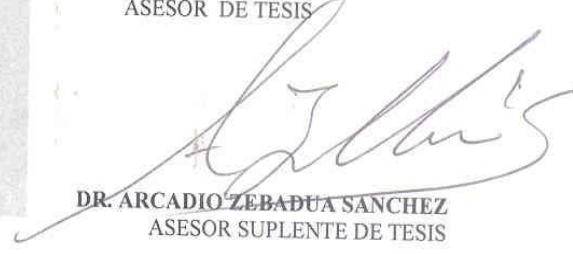
ATENTAMENTE


DR. FRANCISCO ALBERTO ALONSO FARRERA
DIRECTOR DE TESIS


M.I. JOSE FOO. GRAJALES MARIN
ASESOR DE TESIS


DR. JOSE ERNESTO CASTELLANOS CASTELLANOS
ASESOR DE TESIS


M.I. FREDY H. CABALLERO RODRIGUEZ
ASESOR SUPLENTE DE TESIS


DR. ARCADIO ZEBADUA SANCHEZ
ASESOR SUPLENTE DE TESIS

C.c.p. Dirección Facultad de ingeniería.
C.c.p. Archivo/Minutario.

AGRADECIMIENTOS

Llegado el tiempo, después de un largo y tedioso, pero a la vez desafiante, periodo para culminar este trabajo al final uno se da cuenta que las palabras más sinceras y muy importantes van en este apartado.

En primer lugar, mi enorme agradecimiento a la persona que no sólo me brindo su ayuda, sino que entendió desde el inicio que el objetivo principal de este trabajo, era resolver alguna inquietudes y poner en práctica los conocimientos adquiridos en mi mundo laboral, a la persona que en aquellos momentos en que el desánimo impedían continuar este proyecto supo solventar de forma fácil y comprensiva. Por todo ello y por ser mi amigo, gracias Dr. Francisco Alberto Alonso Farrera.

En segundo lugar, a mi familia, mil gracias. A mi padre que con su peculiar estilo de enseñanza ha sido un claro ejemplo de superación, humildad y pasión por lo que uno ama. A mi madre porque sin ella ¿que sería?, simple y sencillamente nadie. A mis hermanas que constante apoyo me empujan para lograr mis metas. A mis abuelos que por ellos y sus consejos he sabido llevar una vida de bien.

Gracias a todas y cada una de aquellas personas que creen en mí, me apoyan y saben que sin ellos mi vida sería muy diferente, para mis amigos, docentes y a mi querida escuela Gracias totales.

ÍNDICE GENERAL

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN	1
--------------	---

CAPITULO II

ANTECEDENTES

2.1.- GESTIÓN DE PUENTES (SIPUMEX)	4
2.2.- INSPECCIÓN DE PUENTES CARRETEROS	7
2.2.1- EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONDICIÓN	9
2.3.- CONSERVACIÓN DE PUENTES (TESIS INTERNET)	9
2.4.- OBJETIVOS	11
2.5.- HIPÓTESIS	12
2.6.- METODOLOGÍA	12

CAPITULO III

TIPOLOGÍA DE PUENTES EN CHIAPAS

3.1.- CLASIFICACIÓN DE PUENTES	14
3.2.- COMPONENTES ESTRUCTURALES DE UN PUENTE	30

CAPITULO IV

INSPECCIÓN Y EVALUACIÓN DE PUENTES CARRETEROS EN CHIAPAS

4.1.- CAMPAÑAS DE INSPECCIÓN	34
4.2.- SISTEMA DE GESTIÓN DE PUENTES (SIGPE)	38
4.3.- EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONDICIÓN (RESULTADO TESIS)	40

CAPITULO V

CATÁLOGO DE FALLAS Y ACCIONES DE MANTENIMIENTO EN PUENTES

5.1.- TIPOS DE PATOLOGÍAS Y CAUSAS DE FALLA	44
5.2.- PATOLOGÍAS COMUNES EN LOS PUENTES DE CHIAPAS	48
5.3.- TIPOS DE MANTENIMIENTO Y REHABILITACIÓN	49

CAPITULO VI

DESARROLLO DE LA MATRIZ DE COSTOS

6.1.- ANÁLISIS DE COSTOS POR TIPO DE DETERIORO	79
6.2.- ESTUDIO DE COSTOS DE LAS REGIONES DE CHIAPAS	83

CAPITULO VII

CONCLUSIONES	99
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	100
ANEXOS	

INTRODUCCION

Los puentes son tan antiguos como la civilización misma, desde el momento que alguien cruzó el tronco de árbol para cruzar una zanja o un río empezó su historia. A lo largo de la misma ha habido realizaciones de todas las civilizaciones, pero los Romanos fueron los grandes ingenieros históricos, no habiéndose superado su técnica y realizaciones hasta los últimos dos siglos. Los puentes de Alcántara, Mérida, Córdoba o el Acueducto de Segovia son solamente algunas muestras de su arte e ingeniería que ha llegado hasta nuestros días.

La ingeniería toma en consideración todas las variables que pueden afectar el desarrollo de proyectos, “el Costo” puede influir en la toma de decisiones; por eso se considera de gran importancia.

Este proyecto tiene como objetivo el estudio y análisis de costos por acciones de rehabilitación y mantenimiento, esta investigación está conformada por los siguientes capítulos:

Capitulo II: Se presentan los Modelos de Gestión desarrollados por la Dirección General de Conservación de Carreteras, como un conjunto de herramientas relacionadas con la conservación y mejoramiento de carreteras, a partir de bases de datos, tales como: SISTER, HDM-4, SIPUMEX, entre otros; originando un programa de estudios y proyectos de puentes por año, habla también de la Inspección de puentes, evaluación de estados y técnicas para interpretar el análisis de componentes en éste se hace mención de la Conservación de puentes las acciones por las cuales se desgastan y diagnósticos según la magnitud de los daños para su intervención. Abarca un Objetivo ya antes dicho, una hipótesis y la metodología que será la de extraer información de interés y de diferentes medios que ayuden a cumplir el objetivo ya citado.

Capítulo III: En éste se aborda la diversidad de los puentes y como se clasifican según el uso, por los materiales usados, tamaño, ubicación, entre otros; se describirán también los componentes de un puente y que generalmente divididas en: Superestructura y subestructura.

Capítulo IV: Se aborda el tema de Inspección y evaluación de puentes, ya que éstos son la parte más vulnerable de una red carretera. Se hace extensa la información de las Campañas de inspección, éstas se realizan debido a los daños que presentan en los componentes por deterioro debido a diferentes acciones como: clima, cargas, impactos, entre otros, éstas se hacen visualmente “in situ” extrayendo toda la información que ayude a interpretar los desperfectos, citando sus patologías con el único objetivo de evaluar el estado de condición.

Capítulo V: Este tema expone un Catálogo de fallas, diferentes patologías y un reporte fotográfico, que pueden encontrarse en los componentes de un puente, este catálogo está elaborado según las diferentes causas entre las cuales se encuentran: las ambientales, deformaciones, fuego, etc.; estas son las causantes principales de las patologías (grietas, fisuras, fallas en apoyos y juntas, etc.), que aparecen a lo largo de la vida útil del puente.

Capítulo VI: Aquí analizaremos y desarrollaremos una matriz de costos por deterioro por cada componente del puente clasificado en Superestructura y Subestructura; se realizara un costeo regional en Chiapas, anexando la ubicación de los puentes estudiados en regiones.

Se finaliza el proyecto con el Capítulo VII en el cual se harán conclusiones con forme a los objetivos cumplidos, se anexaran referencias bibliográficas y la matriz de costos analizada.

Este trabajo de tesis surge de la necesidad de hacer una revisión general de la condición actual de los puentes, debido a que actualmente, circulan cargas mayores a las de proyecto por la red nacional; ocasionando que las funciones estructurales se vean afectadas y se requiera de una supervisión constante para su conservación.

Además es de vital importancia para el país el traslado de personas y mercancías, a los centros de producción económica y centros de consumo, México cuenta con una extensa red de transportes aéreos, marítimos y terrestres. Esta última, está formada por la red nacional de carreteras. Por lo tanto conservar el buen estado del funcionamiento vial es de suma importancia, ya que permite alcanzar los grandes objetivos fijados en los planes de desarrollo y que se traduce en última instancia en elevar la calidad de vida de los habitantes.

El objetivo general de la tesis es exponer y analizar las etapas de la conservación de puentes carreteros (supervisión, evaluación y mantenimiento), con la finalidad de proponer una guía práctica, analizando los recursos para la inspección, los métodos de evaluación y los procedimientos de mantenimiento, en el proceso de la conservación de puentes carreteros en Chiapas.

CAPÍTULO 2

ANTECEDENTES

La ingeniería en la actualidad no se limita a la solución de problemas en sus correspondientes campos del conocimiento, sino que toma en consideración todas las variables que pueden afectar la aplicación de las soluciones y el desarrollo de proyectos. Una de estas variables es la economía y los costos, lo que puede cambiar las tomas de decisión o la forma en la que se deben plantear las soluciones, por esto se considera necesario que los ingenieros estén conscientes de la importancia de esta rama de la ingeniería la que cada día adquiere mayor importancia.

2.1.- GESTIÓN DE PUENTES

MODELOS DE GESTIÓN

En México se han desarrollado a través de la Dirección General de Conservación de Carreteras diversos modelos de gestión, actualmente se tiene en proceso de sustitución el sistema de gestión vial **SISTER** (Simulación de Estrategias de Mantenimiento Carretero, por sus siglas en francés), por el modelo **HDM-4** (Sistema para el Desarrollo y Gestión de Carreteras). Este modelo y el **SIPUMEX** (Sistema de Puentes de México) le permiten determinar de una manera sistemática, los trabajos de conservación requeridos en las carreteras federales libres de peaje. A continuación se describe brevemente cada uno de ellos.

Modelo de gestión HDM-4 (HIGHWAY DEVELOPMENT AND MANAGEMENT SYSTEM)

Es un conjunto de herramientas para el análisis técnico y económico de alternativas de inversión, relacionadas con la conservación y mejoramiento de las carreteras.

Los principales insumos que alimentan al Modelo son: el registro de los daños que presenta la superficie de rodamiento, el índice Internacional de Irregularidad (**IRI**), las roderas, las deflexiones de la estructura del pavimento y el número y composición vehicular del tránsito que circula en cada tramo carretero.

Sistema de puentes de México (SIPUMEX)

La Dirección General de Conservación de Carreteras (**DGCC**) tiene a su cargo la atención de los 6,854 puentes de la red federal de carreteras libres de peaje. Se requiere programar su atención oportunamente, en función de los recursos disponibles, y para ello, se utiliza el Sistema de Puentes de México (**SIPUMEX**).

El sistema cuenta con una base de datos en la que se tiene el inventario de todos los puentes con sus características geométricas y estructurales básicas, su ubicación, los materiales de que está construido (fig. 2.1) su estado físico y los datos de tránsito de los vehículos que soportan.

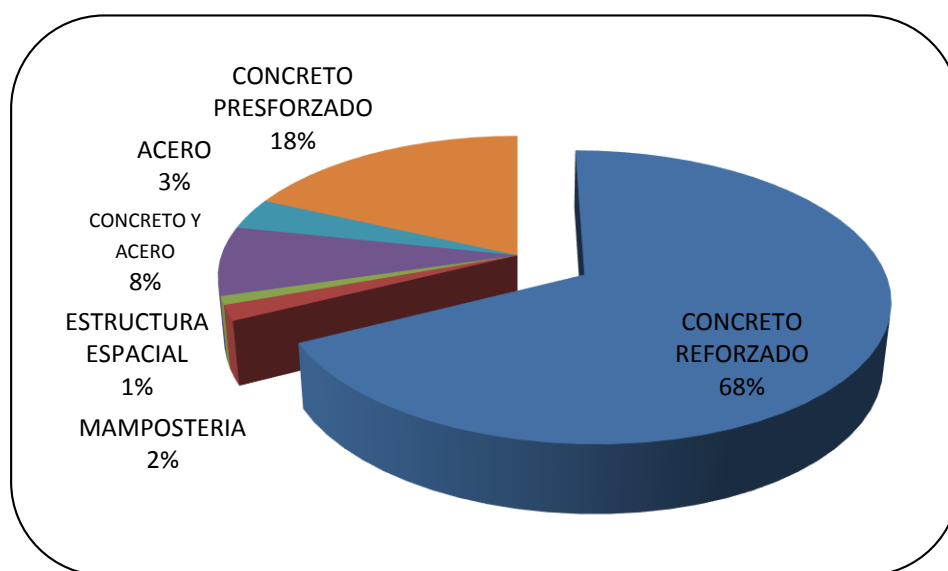


Fig. 2.1 Distribución de puentes por tipo de material.

Personal de los Centros **SCT** realiza las inspecciones visuales de los puentes que lo ameriten según una previa programación, y se actualiza la base de datos central localizada en la DGCC. Tal actualización, que en promedio se realiza cada dos años para cada uno de los puentes, permite detectar deterioros y deficiencias causadas por un diseño inadecuado o un procedimiento constructivo incorrecto; ello, por consiguiente, reduce al mínimo la probabilidad de que se colapse alguna estructura por causas ajenas a emergencia hidro-meteorológicas o sísmicas. Cabe mencionar que cuando se presentan dichas emergencias los puentes son inspeccionados nuevamente.

El estado físico de los puentes se denota con una calificación que va de "cero" (puentes que no requieren atención) a "cinco" (condición crítica de los puentes que requieren atención en el año en curso o en el siguiente). (Tabla 2.1)

CONCEPTO	
0	Estructuras recientemente construidas o reparadas, sin problemas.
1	Puentes en buen estado. No requieren atención.
2	Estructuras con problemas menores, plazo de atención indefinido.
3	Daño significativo, reparación necesaria en un plazo de 3 a 5 años.
4	Daño grave, reparación necesaria en un plazo de 1 a 2 años.
5	Daño extremo o riesgo de falla total. Se requiere reparación inmediata o al año siguiente.

Tabla 2.1.: Clasificación del estado físico de los puentes

Utilizando como parámetros la calificación de los puentes y el tránsito diario promedio anual de vehículos, se obtiene un listado de puentes en orden de prioridad, en el que se incluye el costo estimado de los trabajos requeridos. Este listado da origen al programa de estudios y proyectos de puentes del año en que se realiza la jerarquización y al programa de obras de reconstrucción de puentes del año siguiente. (fig. 2.2)



Fig. 2.2 SIPUMEX (Sistema de puentes de México)

2.2.- TÉCNICAS DE INSPECCIÓN

Con el paso del tiempo es normal que los puentes sufran un deterioro o desgaste de sus componentes por la acción de: las cargas, el clima, elementos contaminantes, movimientos sísmicos, impactos, explosiones, etc. Efectuando la reparación y refuerzo de éstos se obtiene un aumento o recuperación (según sean las necesidades) de la capacidad portante del mismo, con lo que podrán llegar al final de la vida útil prevista.

La magnitud de daños que puede presentar un puente y su complejidad, hacen que la mecánica de inspección y diagnóstico y el plan de intervención sean difíciles de seleccionar.

Al ser tan amplio el rango de posibilidades en la cuantificación de daños, es imposible aplicar una sola metodología para resolver la patología en ese momento estudiada. Es necesario entonces, adecuarse a la magnitud propia de cada caso; con lo que se pueden hacer desde diagnósticos inmediatos, hasta casos en los que se deban hacer análisis y ensayos específicos debido a la complejidad del problema.

Sea cual fuere el caso, el conocimiento de los registros de la obra en su ejecución es de particular importancia, ya que a partir de toda la información durante construcción se contará con elementos de juicio sólidos, que permitirán adoptar la mejor decisión posible.

Dentro del trabajo de detección de patologías en puentes se tienen que desarrollar tareas que permitan lograr un sistema de reparación fiable y competitiva frente a sistemas tradicionales; así mismo, la durabilidad de la reparación puede aumentar mediante el empleo de revestimientos protectores específicos.

La primera tarea dentro de un sistema de reparación será realizar la inspección de obra para determinar el estado de servicio que permita mantener un nivel de seguridad, confort y la durabilidad prevista bajo unas condiciones normales de explotación.

Inicialmente el objetivo de la inspección de obra sirve, como ya se ha comentado, para determinar el estado de servicio. Al inspeccionar, además de establecer medidas que garanticen la seguridad de los usuarios, habrá que:

- Identificar las causas que provocan o provocaron ese deterioro
- Conocer la dimensión del deterioro en cuanto a los efectos sobre las propiedades físicas y mecánicas de los materiales así como delimitar las zonas a reparar.
- Estudiar la variación en el tiempo de las condiciones a las que está sujeta la obra, como por ejemplo:
 - a) Evolución del lecho del curso de agua en relación con la extracción de materiales y que provoquen erosiones en los puentes.
 - b) Fuerte aumento de la circulación de grandes cargas sobre una estructura.
 - c) Accidentes como fuego o impacto de vehículos.

Como resultado de esta investigación se tendrá un conocimiento de las actuales características resistentes y funcionales de la estructura. Este conocimiento permitirá proponer una reparación o un refuerzo de la misma junto a unas posibles medidas preventivas.

2.2.1- EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONDICIÓN

Para empezar el análisis de una estructura se debe realizar un examen visual asociado con la toma de medidas "in situ" que cuantifiquen el deterioro y asimismo extraer toda la información que ayude a interpretar los desperfectos. Se citan las patologías que indican mal estado de funcionamiento.

Cuando se examina la estructura se deberán:

- Localizar todas las zonas dañadas
- Clasificarse por tipologías todos los desperfectos existentes
- Tomarse datos para elaborar unos planos de daños donde se reflejen la localización y tipo de daño para poder luego decidir qué zonas serán ensayadas

2.3.- CONSERVACIÓN DE PUENTES

En la red nacional de carreteras numerosos puentes presentan daños importantes, consecuencia de la acción agresiva de los agentes naturales y del crecimiento desmesurado de las cargas.

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, que por efecto de los cambios de temperatura, el intemperismoⁱ y otros agentes tienden a agrietarse y desconcharseⁱⁱ. Así como, el acero, es un material artificial inexistente en la naturaleza, que por efecto de la oxidación tiende a convertirse en un material más estable.

Refiriéndose 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 y, por otra parte, el desarrollo económico se ha reflejado en un notable incremento del parque vehicular. Esta situación explica los daños en las estructuras de pavimentos y

puentes, causados por el aumento de las solicitaciones mecánicas al aumentar el peso de las cargas rodantes y por la disminución de resistencia por efecto de la fatiga estructural ocasionada por el efecto de frecuencia en la aplicación de esas cargas.

Por estas razones, las entidades responsables de la operación de redes carreteras deben considerar la conservación de los puentes como una 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 este rezago, pueden señalarse las siguientes:

- Escasez de recursos.- La crisis económica en la que se ve inmerso nuestro país, motiva a un considerable descenso del gasto público y una minimización de recursos disponibles para llevar a cabo la conservación. Por el contrario la crisis debe ser motivo para conservar con mayor esmero la infraestructura existente ya que, de destruirse, sería imposible restituirla por la 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 (tercerías 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 y más frecuentes. Los materiales de los puentes son ciertamente más durables, pero no son eternos y su falta de conservación puede destruirlos, ocasionando pérdidas económicas cuantiosas e interrupciones más prolongadas del tránsito que con los pavimentos.
- 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 ya existentes resulta una tarea poco atractiva para la sociedad y sus dirigentes y queda, por tanto, en desventaja en 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. Puede decirse que un índice del desarrollo de una nación podría obtenerse en función de la proporción de recursos asignados a la conservación respecto al gasto total en construcción.

Aun cuando por su longitud, los puentes representan una porción pequeña de la red, constituyen eslabones vitales que garantizan la continuidad del funcionamiento de toda la red. Su colapso ocasiona, frecuentemente, pérdidas de vidas y cuantiosas pérdidas económicas, tanto por la obra destruida como por la interrupción o demora de la operación. Por estas razones, conservarlos es una necesidad esencial.

2.4.- OBJETIVOS

El objetivo principal de esta tesis es el siguiente:

Desarrollar un estudio de los costos de las acciones que intervienen en la rehabilitación y mantenimiento de los componentes de los puentes carreteros estatales en Chiapas, mediante una inspección a la estructura y un detallado análisis de precios según el daño o deterioro que presente y la zona en la que se encuentren ubicados éstos.

Así también se alcanzarán los siguientes objetivos secundarios:

- Optimizar los costos de rehabilitación y mantenimiento priorizando los puntos críticos de los componentes del puente, haciendo un análisis detallado de las fallas y daños más comunes que presenten basándose en él su uso y prioridad.
- Hacer una lista de las fallas más comunes que presentan los componentes de un puente en Chiapas.

- Analizar y priorizar las fallas que presentan estos componentes.
- Hacer un análisis de costos y evaluar los más solventes según la zona en la que esté ubicado el puente.
- Garantizar que el mantenimiento de los puentes de la red de puentes carreteros se lleve a cabo de una manera óptima.

2.5.- HIPÓTESIS

Los números puentes carreteros en el estado de Chiapas presentan diferentes características de funcionalidad, con respecto a su ubicación, años de vida, deterioro, etc., debido a esto se les efectuara un análisis y estudio detallado del desempeño para el cual están siendo requeridos, ya que con esto se podrá evaluar el estado de condición en el que se encuentra y dictaminar si necesitan de un mantenimiento cotidiano o de una rehabilitación ya sea urgente o para cumplir la vida útil de éste.

2.6.- METODOLOGÍA

Será necesario concentrar la mayor información posible sobre los puentes carreteros en Chiapas con campañas de inspección en campo que nos indicaran las condiciones actuales en las que se encuentran los puentes, también se hará una recopilación de tesis y libros referentes al tema para tener y poder hacer referencia en nuestro estudio.

Para ubicar los puentes a estudiar se tomarán las nueve zonas en las que está dividido el estado de Chiapas con el fin de llevar un buen control y clasificar de cada uno de ellos y con esto dar la seguimiento a aquellos que necesiten un estudio detallado para

valorar su estado asignando valores priorizando los componentes más críticos y por los cuales el puente pueda fallar o colapsar también definir si necesitan mantenimiento o si tienen que ser rehabilitados parcial o totalmente al evaluarlos tendremos que desarrollar un catálogo de tipos fallas y/o patologías más comunes que estos presenten y las causas por las cuales son originados.

Se propondrá hacer un análisis de costos y sobre costos por zona basado en la información recopilada y asignar valores priorizando los componentes más críticos y por los cuales el puente pueda fallar o colapsar.

Se concluirá en base al análisis de todos los datos compilados.

TIPOLOGÍA DE PUENTES EN CHIAPAS

3.1. CLASIFICACIÓN DE PUENTES.

En Alonso (2010), se describe que en la literatura especializada en puentes se pueden encontrar diversos tipos de clasificaciones de acuerdo a diversos conceptos, y son:

- El tipo de material utilizado en su construcción
- El sistema estructural predominante
- El sistema constructivo utilizado
- El uso del puente
- La ubicación de la calzada en la estructura del puente, entre otros.

Alonso, F. (2010). "Sistemas de Gestión de Puentes". Libro en publicación. 2010.

A continuación se presentan algunas de estas clasificaciones.

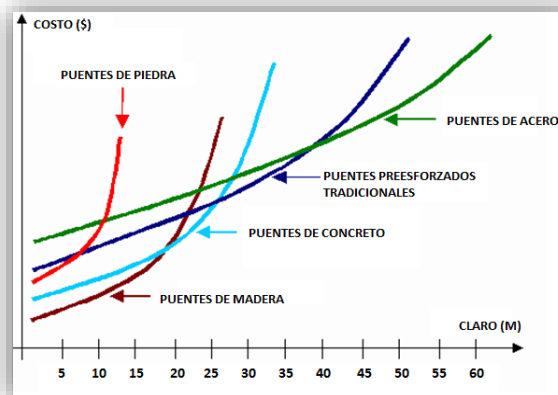
- 1. Según el material empleado.**
- 2. Según el obstáculo que salvan**
- 3. Según el sistema estructural**
- 4. Según su destino**
- 5. Según el anclaje**
- 6. Según el sistema constructivo empleado**
- 7. Según la ubicación de la calzada**
 - 7.1 Estructura arriba de la calzada**
- 8. Según el fundamento arquitectónico utilizado**

1.- Tomando en cuenta el material con el que el puente fue construido se pueden clasificar en:





Este tipo de clasificación no es la más adecuada, debido a que la estructura de un puente normalmente no está constituida de un único material, por lo cual, esta clasificación difícilmente se adapta a la realidad.



Por ejemplo, los puentes de arcos hechos con mampostería de ladrillos, normalmente tienen las bases construidas con mampostería de piedra ya que de este modo resultan más consistentes y más duraderos al embate de las aguas de un río.



2. Dependiendo del obstáculo que el puente salva, se pueden clasificar en:

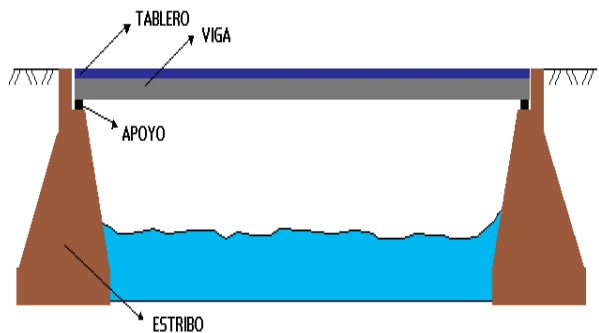


3.- Predominante puede ser...:

- a) Isostáticos
- b) Hiperestáticos

Aunque esto nunca será cierto al menos que se quiera lograr con mucho empeño, todos los elementos de un puente no podrán ser isostáticos, ya que por ejemplo un tablero apoyado de un puente está formado por un conjunto altamente hiperestático de losa de calzada, vigas y diafragmas transversales (separadores), cuyo análisis estático es complicado de realizar.

Este tipo de clasificación es cierta si se hacen algún tipo de consideraciones, como por ejemplo:



- Se denomina "puente isostático" a aquel cuyos tableros son estáticamente independientes uno de otro y, a su vez, independientes, desde el punto de vista de flexión, de los apoyos que los sostienen.



- Se denomina "puente hiperestático" aquel cuyos tableros son dependientes uno de otro desde el punto de vista estático, pudiendo establecerse o no una dependencia entre los tableros y sus apoyos.

También según el sistema estructural los puentes se pueden clasificar como:



- Puentes en arco (el elemento estructural predominante es el arco, utilizando como material de construcción el acero y que pueden ser estáticos o hiperestáticos). Pueden ser de:

1. Tablero superior
2. Acero con *tímpano de celosía*
3. Arcadas y de Concreto
4. Con tímpano abierto o macizo
5. Tablero inferior, discurriendo la calzada entre los arcos, paralelos o no, con diversos tipos de sujeción

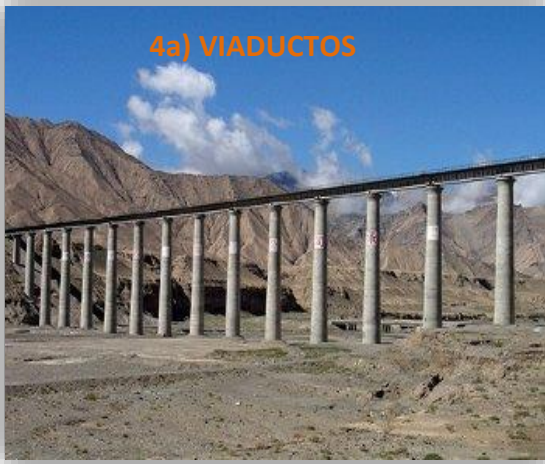


- Puentes colgantes. Constan de un tablero suspendido en el aire por dos grandes cables, que forman sendas catenarias, apoyadas en unas torres construidas sobre las pilas. El tablero puede estar unido al cable por medio de péndolas o de una viga armada. Existen diversos puentes colgantes con Claros superiores a 100.

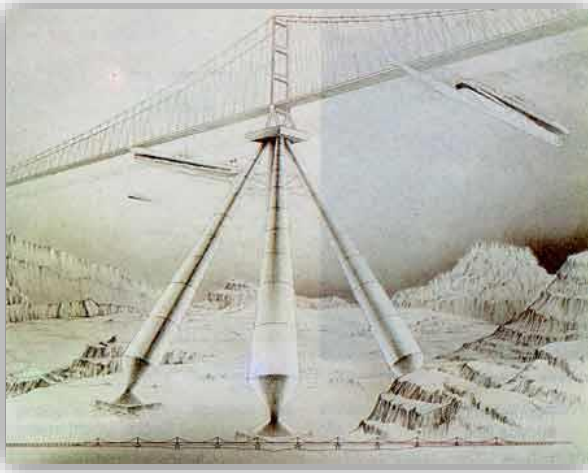


- Puentes de vigas Gerber (tienen tableros isostáticos apoyados sobre voladizos de tramos isostáticos o hiperestáticos).

4.- Los puentes se pueden clasificar en:



5.- Los puentes se pueden clasificar en:



5a) Puentes fijos: aparecen anclados de forma permanente en las pilas. Dentro de este tipo destacan los puentes de placas, cuya armadura es una plancha de hormigón armado o pretensado que salva la distancia entre las pilas. Es una construcción bastante usual en las autopistas.



5b) Puentes móviles: pueden desplazarse en parte para dar paso a embarcaciones



5c) Puentes de pontones: apoyados sobre soportes flotantes, generalmente móviles, y se usan poco.

6.- Esta clasificación generalmente se refiere al tablero.



6a) Colado in Situ: El colado de concreto se hace sobre un encofrado dispuesto en el lugar definitivo.



6b) Losa de concreto reforzado o presforzado sobre vigas prefabricadas (de concreto reforzado o presforzado en vigas metálicas, entre otros.).



6c) Tablero construido por voladizo sucesivos (por dovelas prefabricadas o vaciadas en sitio); puede ser construido por adición sucesiva de elementos de acero, soldados o empernados.



6g) Tablero lanzado (el tablero se construye en uno de los extremos del vano a cubrir y se lleva a su sitio deslizándolo sobre rodillos, suplementando el extremo delantero de la estructura con un elemento estructural auxiliar, llamado "nariz de lanzamiento")

7.- Los puentes pueden ser:

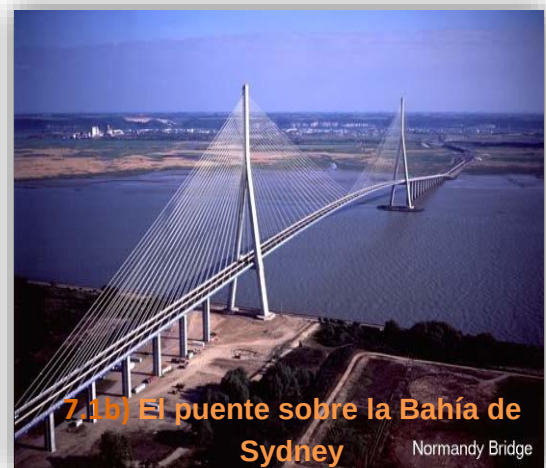


7a) De calzada superior: cuando la estructura portante del tablero está ubicada íntegramente debajo de la calzada.



7b) De calzada inferior: son los tableros cuya estructura portante está ubicada a los lados de la calzada sobresaliendo de su superficie o que esté ubicada por encima de la misma.

También hay puentes que tienen estructura por encima de calzada en algunos sectores y por debajo de ella en otros. Ejemplos de ello son:



Los puentes de doble nivel de calzada constituyen una mezcla auténtica de los dos tipos de calzada y ejemplos lo son:



8.- Los puentes por el diseño arquitectónico pueden ser:

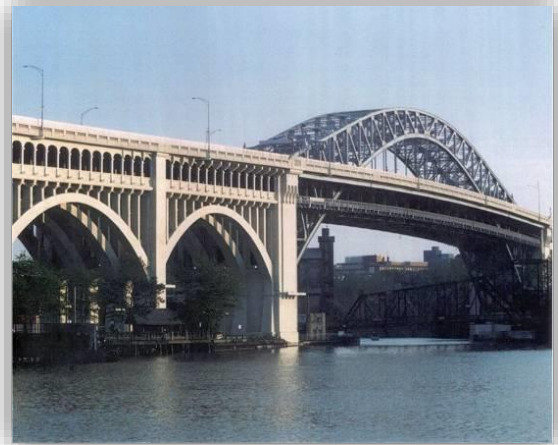
- Colgantes:
- i. Con armadura superior.
 - ii. Con armadura inferior.



- Atirantados:
- iii. Con forma de arpa.
 - iv. Con forma de abanico.
 - v. Con forma de haz.



En arco: vi. Superior.
 vii. Inferior.
 viii. A nivel intermedio.



Móviles: ix. Giratorio.
 x. Basculante.
 xi. Levadizo.



Pórticos:

xii. Un tramo

xiii. Varios tramos (isostática e hiperestática)

xiv. Articulado o Gerber



Con vigas simplemente apoyadas: xv. Un tramo

xvi. Varios tramos

xvii. Articuladas o Gerber

xviii. Articuladas o Gerber con pilas tipo consolas

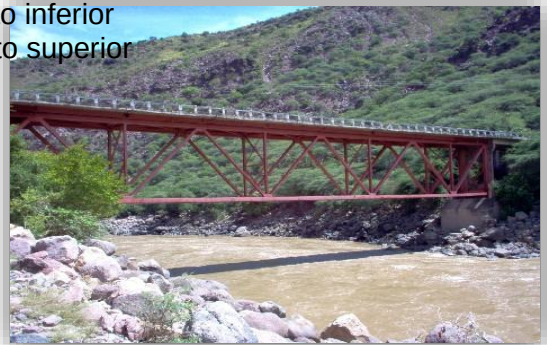
xix. Losa apoyada en vigas cajón



- Pórticos:
- xx. Empotrados.
 - xxi. Trilátero biarticulado
 - xxii. Con soportes inclinados
 - xxiii. De pórticos triangulados



- Armadura metálica:
- xxiv. Armadura y arriostramiento inferior
 - xxv. Armadura y arriostramiento superior
 - xxvi. Tipo Bayley



- Compuestos:



3.2.- COMPONENTES ESTRUCTURALES DE UN PUENTE.

Los puentes son indispensables para el funcionamiento de las vías de comunicación, para esta investigación conoceremos a los componentes estructurales de éste (Alonso F.´10).

A continuación se describen las partes más importantes de un puente y como se componen estructuralmente.

Cuando se define la estructura de un puente, generalmente estos se dividen en dos categorías: Componentes de la superestructura y componentes de la subestructura.

Superestructura: Es la parte del puente en donde actúa la carga móvil, y está constituida por:

- Losa del tablero
- Vigas longitudinales y transversales
- Banquetas y parapetos
- Capa de rodadura
- Otras instalaciones

Subestructura: Es la parte del puente que se encarga de transmitir las solicitaciones al suelo de cimentación, y está constituida por (fig. 3.2.1):

- Estribos
- Pilas
- Aleros

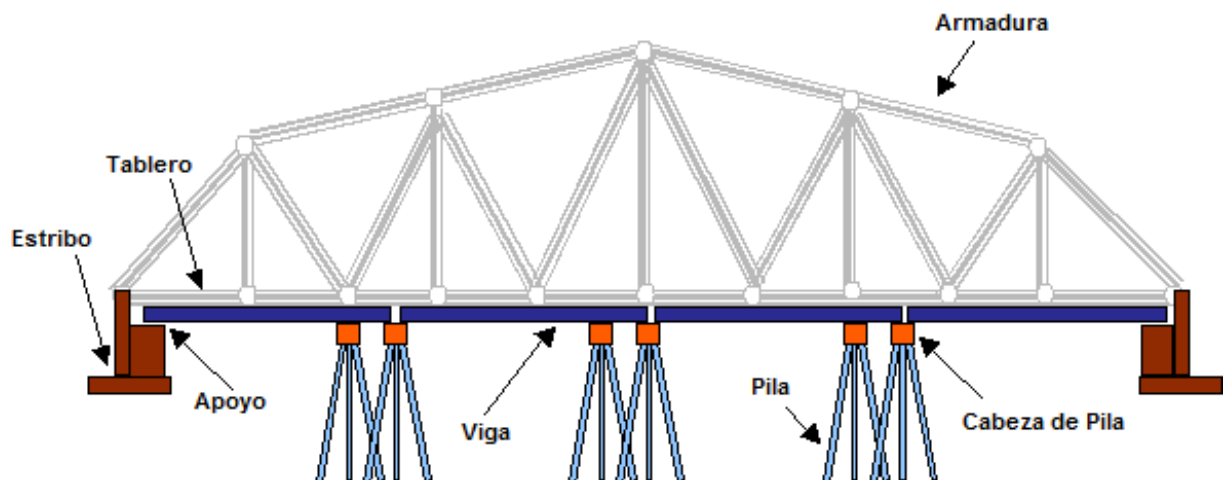


Fig. 3.2.1.- Superestructura y Subestructura

A continuación se define brevemente cada uno de los componentes estructurales.

Superestructura (cuadro 3.2.1)

El **Parapeto** es un elemento estructural de protección que sirve para evitar la caída al vacío de personas o de vehículos de un puente, pueden ser metálicos, de concreto o compuesto.

La **Viga** de un puente es elemento estructural constructivo lineal que trabaja principalmente a flexión. En las vigas la longitud predomina sobre las otras dos dimensiones y suele ser horizontal. En puentes se emplean vigas a base de chapas metálicas, concreto reforzado, concreto presforzado y madera.

Los **Apoyos** son elementos que permiten el giro de una viga y absorben la vibración de las vigas de acero o concreto.

El **Tablero** es el elemento estructural de concreto reforzado que soporta el paso de los vehículos o personas y sobre él va la superficie de rodadura del puente.

El **Arriostramiento** son contrafuertes de elementos metálicos que impiden el pandeo lateral de las vigas metálicas de un puente.

Los **Atiesadores** son elementos metálicos verticales que refuerzan el alma o canto de una viga metálica.

El **Diafragma** es un elemento contrafuerte similar al arriostramiento en estructuras metálicas.

Subestructura (cuadro 3.2.1)

El **Estribo** es la parte de un puente destinada a soportar el peso del tablero.

Sus objetivos son los siguientes:

- Transmitir el peso del mismo a la cimentación.
- Mantener la disposición de la tierra que conforma el terraplén.
- Unir la estructura a las vías de acceso.
- Servir de apoyo a un arco dentro de una estructura.

El **Tope sísmico** es un elemento estructural que impide el desplazamiento lateral de la viga ante acciones dinámicas.

Las **Pilas** son la parte vertical de la estructura de un puente o viaducto, sobre la cual se apoyan las vigas o tableros de éste y transmite esas cargas a la cimentación.

La **Cabeza** de la pila es el elemento que transmite las cargas de las vigas a la pila.

El **Pedraplén** es un conjunto de piedras que se ubican alrededor de un elemento estructural para evitar el deterioro o erosión del mismo.

El **Gálibo** es la distancia entre la parte inferior de la superestructura y el nivel medio del curso de agua.

Cuadro. 3.2.1. Súper y subestructura.



CAPITULO 4

INSPECCIÓN Y EVALUACIÓN DE PUENTES CARRETEROS.

Una de las partes más vulnerables en una red carretera son las estructuras de los puentes debido al proceso de deterioro de los materiales y al incremento en las cargas sobre los mismos. Un fallo en este tipo de estructuras puede provocar la interrupción parcial o total del tráfico sobre ellos, generando problemas al usuario que van desde pérdidas de tiempo hasta económicos. Básicamente, las autoridades encargadas de este tipo de estructuras frecuentemente ponen más atención a las estructuras nuevas, dejando en segundo término lo referente a la condición y comportamiento de las estructuras existentes.

4.1.- CAMPAÑAS DE INSPECCIÓN

Es normal que con el paso del tiempo los puentes sufran el deterioro de sus componentes debido a diferentes acciones tales como: las cargas, el clima, elementos contaminantes, movimientos sísmicos, impactos, explosiones, etc. Habiendo acciones de reparación y/o mantenimiento de éstos se obtiene un aumento o recuperación (según sean las necesidades) de la capacidad portante del mismo, con lo que podrán llegar con premura al final de la vida útil prevista.

La magnitud de daños que puede presentar un puente y su complejidad, hacen que la mecánica de inspección, diagnóstico y el plan de intervención no sean tan simples de seleccionar.

Al ser tan amplio el rango de posibilidades en la cuantificación de daños, no se puede aplicar una sola metodología para resolver la patología detectada. Se hace necesario entonces, adecuarse a la magnitud propia de cada caso; con lo que se pueden hacer desde diagnósticos inmediatos, hasta casos en los que se deban hacer análisis y ensayos específicos debido a la complejidad del problema.

Sea cual fuese el caso, el conocimiento de los registros de la obra en su ejecución es de particular importancia, ya que a partir de toda la información recopilada durante y al

final de la construcción se contará con elementos de juicio sólidos, que permitirán adoptar la mejor decisión posible.

Dentro del trabajo de detección de patologías en puentes se tienen que desarrollar tareas que permitan lograr un sistema de reparación fiable y competitiva; así mismo, la durabilidad de la reparación puede aumentar mediante el empleo de revestimientos protectores específicos.

Como se dijo anteriormente cada Administración y/o Dependencia presenta diferente metodología para hacer una inspección, he aquí un primer ejemplo:

La primera tarea dentro de un sistema de reparación será realizar la inspección de obra para determinar el estado de servicio que permita mantener un nivel de seguridad, confort y la durabilidad prevista bajo unas condiciones normales de explotación.

Inicialmente el objetivo de la inspección de obra sirve, como ya se ha comentado, para determinar el estado de servicio. Al inspeccionar, además de establecer medidas que garanticen la seguridad de los usuarios, habrá que:

- Identificar las causas que provocan o provocaron ese deterioro
- Conocer la dimensión del deterioro en cuanto a los efectos sobre las propiedades físicas y mecánicas de los materiales así como delimitar las zonas a reparar.
- Estudiar la variación en el tiempo de las condiciones a las que está sujeta la obra, como por ejemplo:
 - a. Evolución del lecho del curso de agua en relación con la extracción de materiales y que provoquen erosiones en los puentes.
 - b. Fuerte aumento de la circulación de grandes cargas sobre una estructura.
 - c. Accidentes como fuego o impacto de vehículos.

Como resultado de esta investigación se tendrá un conocimiento de las actuales características resistentes y funcionales de la estructura. Este conocimiento permitirá proponer una reparación o un refuerzo de la misma junto a unas posibles medidas preventivas.

Usando la otra metodología propuesta en [Alonso, F. \(2010\). “Sistemas de Gestión de Puentes”. Libro en publicación. 2010](#). Los objetivos de una inspección son:

- Determinar la condición actual de la estructura.
- Detectar la presencia de defectos.
- Determinar la causa y extensión del deterioro.
- Evaluar la efectividad de las diferentes técnicas de reparación.
- Proveer información necesaria para evaluar la capacidad de carga.

De forma general, las inspecciones se pueden clasificar en cuatro grandes grupos:

- Superficiales
- Generales
- Mayores, y
- Especiales.

La descripción detallada de cada una de ellas se presenta a continuación:

- Inspecciones superficiales. Estas inspecciones normalmente se llevan a cabo por personal encargado del mantenimiento, que en la mayoría de los casos no poseen conocimientos especiales en ingeniería de puentes. Este tipo de inspección se hace con la finalidad de obtener un estado de condición de la estructura para poder proporcionar mantenimiento requerido o para observar si han ocurrido cambios en su estado de condición para determinar anomalías mayores en o alrededor de la estructura. Por sí mismas, estas inspecciones son solo chequeos rutinarios para detectar deficiencias obvias que podrían poner en peligro provocar accidentes a los usuarios, así como para evitar altos costos de mantenimiento.
- Inspecciones Generales. Son inspecciones visuales que se realizan a todas las partes accesibles de la estructura sin utilizar un equipo especial. Estas inspecciones normalmente son llevadas a cabo por técnicos o por ingenieros que han recibido cursos sobre patologías estructurales de puentes. Este tipo de

inspecciones se realizan para detectar todos los defectos que puedan ser vistos y evaluar la condición de la estructura. Es recomendable que se lleve a cabo una inspección general dos o tres veces al año. Esta inspección de la estructura se realiza desde los tableros de los puentes o desde los accesos al mismo y no requiere que se analicen los alrededores del mismo.

- Inspecciones mayores. Son inspecciones visuales más profundas de todas las partes que corresponden a un puente y es necesario que se realicen también en zonas adyacentes al mismo y si la estructura se encuentra sobre río se debe de inspeccionar además el cauce. Este tipo de inspecciones debe ser realizado por ingenieros que tengan experiencia en ingeniería de puentes o que hayan recibido cursos especiales de patología estructural que los cualifique o les de la capacidad técnica necesaria para llevar a cabo este tipo de inspección. Es necesario contar con equipo especial para realizar este tipo de inspecciones, por lo que se recomienda llevar a cabo estas inspecciones cada cinco o diez años, aunque puede este período de tiempo recomendado puede variar dependiendo de las condiciones estructurales y de otros factores como son la capacidad de carga, deflexiones, asentamientos, abertura de juntas o fenómenos naturales imprevistos. El alcance de estas inspecciones depende mucho de la complejidad de la estructura y de su condición.
- Inspecciones especiales. Son realizadas en estructuras en las que se necesite una información más detallada. Y debe de incluir una investigación más detallada de un problema específico. Pueden realizarse a la estructura completa pero lo más usual es realizarla en algunos componentes o elementos que requieren este tipo de inspección y también se requiere de medidas detalladas en el sitio y de pruebas de laboratorio, así como de pruebas no destructivas para determinar el grado de deterioro que presente o que tan grave es la patología del daño para la estructura en general.

En México la Secretaría de Comunicaciones y Transporte (SCT), que es la encargada del mantenimiento y reparación de la red federal de puentes del País, cuenta con un formato de inspección que esta empleado en el sistema de gestión de puentes que utiliza (SCT, 1996).

En el estado de Chiapas, la Administración encargada de la red estatal de carreteras es la Comisión de Caminos, y no cuenta con un formato específico para reportar las inspecciones que se llevaban a cabo en los puentes estatales, debido principalmente a que desde los años ochenta no se había desarrollado ninguna campaña de inspección. En este trabajo se propuso desarrollar un formato de inspección específico para los puentes de la red estatal dependiendo de las necesidades de la Administración y del modelo de optimización propuesto en esta investigación.

4.2.- SISTEMA DE GESTIÓN DE PUENTES (SGP)

El término gestión se puede definir como el proceso en el cual se toman las decisiones para seleccionar y priorizar las acciones necesarias para mantenerla fiabilidad de un puente dentro de sus límites aceptables teniendo en cuenta su vida útil y su estado de condición actual.

La gestión de puentes, como concepto, se desarrolló a finales de los años sesenta y fue establecida en la forma de una sistematización de los procesos de mantenimiento consistentes en la inspección, evaluación de la condición, la valoración de la capacidad portante, planeamiento del mantenimiento y reparación o refuerzo óptimo. Una gestión de puentes efectiva requiere de ciertas consideraciones del conjunto de puentes para poder definir el tipo de acción a desarrollar en cada uno de ellos dependiendo del problema que presente, pudiendo ser acciones de mantenimiento o de rehabilitación.

A principios de los años ochenta el concepto de gestión de puentes se fue desarrollando en paralelo con el desarrollo de los ordenadores. De manera parecida a como se iba haciendo para los pavimentos de carretera, varios Departamentos y Administraciones encargadas del Transporte empezaron a desarrollar SGP para asistir a la evaluación de sus inventarios de puentes y mejorar la decisión de los procesos para todas las actividades de los puentes, incluyendo el mantenimiento y la rehabilitación.

En la actualidad, con el avance en las técnicas de reparación de puentes dañados, los SGP no se deben tener desde la perspectiva aislada de la estructura, sino como un concepto global en la conservación del conjunto de estructuras que pertenecen a una red

de puentes carreteros o que pertenecen o son responsabilidad de una misma administración. Por lo anterior, el objetivo de la gestión de puentes se ha visto ampliado, ya que debe mantener un nivel de servicio y de seguridad en todas las estructuras que integran la red, asegurando que los recursos asignados en las reparaciones deben estar plenamente justificados y que la inversión proporcione la más alta rentabilidad en el mantenimiento total de la red.

Debido a los problemas asociados con las limitaciones en los recursos disponibles para preservar la funcionalidad, seguridad, capacidad de carga y condiciones satisfactorias de las estructuras de los puentes, muchas autoridades de América y Europa (Figura 4.1) han implementado varios tipos de bases de datos, con el propósito fundamental de prestar ayuda en las decisiones de las actividades que se deben realizar para preservar o mejorar las condiciones de un conjunto de puentes con el presupuesto anual o en un periodo definido de tiempo. Estas bases de datos generalmente proporcionan información sobre el inventario y condiciones de los puentes, con la ayuda de la informática estas grandes bases de datos pueden ser manipuladas en diferentes formas y para diferentes propósitos. La posibilidad de la manipulación para propósitos específicos de todos los datos relacionados a la estructura del puente es una base para el desarrollo de un SGP.



Fig. 4.1. Países en donde el concepto de gestión de puentes ha sido implementado (Alonso, 2006).

4.3.- EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONDICIÓN

Para empezar el análisis de una estructura se deberá realizar un examen visual asociado con la toma de medidas "in situ" que cuantifiquen el deterioro y asimismo extraer cuanta información ayude a interpretar los desperfectos. Se citan las patologías que indican mal estado de funcionamiento.

El objetivo fundamental de evaluar el estado de condición de un puente es el de proporcionar a las autoridades responsables de su mantenimiento la apreciación de la situación actual del mismo, además de proporcionar datos sobre la intensidad y extensión de los defectos o daños observados, la causa que los puede producir y el posible proceso de deterioro y el impacto de los mismos en la seguridad y en la vida de servicio útil de la estructura. Con los datos que se obtienen en la evaluación se puede estimar las intervenciones posibles y por lo tanto se puede plantear a la Administración una estimación de los costes de las acciones de mantenimiento y/o reparación que los puentes necesiten.

La evaluación del estado de condición de una estructura no siempre es una tarea fácil, ya que frecuentemente el deterioro es un proceso que ocurre debido a diversas causas, por lo que se dificulta definir las principales causas que producen este proceso. Cuando el problema que produce el deterioro se encuentra bien definido se puede proponer y ejecutar un tratamiento eficiente al defecto o daño que presente la estructura. Para cada uno de ellos se han desarrollado diferentes tipos de acciones de reparación o rehabilitación y estas acciones se proponen dependiendo de las posibilidades tecnológicas con que se cuente, así como también de los requerimientos necesarios para proporcionar la mayor seguridad a los usuarios, garantizar la vida útil de la estructura, los requerimientos operacionales durante la reparación o rehabilitación y el presupuesto disponible para cada una de las acciones a desarrollar. Los objetivos principales que se proponen para llevar a cabo una evaluación del estado de condición de un puente se definen en el proyecto europeo COST (2003) y son los siguientes:

- Detectar los posibles procesos de deterioro.
- Proporcionar un indicador de la condición del puente y sus elementos.
- Proporcionar la prioridad de la estructura para estrategias de mantenimiento y/o reparación urgente.
- Optimizar los presupuestos asignados a mantenimiento urgente.

Para llevar a cabo este proceso de evaluación, se requiere contar con una serie de requisitos, con la idea de que los resultados obtenidos puedan ser utilizados en análisis más detallados posteriormente, entre algunos de estos requisitos se encuentran los siguientes:

- El puente debe ser inspeccionado regularmente y determinar los intervalos de tiempo desde el inicio de la estructura, es decir cuando la estructura se construyó o recibió una reparación mayor.
- Se deben ejecutar diferentes niveles de inspección con personal debidamente entrenado y que cuente con el equipo necesario y adecuado.
- Es necesario contar con un historial del puente, debido a que muchos defectos o daños tienen origen en la fase de construcción. Lo anterior puede ser muy útil en la evaluación del estado de condición del puente.
- Es necesario tener un catálogo bien definido de defectos, daños, procesos de deterioro y sus posibles causas.
- Los inspectores deben conocer métodos bien definidos de cuantificación de los defectos o daños con respecto a la intensidad y a la extensión de los mismos. También conocer los posibles impactos que éstos pueden causar en la seguridad de los usuarios y en la durabilidad de los elementos del puente.

Al desarrollar una buena inspección y contar con un buen proceso de evaluación del estado de condición de la estructura se gana experiencia y conocimiento y esto conlleva al desarrollo de nuevos procedimientos para la evaluación o para mejorar los procesos existentes.

En la revisión de los procesos existentes para la evaluación del estado de condición realizado en el marco del proyecto Europeo BRIME (2001), la mayoría de los procesos usan un índice de condición como una medida del estado de condición en que se encuentra el puente y sus elementos en el momento de la inspección. La diferencia principal entre estos tipos de procedimientos es el método que cada uno de ellos emplea para cuantificar el índice de condición. Este índice de condición es una medida efectiva para cuantificar de una manera relativa el deterioro general de la estructura. Estos procesos se han desarrollado para la gestión de puentes, con el propósito de identificar que estructura se encuentre más dañada, con el fin de proponer posibles inspecciones detalladas y así poder establecer las prioridades para posteriores rehabilitaciones. La evaluación del estado de condición se debe basar en una simple calificación de cada uno de los componentes inspeccionados o de la estructura en general. La evaluación de cualquier proceso de deterioro debería tener en cuenta todos los tipos de defectos vistos durante la inspección, en especial en aquéllos que pueden producir un impacto sustancial en la seguridad y durabilidad de algún miembro del puente o de la estructura en general.

Por lo tanto, la evaluación del estado de condición de un componente que se considere dañado debe contar al menos con:

- El tipo de daño y su efecto en la seguridad y/o durabilidad de la estructura.
- Efectos del componente afectado en la seguridad y estabilidad del puente o del propio componente.
- La intensidad máxima de cualquier defecto o daño de los miembros sin ser inspeccionados.
- La extensión y la propagación esperada del daño en el miembro inspeccionado dentro del componente.

En la revisión que el proyecto europeo BRIME, realizó a los métodos que se emplean en Países de Europa y en los Estados Unidos de América para evaluación del estado de condición de los puentes, se observó que existen básicamente dos enfoques para la evaluación de la condición de una estructura completa basada en la evaluación de la condición de sus elementos.

- El primero se basa en un índice acumulativo de la condición, donde el daño más severo en cada elemento se suma para cada luz de la superestructura, cada parte de la subestructura, la vía y los accesorios. El resultado final es el índice de condición, el cual puede ser usado para proponer una prioridad preliminar de la estructura.
- El segundo método usa el índice de condición más alto de los componentes del puente como también el índice de condición de la estructura misma.

CAPITULO 5

CATÁLOGO DE FALLAS Y ACCIONES DE MANTENIMIENTO EN PUENTES

Se puede clasificar a los puentes por la importancia que tienen en grandes estructuras, y generalmente se encuentran a cargo de la Administración Pública y dependen tanto del nivel Federal, como Estatal y Municipal, y requieren, para su mantenimiento, de una planificación cuidada para su correcta conservación, como se mencionó anteriormente.

Debido a su simplicidad estructural, los puentes tienden a ser particularmente vulnerables algún daño incluso a un colapso total debido a las fallas provocadas por su no mantenimiento o incluso algún desastre natural.

Cuando se trata de edificios, las fallas estructurales no siempre tienen consecuencias fatales, puesto que la alta redundancia propia de estos sistemas permite una redistribución de esfuerzos si es necesario. Por otro lado, los puentes generalmente presentan poca o ninguna redundancia en su sistema estructural. Por lo que la falla de un elemento o en la conexión entre éstos puede provocar daño severo o colapso de la estructura.

5.1.- TIPOS DE PATOLOGÍAS

Históricamente, la presentación de problemas, lesiones o patologías en las estructuras son tan antiguos como el inicio mismo de la construcción; habiendo registro de éstas desde hace muchísimos siglos. En la historia reciente, alrededor de 1856 en Inglaterra surgían iniciativas para llevar un registro sistemático sobre problemas de ingeniería civil [Fernández Cánovas, 1994].

La vida útil de diseño de un puente es de 100 años, aunque por diversos factores muchos puentes no llegan a cumplir la vida útil de diseño. Lo anterior se debe a diversas causas entre las cuales se encuentran: “partiendo del *PROBLEMA* que se da en un puente existente (concreto deteriorado, existencia de fisuras, desconches, corrosión de armaduras pasivas y de pretensado, etc.), se hace necesario determinar las causas del deterioro”.

Las causas pueden ser:

- a) acciones excepcionales y accidentales
 - terremotos, deslizamientos de tierras
 - huracanes, tornados
 - explosiones
 - impactos de vehículos y/o barcos
 - incidentes debidos a operaciones de pretensado
 - asentamientos
- b) acciones ambientales(factoros climáticos)
 - ataque químico
 - carbonatación
 - hielo
 - deshielo
- c) deformaciones impuestas
 - asentamientos diferenciales
 - efectos térmicos
 - efectos en el tiempo: retracción y fluencia
- d) fuego
- e) sobrecargas
- f) edad
- g) falta de acciones de mantenimiento
- h) uso continuo

Las cuales son las causantes principales de las patologías que aparecen a lo largo de la vida útil del puente; por ello y para cumplir con lo establecido en el diseño es necesario realizar inspecciones periódicas que indiquen el estado de condición del puente y proponer acciones de mantenimiento periódico programado para conservarlas en el mejor estado de condición posible y así cumplir con la función para la cual han sido construidas.

En la literatura especializada en esta área, se puede observar que existen una serie de patologías frecuentes que se pueden observar en los componentes estructurales de los puentes. En la Tabla .5.1 se presentan estas patologías y las posibles causas que las provocan.

Patología	Causa
Grietas y Fisuras	• Incremento de cargas. • Materiales de mala calidad. • Inestabilidad elástica (<u>Pandeo</u>) • Concreto <u>mal vibrado</u> y mal curado. • Colado durante temperaturas ambiente extremas. • Deslizamiento del <u>terreno</u>. • Fallos en las cimentaciones.
Deterioros en el Concreto hecho en obra y prefabricado	Se presentan en forma de desconchado, nidos de avispa, desprendimientos, disgregación, entre otros. • Ausencia o pérdida de recubrimiento en el acero de refuerzo. • Impermeabilización incorrecta o faltante. • Ejecución de colado con temperaturas ambientes extremas. • Vibrado insuficiente del Concreto. • Mala calidad del Concreto. • Contaminación de los agregados.
Cimentaciones Socavadas	• Tipo de cimentación inadecuada. • Ausencia de protecciones necesarias. • Acción continua del agua. • Inundaciones, avenidas máximas. • Incorrecta ubicación de los cimientos en cauces.

Pilas Erosionadas	• Ausencia de protecciones necesarias (Construcción curva agregada a las pilas del puente para dividir la corriente del río). • Acción continúa del agua.
Muros y Estribos con Deslizamientos o Cabeceos	• Soluciones estructurales mal ejecutadas: Juntas, empotramientos, apoyos, etc. • Incremento notable de cargas. • Vegetación. • Terreno mal compactado. • Avenidas extraordinarias, acción del agua. • Deslizamientos de tierra.
Fallas en los Apoyos	• Dimensionamiento incorrecto de los apoyos. • Exceso o falta de reacción vertical. • Apoyo inadecuado.
Fallas en las Juntas	• Dimensionamiento incorrecto de las juntas del puente. • Impactos vehiculares. • Desgaste o ausencia del material de la junta. • Junta inadecuada.
Estructuras Metálicas Oxidadas	• erosión continúa por fenómenos climáticos. • Deformaciones por impactos o por el ataque de óxido. • Ausencia de protección sobre las superficies metálicas.
Deterioros generales	• Por impactos producidos por el tráfico: en bordillos, parapetos, banquetas y defensas. • Por impactos en las vigas debido a la falta de gálibo (altura de paso en túneles y puentes). • Por desgaste y envejecimiento. • Por falta de mantenimiento.

Tabla 5.1.: Patologías y posibles causas que las provocan

A continuación se presentan las patologías más comunes en cada uno de los componentes del puente y las acciones de mantenimiento y/o rehabilitación que se pueden aplicar para corregir cada patología.

5.2.- PATOLOGÍAS COMUNES EN LOS PUENTES DE CHIAPAS

Patologías comunes en la superficie de rodamiento del puente

Patologías Típicas

Estas patologías se presentan debido al desnivel y al mal manejo de las aguas que escurren sobre los tableros del puente y son provocados por un inadecuado bombeo y por la falta de drenes en el tablero, y se presentan en forma de desconchamiento y baches generalizados y fisuras de tipo de escamas en la carpeta asfáltica (Fig. 5.2.1). En las carpetas de rodadura en concreto, producen una descomposición del material por la acumulación de agua combinado con la insuficiente capacidad estructural (Figura 5.2.2). Los daños principales son: la deficiencia estructural, asentamiento en el terraplén de acceso, falta de capacidad de carga y aumento de las carga por eje del tráfico.



Fig. 5.2.1



Fig. 5.2.2

5.3.- TIPOS DE MANTENIMIENTO Y REHABILITACIÓN

Acciones de mantenimiento y rehabilitación comunes

Cuando en la evaluación del estado de condición de la superficie se determina un estado de condición malo o dañado se debe realizar el diseño de una nueva carpeta, poniendo especial detalle en el diseño de la superficie de rodadura para tableros flexibles de puentes colgantes, de armadura o atirantados.

En la Tabla 5.2.1 se muestran para algunas de las patologías frecuentes en este elemento, las acciones de mantenimiento o rehabilitación y la descripción de la misma.

Tipo	Descripción
Cambio de Pavimento Asfáltico	Remoción completa del pavimento antiguo y limpieza de la superficie. Reparación de posibles daños en la parte superior de la losa. Aplicación de una membrana adhesiva bituminosa ('tackcoat') y colocación de una nueva carpeta asfáltica, mezclada cuidadosamente según especificaciones.
Cambio de Pavimento de Concreto	Remoción del pavimento antiguo. Limpieza de la superficie y reparación de posibles daños en la parte superior de la losa. Colocación de un pavimento nuevo de concreto.
Tratamiento Superficial	Distribución del aglutinante (asfalto) seguido por colocación de agregados de rocas trituradas. Compactación (rodillos neumáticos) y posterior remoción de agregados sobrantes. Es recomendable introducir señales para reducción de velocidad vehicular, hasta que se realice la limpieza final de la calzada.
Reparación de pavimento	Limpieza de la superficie, y remoción de partes sueltas. Arreglo de la capa asfáltica de forma que las excavaciones tengan superficies de corte verticales. Aplicación de liga de riego, y colocación de una mezcla asfáltica apropiada. Compactación de la mezcla.

Tabla 5.2.1.: Patologías frecuentes y acciones de rehabilitación/mantenimiento.

Patologías comunes en Juntas

Patologías

Una de las causas principales del deterioro en las juntas se debe a la infiltración y a la falta de diseño estructural para soportar las acciones y deformaciones en las mismas. Estas acciones pueden ser el impacto, probables desniveles y la falta de limpieza en las juntas o juntas tapadas por la carpeta asfáltica. (Fig. 5.2.3, 5.2.4 y 5.2.5).



Fig. 5.2.3

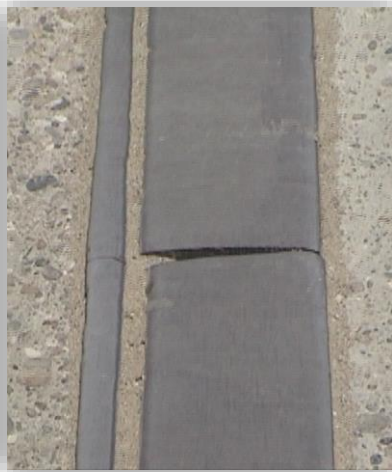


Fig. 5.2.4

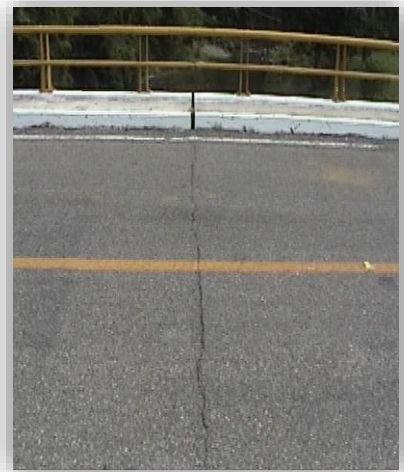


Fig. 5.2.5

Así también se presentan patologías producidas por la descomposición del concreto cercano a la junta (Fig. 5.2.6) y al desprendimiento de los elementos de la junta producido por el impacto (Fig. 5.2.7). Cabe mencionar que la falta de juntas también es una patología que es de este rubro.



Fig. 5.2.6

Fig. 5.2.7

Acciones de mantenimiento y rehabilitación comunes

Es recomendable darles limpieza a las juntas para evitar el mal funcionamiento, así como también se debe realizar un análisis y un diseño de la reparación de juntas existentes o para la construcción de juntas nuevas. La selección de la junta es muy importante en el proceso de diseño y depende del tipo de puente y de la longitud del mismo. En el diseño actual de puentes de varios claros, se propone la idea de eliminar las juntas intermedias y rediseñar las exteriores y también en base a los estudios realizados en otros países se propone utilizar juntas con sello asfáltico en puentes menores o iguales a 50 m y para puentes de mayor longitud se proponen las tradicionales juntas especiales de neopreno o dentadas. En la Tabla 5.2.2 se presentan las acciones más comunes para la rehabilitación de juntas.

Tipo	Descripción
Reparación de junta	Limpieza. Mejoramiento de partes metálicas no dañadas. Cambio de elementos no metálicos.
Cambio de junta de acero	Retiro de la junta existente. Limpieza del sitio y colocación de la junta nueva según especificaciones y directrices del productor
Cambio a junta de goma Asfáltica	Remoción del material asfáltico existente. Adecuación y limpieza de la junta. Colocación de la placa de acero al fondo de la junta. Instalación del material asfáltico nuevo

Tabla 5.2.2.: Patologías frecuentes y acciones de rehabilitación/mantenimiento.

Patologías comunes en Banquetas y Parapetos

Patologías típicas

Los banquetas de concreto reforzado generalmente están deteriorados y con el acero de refuerzo expuestos (Fig. 5.2.8), siendo la causa principal de deterioro los impactos que se producen en ellas. En los parapetos de concreto, metálicos o mixtos también se produce este tipo de deterioro como se puede apreciar en la fig. 5.2.9.

Además es frecuente el robo de partes del parapeto. En parapetos metálicos la ausencia de acciones de mantenimiento provoca corrosión en los mismos debido a la falta de pintura anticorrosiva (Fig. 5.2.10).



Fig. 5.2.8



Fig. 5.2.9



Fig. 5.2.10

Acciones de mantenimiento y rehabilitación comunes

De acuerdo con el tipo de daño identificado, se deben realizar algunos ensayos de patología, para establecer los procedimientos adecuados de reparación. En parapetos metálicos es importante verificar la calidad de la pintura, ya que esto asegura la vida útil de la misma, es necesario asegurar una adecuada señalización para evitar los impactos

en los mismos. Para las banquetas con daños importantes es necesario el cambio o la reparación del concreto dañado o la ampliación de las mismas. En la Tabla 5.2.3 se muestran algunas acciones comunes de reparación.

Tipo	Descripción
Reparación o ampliación de banquetas	Demolición de la sección dañada y restitución de la misma sección o por una mayor por medio de materiales buenos y aptos
Reparación de concreto	Para el caso de concretos con hormigueros o descompuestos consiste en su reparación, para proteger el acero expuesto
Reparación de parapetos de Concreto	Eliminación de la sección dañada, limpieza, restauración del acero de refuerzo y colocación de concreto
Reparación de parapetos metálicos	Enderezada de las partes afectadas y/o restitución de partes defectuosas y aplicación de pintura anticorrosiva
Cambio de parapeto de concreto	Eliminación de partes dañadas que no pueden ser reparadas incluyendo las conexiones con la superestructura. Limpieza y colocación cuidadosa del nuevo parapeto, sea prefabricado o hecho en el sitio, garantizando una conexión segura con la superestructura.
Cambio de parapeto metálico	Eliminación de partes dañadas que no pueden ser reparadas, incluyendo las conexiones con la superestructura. Limpieza y colocación cuidadosa del nuevo parapeto, garantizando una segura conexión con la superestructura

Tabla 5.2.3.: Patologías frecuentes y acciones de rehabilitación/mantenimiento.

Patologías comunes en Cunetas, taludes y aleros

Patologías Frecuentes

En este tipo de elementos estructurales, el deterioro más frecuente es debido a los problemas de erosión en los taludes y cunetas por falta de un apropiado control del escurrimiento, que proviene principalmente del camino. También se detectan asentamiento en los aleros, aproches y accesos del puente por la inestabilidad de las cunetas y taludes, debidos a la erosión. Otras patologías observadas son deslizamientos aledaños provocados por la acumulación de basuras en los taludes aledaños que afectan a su estado y conservación.

En los aleros se han encontrado grietas a flexión y a cortante por insuficiente capacidad de carga y por el efecto que produce el asentamiento en el estribo (Fig.5.2.11). Son frecuentes los movimientos y desplomes por problemas de socavación del cauce o erosión producida por la inestabilidad de los taludes aledaños (Fig. 5.2.12). Algunos aleros son utilizados inadecuadamente, para soportar las cargas de una ampliación o de una pasarela peatonal, para lo cual no están diseñados estructuralmente.



Fig. 5.2.11



Fig. 5.2.12

Acciones de mantenimiento y rehabilitación comunes

Dependiendo del problema y de la dimensión de las cunetas y taludes, se deben realizar estudios de mecánica de suelos y de estabilidad de taludes con el propósito de establecer las adecuadas obras de reparación. Para las cunetas y taludes la mejor obra de rehabilitación es la construcción de las mismas cunetas. Para los aleros además del estudio de geotecnia, es necesaria la revisión estructural de la misma y de su cimentación. Para esta la rehabilitación típica más utilizada es la reparación del concreto y el encamisado estructural. Se acostumbra no utilizar las aletas como apoyo de una pasarela, para lo cual no están preparadas estructuralmente. En la Tabla 5.2.4 se muestran algunas acciones comunes de reparación.

Tipo	Descripción
Relleno del talud	Acarreo del material del lugar o mejorado en su caso. Relleno y compactación para obtener la pendiente y el espesor original
Reparación de elementos de protección	Eliminación de la protección de que se encuentra dañada. Rellenar las zonas erosionadas con material del lugar o mejorado, renivelación y compactación del mismo. Reconstrucción de la protección de la cuneta ya sea revestida en roca, en concreto u otro material
Protección de conos de derrame	Afinación del cono de derrame por medio de instalación de material apropiado, renivelación y compactación, hasta que el cono tenga su pendiente original. Colocación de la protección del cono, por lo regular en forma de cuneta revestida de rocas (roca del lugar, asentados con mortero cemento-arena 1:5).
Construcción de cunetas	Selección del lugar adecuado según la pendiente y escurrimiento del camino. Limpieza y excavación según el escurrimiento. Construcción de la cuneta revestida con roca,

	mampostería o concreto. En sitios con altas pendientes se deben construir disipadores de energía
Reparación de concreto del alero	Eliminación de la zona dañada, eliminando el concreto en mal estado hasta que se encuentre concreto sano. Reconstrucción de la parte por medio de concreto de alta calidad.
Encamisado de concreto para protección del alero	Limpieza de la zona dañada. Colocación del acero de refuerzo, colado del concreto. Limpieza de la zona reparada.
Encamisado como reforzamiento estructural del alero	Limpieza de la zona a reforzar. Colocación de acero de refuerzo, colado del concreto. Limpieza de la zona reparada.
Cambio total de la estructura del alero	Elección del elemento que se va a cambiar. Demolición del mismo, limpieza de la zona y reconstrucción según las especificaciones necesarias del elemento a construir dependiendo del material a utilizar.
Cambio parcial de la estructura del alero	Demolición de la parte afectada hasta que se encuentre materia sano. Limpieza de la zona. Reconstrucción de la parte dañada por medio de materiales de alta calidad.

Tabla 5.2.4.: Patologías frecuentes y acciones de rehabilitación/mantenimiento.

Patologías comunes en Estribos

Patologías

Una de las patologías que se ha detectado en los estribos, son las grietas a flexión y a cortante producidas por la falta de capacidad de carga y por asentimientos (Fig. 5.2.13, .14 y .15). Así como también la socavación de la cimentación y el posterior daño estructural del estribo (Figura 5.2.16). La causa de muchas patologías es el detallado estructural inadecuado para resistir las cargas sísmicas y el deslizamiento, lo que provoca el descamado y descomposición del concreto cerca de los apoyos.



Fig. 5.2.13



Fig. 5.2.14



Fig. 5.2.15



Fig. 5.2.16

Acciones de mantenimiento y rehabilitación comunes

Cuando el estado de condición del estribo sea de daño, se requieren realizar una serie de estudios de mecánica de suelos, de patología de materiales y una revisión estructural. Con lo cual se puede proceder a una propuesta adecuada de reparación o reconstrucción del estribo. En la Tabla 5.2.5 se muestran algunas acciones comunes de reparación.

Tipo	Descripción
Reparación de concreto	Eliminación de la zona dañada, eliminando el concreto en mal estado hasta que se encuentre concreto sano. Reconstrucción de la parte usando concreto de alta calidad.
Encamisado de concreto para protección del estribo	Limpieza de la zona dañada. Colocación del acero de refuerzo, colado del concreto. Limpieza de la zona reparada.
Encamisado como reforzamiento estructural	Limpieza de la zona a reforzar. Colocación de acero de refuerzo, colado del concreto. Limpieza de la zona reparada.
Cambio total de la estructura	Apuntalamiento del puente. Demolición del elemento en cuestión, limpieza y reconstrucción según las especificaciones del material a utilizar. Levantamiento de la superestructura usando gatos hidráulicos, colocación de apoyos. Nivelación de la superestructura a su posición original. Retiro del apuntalamiento.
Cambio parcial de la estructura	Apuntalamiento del puente. Eliminación de la parte afectada hasta que se encuentre material sano. Limpieza de la zona. Reconstrucción de la parte en cuestión por medio de materiales de alta calidad. Retiro del apuntalamiento.
Nivelación	Apuntalamiento del puente y levantamiento del mismo usando gatos hidráulicos. Retiro de los apoyos. Renivelación de la zona de apoyos, si es necesario por medio de eliminación de la parte superior del estribo y reconstrucción del mismo. Recolocación de apoyos, acomodación de la superestructura en su posición original y retiro del apuntalamiento.

Tabla 5.2.5.: Patologías frecuentes y acciones de rehabilitación/mantenimiento.

Patologías comunes en Pilas

Patologías

Daños en Pilotes descubiertos con desconchamiento del concreto y con fisuras longitudinales estructurales, provocado por la corrosión de cloruros y/o carbonatación (Fig. 5.2.17). Fractura de pilas centrales de puentes a media altura por esfuerzos de tensión, corrosión y acero expuesto. Fisura de cortante y flexión en vigas cabezales de las pilas (Fig. 5.2.18). Fisuras verticales ocasionadas por impactos producidos por las rocas o troncos de arrastre. Desplome por asentamientos (Fig. 5.2.19). Daño en el concreto por infiltración generalizada por las juntas.



Fig. 5.2.17



Fig.5.2.19



Fig. 5.2.18

Acciones de mantenimiento y rehabilitación comunes

En el caso de deficiencias estructurales y de estabilidad en las pilas, se deben realizar estudios específicos de mecánica de suelos, de patología y resistencia de materiales y de revisión estructural. Las reparaciones típicas que se realizan en las pilas buscan su actualización desde el punto de vista de acciones verticales y dinámicas y que proporcionen una seguridad ante fenómenos de socavación ya sea local y general. En la Tabla 5.2.6 se muestran algunas acciones comunes de reparación.

Tipo	Descripción
Reparación de concreto	Eliminación de la zona dañada, eliminando el concreto en mal estado hasta que se encuentre concreto sano. Reconstrucción de la parte usando concreto de alta calidad.
Encamisado de concreto	Limpieza de la zona dañada. Colocación del acero de refuerzo, colado del concreto. Limpieza de la zona reparada.
Encamisado como reforzamiento estructural	Limpieza de la zona a reforzar. Colocación de acero de refuerzo, colado del concreto. Limpieza de la zona reparada.
Cambio total de la estructura	Apuntalamiento del puente. Demolición del elemento en cuestión, limpieza y reconstrucción según las especificaciones del material a utilizar. Levantamiento de la superestructura usando gatos hidráulicos, colocación de apoyos. Nivelación de la superestructura a su posición original. Retiro del apuntalamiento.
Cambio parcial de la estructura	Apuntalamiento del puente. Eliminación de la parte afectada hasta que se encuentre material sano. Limpieza de la zona. Reconstrucción de la parte en cuestión por medio de materiales de alta

	calidad. Retiro del apuntalamiento.
Nivelación	Apuntalamiento del puente y levantamiento del mismo usando gatos hidráulicos. Retiro de los apoyos. Renivelación de la zona de apoyos, si es necesario por medio de eliminación de la parte superior de la pila y reconstrucción del mismo. Recolocación de apoyos, acomodación de la superestructura en su posición original y retiro del apuntalamiento.

Tabla 5.2.6: Patologías frecuentes y acciones de rehabilitación/mantenimiento.

Patologías comunes en Apoyos

Patologías

Dentro de las patologías que se presentan en los apoyos se puede mencionar las siguientes: deterioro, deformación y excesiva distorsión de apoyos de neopreno (Fig. 5.2.20). Longitud de apoyo insuficiente e inadecuado, que no cumple con las especificaciones sísmicas. Fisuras o desconchamientos de bajo de los apoyos por falla por aplastamiento de concreto (Fig. 5.2.21). Corrosión generalizada y falta de mantenimiento para su correcto funcionamiento (Fig. 5.2.22 y .23). Así también la ausencia de apoyos es una causa de patologías tanto en vigas como en la cabeza de pilas y estribos.



Fig. 5.2.20



Fig. 5.2.21



Fig. 5.2.22



Fig. 5.2.23

Acciones comunes de mantenimiento y rehabilitación

La acción de rehabilitación adecuada en los puentes de concreto reforzado, que generalmente no tienen un dispositivo de apoyo adecuado, es la de realizar el diseño de los apoyos nuevos de neopreno o de otro material. En puentes de acero se debe realizar normalmente la revisión de su estabilidad y vulnerabilidad sísmica, incluyendo estudios de patología en los materiales y estructurales. En la Tabla 5.2.7 se muestran algunas acciones comunes de reparación.

Tipo	Definición
Cambio de apoyos	Levantamiento del puente usando gatos hidráulicos. Apuntalamiento seguro de la superestructura del puente. Retiro de los apoyos dañados y colocación de apoyos nuevos según las especificaciones adecuadas para el puente. Acomodo de la superestructura en su posición original. Retiro del apuntalamiento
Corrección de la posición	Levantamiento del puente usando gatos hidráulicos. Apuntalamiento seguro de la superestructura del puente. Retiro de apoyos dañados y colocación nuevamente en su posición correcta, fijándolos según las especificaciones. Acomodo de la superestructura en su posición

	original y retiro del apuntalamiento.
Reparación de concreto	Apuntalamiento de la superestructura sobre el apoyo en cuestión. Demolición del concreto dañado hasta que se encuentre material sano, sin dañar el acero de reforzamiento. Limpieza. Colado del concreto de alta calidad para restablecer la forma y la extensión de la superestructura. después del fraguado del concreto, retiro del apuntalamiento

Tabla 5.2.7: Patologías frecuentes y acciones de rehabilitación/mantenimiento.

Patologías comunes en Tableros

Patologías

Los daños principales que se producen en los tableros son causados por la filtración y la regular calidad del concreto. Las patologías más frecuentes son: grietas en el concreto de la losa causadas por corrosión (Fig. 5.2.24). Corrosión del acero de refuerzo principal, el cual se expande internamente y genera grietas. Fractura del concreto en la parte de la losa en voladizo, debida principalmente a la filtración (Fig. 5.2.25). Fisuras por flexión primaria y secundaria. Grietas por retracción y fraguado (Figura 5.2.26). Concretos carbonatados, huecos y fallas de la losa por falta de capacidad estructural. Desconchamiento del concreto de las losas en voladizo, producida por la filtración por la falta de drenes (Figura 5.2.27).



Fig. 5.2.24



Fig. 5.2.25



Fig. 5.2.26



Fig. 5.2.27

Acciones comunes de mantenimiento y rehabilitación

Una de las acciones principales de mantenimiento es la limpieza de los drenes que son la causa principal de que se presente algún tipo de deterioro en la losa del concreto del tablero. Cuando se detectan en la losa daños graves como pueden ser: grietas, huecos y deflexiones excesivas, es necesario realizar estudios de patología estructural y de capacidad de carga. En algunos casos es necesario la construcción de drenes, acompañado con la reparación del concreto aledaño a los mismos. Por el aumento de las cargas vehiculares, ha sido necesario actualizar los tableros de los puentes aumentando su capacidad portante estructural. Una de las maneras de reforzamiento de los tableros es construyendo una sobre losa o usando algún tipo de refuerzo activo. En la Tabla 5.2.8 se muestran algunas acciones comunes de reparación.

Tipo	Definición
Refuerzo del tablero	Limpieza cuidadosa de la losa existente, incluyendo la eliminación del pavimento, escarificación de la parte superior de la losa. Instalación de conectores de cortante metálicos de la losa con la sobrelosa. Construcción de sobrelosa y pavimento nuevo. O refuerzo con armadura activa.

Reparación de concreto	Eliminación de la zona dañada, eliminando el concreto en mal estado hasta que se encuentre concreto sano. Reconstrucción de la parte usando concreto de alta calidad.
Cambio de losa	Demolición de la losa existente. Colocación de acero de refuerzo, obra falsa y colado de concreto. Después del fraguado del concreto, retiro de la obra falsa.
Inyección de grietas con resina epoxi	Limpieza cuidadosa. Inyección del material prescrito según las especificaciones
Reparación de drenes	Retiro y limpieza del drenaje deteriorado. Colocación de drenes nuevos garantizando la unión a la losa. Se debe asegurar que no exista filtración a la superestructura.

Tabla 5.2.8: Patologías frecuentes y acciones de rehabilitación/mantenimiento.

Patologías comunes en Vigas, Largueros y Diafragmas

Patologías

En este tipo de estructuras se encuentran una serie de patologías entre las cuales se encuentran: Grietas por cortante, tensión, flexión y torsión, causadas por la insuficiente capacidad de carga y el aumento de las cargas actuales de tráfico (Fig. 5.2.28). Existen en las vigas grietas especialmente de cortante con espesores mayores de 0.60 mm, que representan esfuerzos altos. Falta de adherencia entre el concreto y el acero de refuerzo, debido al mal diseño estructural y de proceso constructivo. Acero de refuerzo principal expuesto por falta de recubrimiento (Fig. 5.2.29). Corrosión y descomposición del acero y/o concreto, por problemas de infiltración y ambientes agresivos (Fig. 5.2.30). Corrosión del acero por problemas de carbonatación y de cloruros, que producen pérdida de la sección del acero (Fig. 5.2.31) Y en viaductos o pasos superiores es frecuente encontrar problemas por impacto como se aprecia en la Fig. 5.2.32.

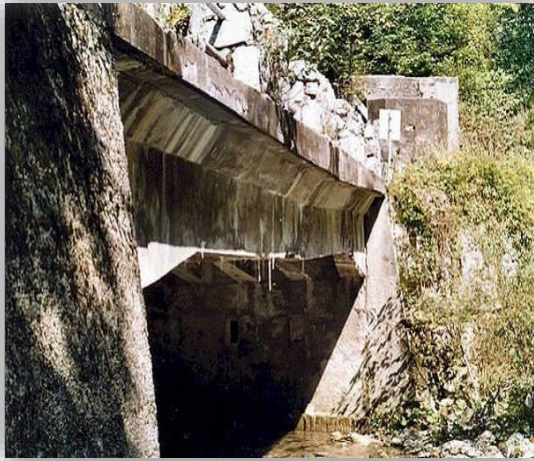


Fig. 5.2.28



Fig. 5.2.29



Fig. 5.2.30



Fig. 5.2.31



Fig. 5.2.32

Acciones comunes de mantenimiento y rehabilitación

Las acciones más comunes que se realizan en las vigas y diafragmas, básicamente consisten en llevar a cabo una serie de estudios de capacidad de carga que se acompañan de estudios de patología y de resistencia estructural, con la finalidad de actualizar las vigas para que resistan las cargas actuales de diseño. Las acciones típicas más recomendadas son las de reparación y refuerzo que consisten en reforzar la viga a cortante y a flexión mediante armadura activa externa o con el uso de materiales compuestos como pueden ser fibras de carbono y de vidrio. Cuando se detectan grietas no estructurales, se recomienda inyectarlas con algún epóxido y monitorearlas. En estructuras metálicas es necesaria su limpieza y aplicarles pintura anticorrosiva. En la Tabla 5.2.9 se muestran algunas acciones comunes de reparación.

Tipo	Definición
Reparación de concreto	Eliminación de la zona dañada, eliminando el concreto en mal estado hasta que se encuentre concreto sano. Reconstrucción de la parte usando concreto de alta calidad.
Refuerzo de viga de concreto	Consiste en el refuerzo de las vigas principales
Cambio de viga de concreto	Apuntalamiento seguro del puente. Levantamiento de la sección afectada usando gatos hidráulicos y demolición de la viga dañada. Si se trata de una viga nueva colada en el sitio se aplica reforzamiento, obra falsa y colocación del concreto. En caso de una viga prefabricada, se instala en la posición preparada. Acomodación de la superestructura y remoción del apuntalamiento.
Inyección de grietas con resina epoxi	Limpieza cuidadosa. Inyección del material prescrito según las especificaciones
Reparación de componentes de Acero	Reparación del componente dañado sin retirarlo de su posición en el puente.
Pintura anticorrosiva en vigas de acero	Limpieza cuidadosa del elemento, eliminando totalmente la pintura antigua. Remoción completa de la corrosión, si es necesario por medio de chorro de arena. Aplicación de la pintura nueva

	siguiendo las instrucciones del proveedor del producto.
Cambio de viga de acero	Apuntalamiento del puente. Levantamiento de la parte dañada usando gatos hidráulicos y retiro de la viga. Colocación de una viga nueva. Acomodación de la superestructura en su lugar y retiro del apuntalamiento.
Refuerzo de viga de acero	Procedimiento basado en inspección especial y en la posible aplicación de chapas metálicas de refuerzo.
Cambio de viga de concreto prefabricado	Apuntalamiento seguro del puente. Levantamiento de la sección afectada usando gatos hidráulicos y demolición de la viga. Instalación de la nueva viga en la posición preparada.

Tabla 5.2.9: Patologías frecuentes y acciones de rehabilitación/mantenimiento.

Descripción de causas probables por las cuales se puedan hacer presentes:

Ciclos hielo y deshielo

El concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo debe ser adecuadamente dosificado, mezclado, colocado y curado para resistir adecuadamente tan fuertes exigencias. En el proceso de congelamiento en la pasta de cemento, la mayoría de los movimientos del agua se realizan hacia las regiones de congelación; ya que el agua en la pasta del cemento está formada por una solución alcalina ligera. Al caer la temperatura, se producirá un superenfriamiento en el que se forman cristales de hielo. Aumentando el contenido de álcalis en la solución no congelada, creando un potencial osmótico que obliga a las moléculas de agua, a difundirlas en la solución de las cavidades congeladas. [ACI-201.1988]

La pasta falla cuando la redistribución necesaria del agua no se puede lograr. Sin embargo el aire adicionado contribuye a eliminar la posibilidad de daño por congelación; ya que se generan cámaras de expansión del agua congelada. Debido a que el volumen de agua se incrementa durante la congelación ($\pm 9\%$), y se presenta un fenómeno de

difusión durante el enfriamiento que es importante ya que existen poros no saturados para que el agua se expanda sin provocar deterioros. Ya que de lo contrario se puede romper el material por reventamiento (Splitting). [GEHO-CEB, 1993].

El tamaño del agregado grueso es un factor importante para la resistencia al congelamiento, ya que éstos absorben agua, la que es crítica para la estructura del hormigón. La presión que se desarrolla cuando las partículas expelen agua durante el congelamiento las rompe así como la matriz; presentándose desprendimientos locales en los sitios donde se encuentran los áridos de mayor tamaño. Cerca de un tercio del agua puede congelarse a los -30 °C y dos tercios a los -60 °C. Cuando las fuerzas internas de expansión son más grandes que la resistencia a tracción del concreto, ocurre la fisuración. [Monteiro. Et al1995; GEHO-CEB, 1993]

Ataques químicos

Las condiciones resistentes y/o funcionales pueden disminuir mucho en el concreto armado cuando se utiliza en ambientes agresivos; éste no es regularmente atacado por sustancias químicas secas y sólidas; para llegar a deteriorarlo las sustancias deben estar en solución y sobrepasar niveles de concentración determinados. La presencia de agua en estado líquido o gaseoso es indispensable para que las reacciones químicas tengan lugar.

Las sustancias químicas agresivas más frecuentes son los ácidos minerales, sulfatos, cloruros, nitratos, fenoles y algunos ácidos orgánicos. Un factor importante para la durabilidad que retarda la degradación química (incluso la física y/o mecánica) causada por los agentes agresivos, es la compacidad del concreto. La composición y las condiciones de puesta en obra determinan esta compacidad que está estrechamente ligada a la porosidad inicial del hormigón. [Berissi, 1986]

Hay que tener presente que una sola sustancia puede provocar, a lo largo del período de actuación sobre la estructura, diversos tipos de ataque, por lo que será necesario determinar en cada momento los productos resultantes de las reacciones e indagar los agentes responsables de tal efecto.

Abrasión

La capacidad de la superficie de hormigón para resistir el desgaste generado por fricción o frotamiento, como consecuencia de tráfico de peatones o vehículos se puede definir como la resistencia del hormigón a la abrasión. Las partículas arrastradas por el viento o el agua también pueden erosionar las superficies del hormigón. (ACI-201, 1988; GEHO-CEB, 1993].

La resistencia del hormigón a la abrasión se puede ver afectada principalmente por: la resistencia a compresión, las propiedades de los agregados, los métodos de acabado, el uso de cubiertas o recubrimientos y el curado.

Concreto en medio marino

El agua en ambiente marino contiene sulfatos: CaSO_4 (sulfatos de calcio), MgSO_4 (sulfatos de magnesio), K_2SO_4 (sulfato potásico) y NaSO_4 (sulfatos de sodio) que reaccionan con elC_3A (aluminato tricálcico) y los cloruros: NaCl (cloruro sódico), MgCl_2 (cloruro de magnesio) y KCl (cloruro potásico); cloruros que solubilizan la cal. La acción perjudicial sobre la estructura dependerá de las sales disueltas en el mar y del tipo de contacto o cercanía. [Fernández, 1994]

En relación al nivel de contacto del agua de mar con la estructura se deben establecer las siguientes zonas de estudio: [Bastús, 1996; Fernández, 1994] (Fig.5.2.33)

a) Zona totalmente sumergida

En ésta zona los procesos de corrosión son de origen químico y biológico.

b) Zona de oscilaciones

Además de los ya enunciados intervienen otros procesos físicos, como la saturación, heladas, desecación. etc. Se presentan saturaciones en presencia de es el de erosión, el cual puede ser agravado por el transporte de sólidos en suspensión.

c) Zona de evaporación

Donde el agua se evapora en forma continua, incrementando la concentración de sales. Sobre los niveles de oscilación el agua asciende por capilaridad. Las características del aire, su velocidad, acabado superficial del concreto, compacidad del concreto, distancia desde la zona húmeda y composición del agua atacante.

d) Zona próxima al mar

A causa de la elevada humedad relativa del aire y por la concentración de sales, se puede generar a través de los poros un ataque al cemento del concreto.

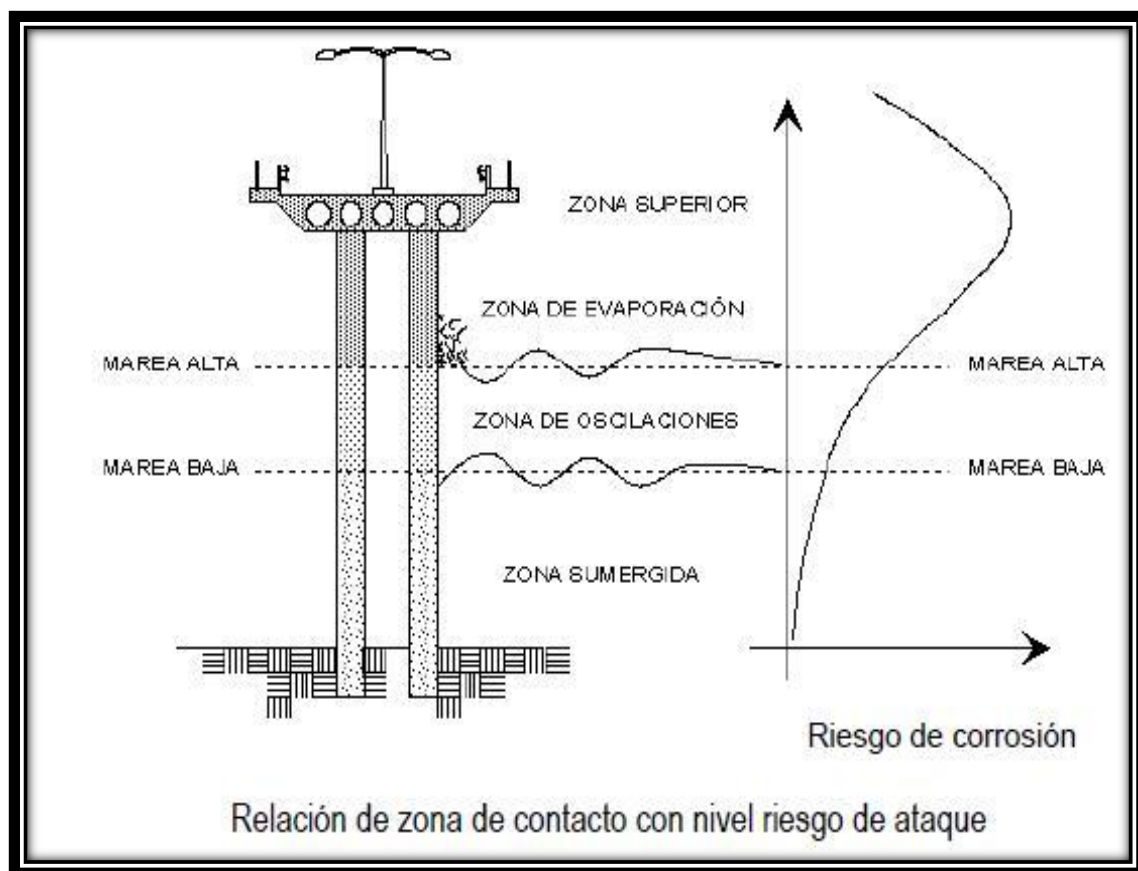


Fig. 5.2.33

Fisuración

Las deformaciones por tracción provocan la fisuración, dichas deformaciones se pueden presentar por causa de:

- Movimientos producidos en el interior del concreto.
- Expansión del material embebido en el concreto.
- Condiciones externamente impuestas.

Algunas de las posibles causas de la fisuración se presentan a continuación. (Tabla 5.2.10)

Tipos de Fisuras	Después del endurecimiento	Físicas	Agregados con contracción
			Retracción de secado
			Afogarado
		Químicas	Corrosión del
			Reacción árido-
			Carbonatación del
		Térmicas	Ciclos hielo-deshielo
			Variaciones estacionales de la temperatura
			Contracción térmica temprana
	Antes del endurecimiento	Estructurales	Sobrecarga accidental
			Fluencia
			Cargas de cálculo
		Heladas	-----
		Plásticas	Retracción plástica
			Asentamiento plástico
		Movimientos durante la ejecución	Movimiento del
			Movimiento de la sub-

Tabla 5.2.10: Causas posibles de fisuración. [GEHO-CEB. 1993]

Acción del fuego

Un incendio puede causar daños muy diferentes en una estructura oscilando desde una simple mancha causada por el humo y el calor, hasta la total destrucción por combustión o pérdida de resistencia.

Algunos de los factores que influyen en el nivel de daños que se puedan alcanzar por la acción del fuego son:

- La naturaleza de los materiales utilizados.
- El efecto de las corrientes de aire.
- Presencia de cenizas, que pueden ayudar a reducir la combustión.
- Efectos causados por enfriamientos y contracciones repentinos por lanzamiento de agua.

Durante el desarrollo de un incendio se presentan: una fase de iniciación con incremento progresivo y acelerado de la temperatura. Luego el fuego entra en su plenitud, estabilizándose; la temperatura máxima alcanzada y la duración de esta fase dependen de la cantidad y tipo de materiales de combustión presentes. La última fase consistente en la disminución de la intensidad de las temperaturas, debido al agotamiento del material combustible.

Acciones excepcionales.

Este tipo de acciones suelen presentarse raras veces, pero, cuando aparecen son de corta duración. Los sismos, cambios fuertes de temperatura, huracanes, empujes de tierra, inundaciones, choque de las olas, impactos fuertes, explosiones, incendios, acciones terroristas, guerras, etc. son algunos buenos ejemplos.

Se pueden presentar acciones de origen natural siempre relacionadas con fenómenos geográficos o climáticos; y de origen no natural, es decir relacionadas con la actividad humana y son de carácter accidental. Como puede deducirse, la gran variedad de causas, de magnitudes, de ángulos de incidencia, etc. hacen que los daños causados

a la estructura sean muy variables; por lo que será necesario evaluarlo detenidamente para cada caso que se pueda presentar. (Tabla 5.2.11)

PATOLOGIAS EN	CIMENTOS por...	Mal funcionamiento por...	Descalce de zapatas
			Giro
		Deformación excesiva del terreno de tipo	Plástico
			Elástico
			Diferido(suelos arcillosos)
		Fallo estructural	Flexibilidad excesiva
			De un pilote
			Por falta de armadura
			Concreto defectuoso
	ESTRIBOS por...	Fisuración paramentos	Retracción del concreto
			Heterogeneidad del terreno
			Falta de armadura bajo apoyos
			Acción química
			Giro de estribo
		Desconchados	-----
		Defectos de construcción	-----
		Humedades paramento visto	Agua superficial
			Agua filtrada
	PILAS por...	Fisuras por	Retracción
			Pandeo de la armadura vertical
			Debidas a flexión y cortante
			Bajo aparatos de apoyo
			Tensiones concretadas
		Desconchado	-----
		Desplome	-----
		Defectos de mala calidad del concreto	-----
		Humedades paramentos vistos	Humedad ascendente
			Fallos en juntas
			Vertido libre

	TABLERO por...	Fisuras por	Flexión y cortante
			Retracción en cabeza de apoyo
			Inicio de corrosión de armaduras
			Unión ala-alma
		Manchas de humedad	-----
		Vainas al descubierto	-----
		Flechas excesivas	-----
		Desconchados por	Humedad ascendente
			Fallos en juntas
			Vertido libre

Tabla 5.2.11: Resumen de causas posibles de falla.

CAPITULO 6

DESARROLLO DE LA MATRIZ DE COSTOS.

Para empezar hablar de costos, es importante saber ¿Qué es un costo? ¿Qué es Ingeniería de costos?, un costo, es todo aquello que nos va a generar un ingreso, es decir, que nos representara una inversión; Ingeniería de costos, es el arte de aplicar conocimientos científicos y empíricos para hacer conjeturas, más realistas y valorizar una construcción.

La contabilidad en general acepta y señala que son integrados en:

- Costo Indirecto “Aquellos gastos que no pueden tener aplicación a un producto determinado”

Definición de Costo Indirecto: Suma de gastos técnico- administrativos para la correcta realización de cualquier proceso productivo.

Definición de Costo Indirecto de Operación: Suma de gastos que, por su naturaleza intrínseca, son de aplicación a todas las obras efectuadas en un tiempo determinado.

Definición de Costo Indirecto de Obra: Suma de todos los gastos que, por su naturaleza intrínseca, son aplicables a todos los conceptos de una obra en especial.

- Costo Directo: “Aquellos gastos que tienen aplicación a un producto determinado”

Definición de Costo Directo: Suma de material, mano de obra y equipo necesarios para la realización de un proceso productivo.

Definición de Costo Directo Preliminar: Suma de gastos de material, mano de obra y equipo necesarios para la realización de un subproducto.

Definición de Costo Directo Final: Suma de gastos de material, mano de obra, equipo y subproductos para la realización de un producto.

Un costo no es sinónimo de gasto como a veces se cree: por que el gasto es algo que no vamos a recuperar. En forma aislada el Costo también requiere de un correcto balance entre sus bases, especificaciones, cuantificaciones y análisis, es decir, el QUE, el CUANTO y el COMO.

Los costos pueden ser clasificados de acuerdo con el enfoque que se les dé:

- a) Costos por producción.
- b) Costos de distribución o venta.
- c) Costos de administración.
- d) Costos financieros.

Dentro de los costos de producción tenemos el costo por mano de obra que es el que interviene directamente en la transformación del producto.

De lo anterior definimos “costo” como “Todos los gastos que se requieren para la realización de un producto o servicio”.

Análisis de Costos

Dado que el análisis de un costo es, en forma genérica la evaluación de un proceso determinado, sus características serán:

- Aproximado: al no existir dos procesos constructivos iguales, habilidad personal del operario y el basarse en condiciones “promedio” de consumos, insumos y desperdicios.
- Específico: si cada proceso constructivo se integra en base a sus condiciones de tiempo, lugar y secuencia de eventos.
- Dinámico: debido al constante mejoramiento de materiales, equipos, procedimientos constructivos, organización, entre otros permite una actualización constante.
- Inductivo: si se inicia la integración de un costo por sus partes conocidas y de los hechos se infiere el resultado.

- Deductivo: a través del razonamiento partimos del todo conocido, para llegar a las partes desconocidas.

Para el caso de los costos en construcción el “Costo Directo” puede expresarse de la siguiente manera:

$$Mo = \frac{Sr}{R}$$

Dónde:

Mo= costo por mano de obra.

Sr= salario real del personal que interviene directamente en la ejecución de cada concepto de trabajo.

Para obtener el salario real se debe considerar la siguiente expresión:

$$Sr = Sn - Fsr$$

Dónde:

Sn= salarios tabulados de las diferentes categorías y especificaciones.

Fsr= factor de salario real de acuerdo a lo dispuesto en el art. 191 (LOP).

Y finalmente *R* que es el rendimiento, es decir, la cantidad de trabajo que desarrolla el personal directamente en la ejecución del concepto de trabajo por jornada costo hora.

Precio

Definimos “Precio” como la integración del costo que se requiere para la elaboración de un producto o servicio más los gastos administrativos y de supervisión, gastos fiscales, de asesorías y en general todo lo que tenga que ver con la administración de Costo.

6.1.- ANÁLISIS DE COSTOS POR TIPO DE DETERIORO

En perspectiva los costos por metro cuadrado se generan en base al deterioro un elemento de obra y de sus campos de aplicación.

El deterioro es un daño que afecta las características del objeto, poniendo en riesgo su estabilidad y duración en el tiempo. Ningún objeto puede ser conservado hasta el punto de evitar o detener toda alteración.

En el caso de los seres humanos, el deterioro suele mencionarse como una consecuencia del paso del tiempo, de un accidente o de una enfermedad. Las cosas, por otra parte, se deterioran por el paso del tiempo, las condiciones climáticas o el uso, entre otros factores. Los materiales que constituyen los objetos sufren un deterioro o envejecimiento natural, este proceso se puede ver afectado por la presencia de agentes externos que lo aceleran

Conociendo los términos antes explicados, podemos decir que, para determinar el precio a pagar por un elemento que este en mal estado se debe; analizar el grado o magnitud del daño que éste presenta, enseguida determinar las acciones que se deben tomar (rehabilitación y/o mantenimiento) y por último elegir correctamente el personal que actuara y dará solución al problema que se presente:

Conceptos	Precios por regiones(\$)		
	Reg. I-IV (*1)	Reg. V (*1.1176)	Reg. VI-IX (*1.0065)
Vial e Hidráulico			
Adicionar o ampliar banquetas	175,86	196,54	177,00
Alineamto. hor. Y vert. resp. al camino es defectuoso	3,93	4,39	3,96
Arboles arrastrados en torno a las pilas	261,95	292,76	263,65
Calzada demasiada angosta	25,09	28,04	25,25
Construido con esviajamiento inadecuado	2218,60	2.479,51	2233,02

Hidráulicamente insuficiente, req. Mayor altura	2218,60	2.479,51	2233,02
Hidráulicamente insuficiente, req. Mayor longitud	2218,60	2.479,51	2233,02
Indicios de socavación en elementos subest.	258,97	289,42	260,65
Mal localizado con respecto a la corriente	2218,60	2.479,51	2233,02
Material de arrastre bajo el puente	2218,60	2.479,51	2233,02
Obra falsa obstruyendo	261,95	292,76	263,65
Obras civiles obstruyendo	9336,49	10.434,46	9397,18
Requieren señalamiento	3081,29	3.443,65	3101,32
Socavación en accesos	258,97	289,42	260,65

Accesos			
Ampliar la corona del camino	11,65	13,02	11,73
Ampliar la corona del camino para construir libraderos	11,65	13,02	11,73
Aproches a desnivel respecto al puente	1948,55	2177,70	1961,22
Baches en el pavimento a la entrada y salida	202,79	226,64	204,11
Requiere Bordillos	66,85	74,71	67,28
Requiere Lavaderos	205,59	229,77	206,93
Requiere Zampear drenes	133,36	149,04	134,23

Superestructura			
Acero descubierto	21,09	23,57	21,23
Carpeta asfáltica debe cambiarse	2498,80	2792,66	2515,04
Descamado en el concreto en Null	1572,30	1757,20	1582,52
Drenes tapados	261,95	292,76	263,65
Elementos Metalicoscorroidos	44,10	49,29	44,39
Grietas de orientación caótica en losa inf.	197,22	220,41	198,50
Grietas verticales en el centro de su claro	197,22	220,41	198,50
Manchas de humedad en losa inf.	142,41	159,16	143,34
Pintura en elem. Metálicos	50,57	56,52	50,90
Requiere drenes	42,39	47,38	42,67
Se flecha al paso de camiones	16042,19	17928,75	16146,46

Parapeto			
Aumento de altura	9557,03	10680,94	9619,15
Faltan barandales	38,84	43,41	39,09
Faltan obras en los accesos	8024,47	8968,15	8076,63
No hay, se requiere	20,15	22,52	20,28
Prolongarlo en los accesos	20,15	22,52	20,28
Remates son peligro al transito	20,15	22,52	20,28
Requiere Pintura	48,97	54,73	49,29

Subestructura			
Acero de refuerzo descubierto	21,09	23,57	21,23
Acero descubierto al bulbo de la nervadura	21,09	23,57	21,23
Aleros separados de los estribos por grietas	5310,34	5934,84	5344,86
Deterioro por corrosión	48,44	54,14	48,75
Deterioro por impactos de cuerpos flotantes	5426,15	6064,27	5461,42
Elementos de concreto agrietados	215,06	240,35	216,46
Losa con grietas transversales al puente	5315,05	5940,10	5349,60
Sin drenes	80,82	90,32	81,35
Vegetación existente	261,95	292,76	263,65

Apoyos			
Bloqueados por concreto de superestructura	261,95	292,76	263,65
No existen	19,12	21,37	19,24
No existen topes sísmicos	263,33	294,30	265,04
No existen zoclos	60,14	67,21	60,53
Placas de acero corroídas	19,13	21,38	19,25
Placas de neopreno aplastadas	226,52	253,16	227,99
Placas muy pequeñas	19,12	21,37	19,24
Req. Limpieza	261,95	292,76	263,65

Juntas			
Bloqueadas por piedra y basura	261,95	292,76	263,65
Demasiado abiertas	713,35	797,24	717,99
Despostillas	713,35	797,24	717,99
Hay vegetación	261,95	292,76	263,65
No hay juntas, se requieren	226,52	253,16	227,99

6.2.- ESTUDIO DE COSTOS POR LAS REGIONES DE CHIAPAS

Descripción de las regiones de Chiapas y ubicación de los puentes de estudio.

Chiapas es el estado más al sur del país, tiene una extensión de 75,634.4 km² y representa al 3.8% de la superficie del país, históricamente está dividido en 9 regiones: Centro, Frailesca, Istmo Costa, Sierra, Soconusco, Altos, Norte, Selva y Fronteriza. Está constitucionalmente dividido en 118 municipios, siendo Tuxtla Gutiérrez la capital del estado.

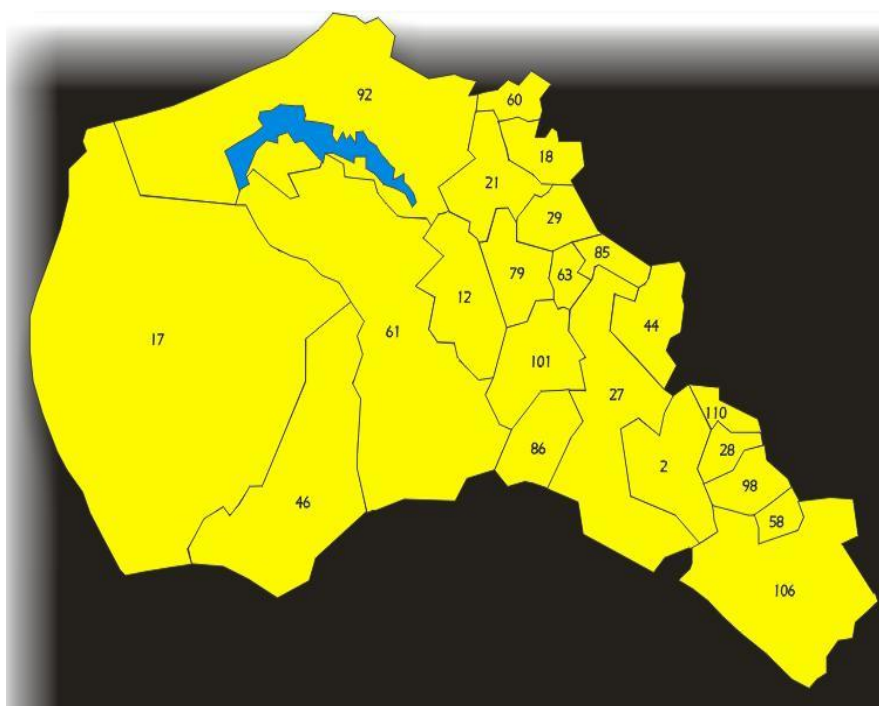
La región Centro (I) abarca los siguientes municipios:

101 Tuxtla Gutiérrez
012 Berriozábal
027 Chiapa de Corzo
028 Chiapilla
029 Chicoasén
017 Cintalapa
018 Coapilla
021 Copainalá
044 Ixtapa
046 Jiquipilas
058 Nicolás Ruiz
060 Ocotepec
061 Ocozocoautla de Espinosa
063 Osumacinta
079 San Fernando
110 San Lucas
085 Soyaló
086 Suchiapa
092 Tecpatán
098 Totolapa
106 Venustiano Carranza
002 Villa de Acala



Fuente: [Secretaría de Planeación del Estado de Chiapas.](#)

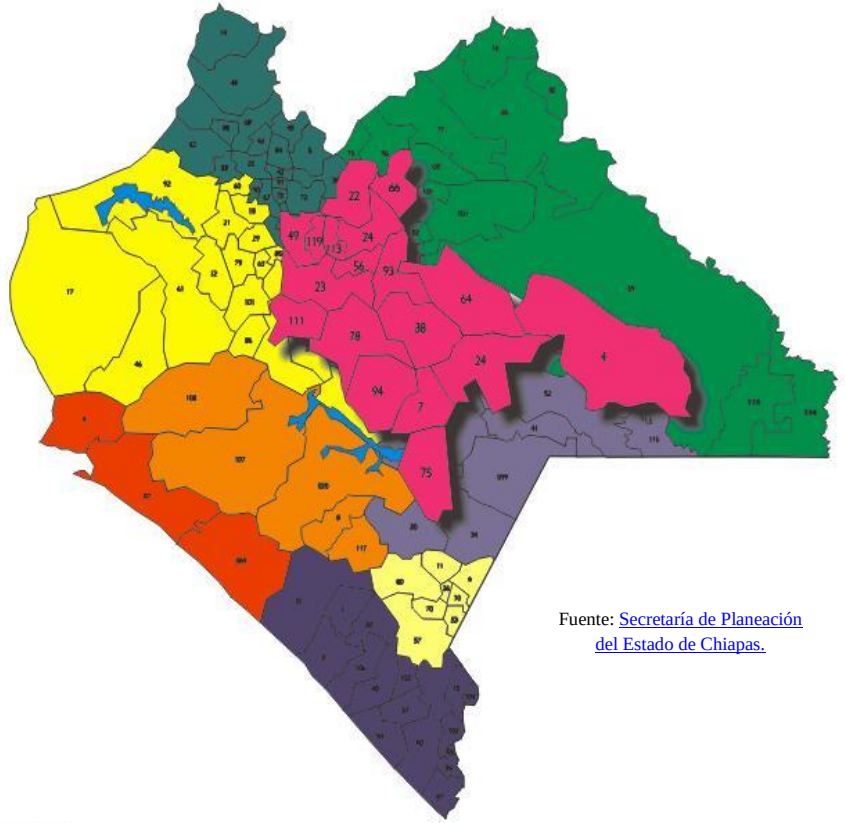
. Está integrada por 22 municipios en un espacio de 12,629 km² equivalente al 16.7% del territorio estatal, siendo esta una de las más extensas del estado. La cabecera regional es la ciudad de Tuxtla Gutiérrez. La población regional es de 935,527 habitantes, 23.9% del total estatal. Cuenta con 3,416.2 km. de carretera federal y estatal, las cuales comunican con el resto del estado a través de la carretera Panamericana y sus ramales. Además dispone de 2 aeropuertos de servicio nacional



Fuente: [Secretaría de Planeación del Estado de Chiapas.](#)

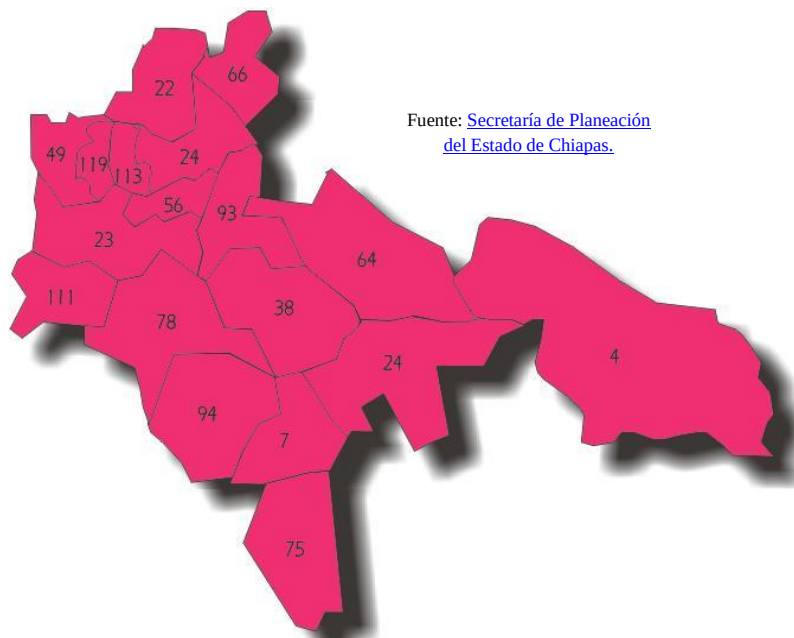
La región II que es la de los Altos comprende los siguientes municipios:

078 San Cristóbal de las Casas
004 Altamirano
007 Amatenango del Valle
022 Chalchihuitán
023 Chamula
024 Chanal
026 Chenalhó
038 Huixtan
049 Larráinzar
056 Mitontic
064 Oxchuc
066 Pantelhó
093 Tenejapa
094 Teopisca
075 Villa las Rosas
111 Zinacantán
119 Santiago del Pinar
113 Aldama



Fuente: [Secretaría de Planeación del Estado de Chiapas.](#)

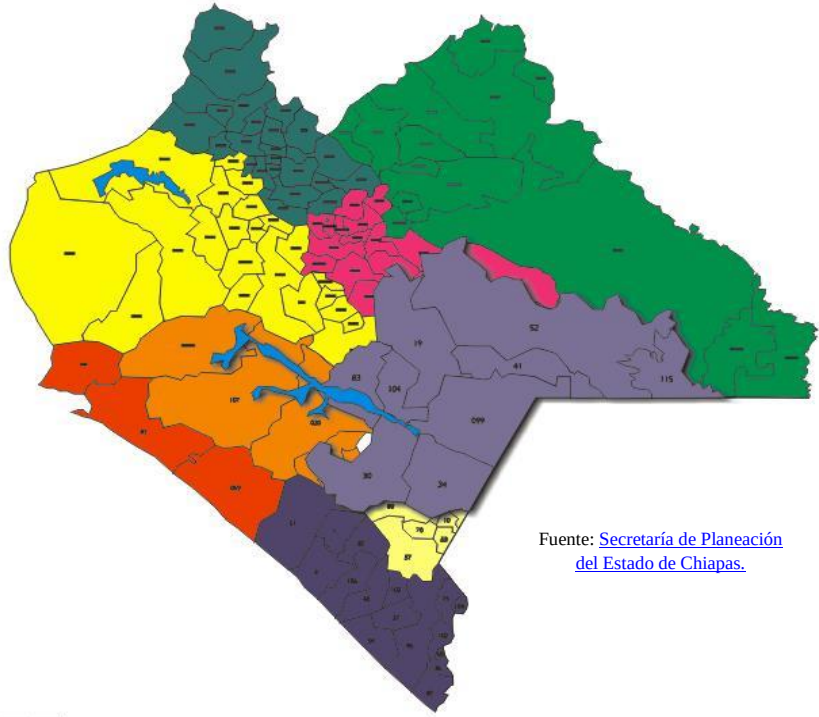
Compuesta por 18 municipios, con una superficie de 3,770 km² equivalentes al 5% del total del territorio estatal, la cabecera regional se localiza en la ciudad de San Cristóbal de las Casas y su población es de 480,827 habitantes que representan el 12.3% del total estatal, 57.2% de la población regional son indígenas. Se comunica con el resto del estado a través de la carretera Panamericana y sus ramales con un total de 2,189 km federales y estatales, cuenta con un aeropuerto de servicio nacional ubicado en la cabecera regional.



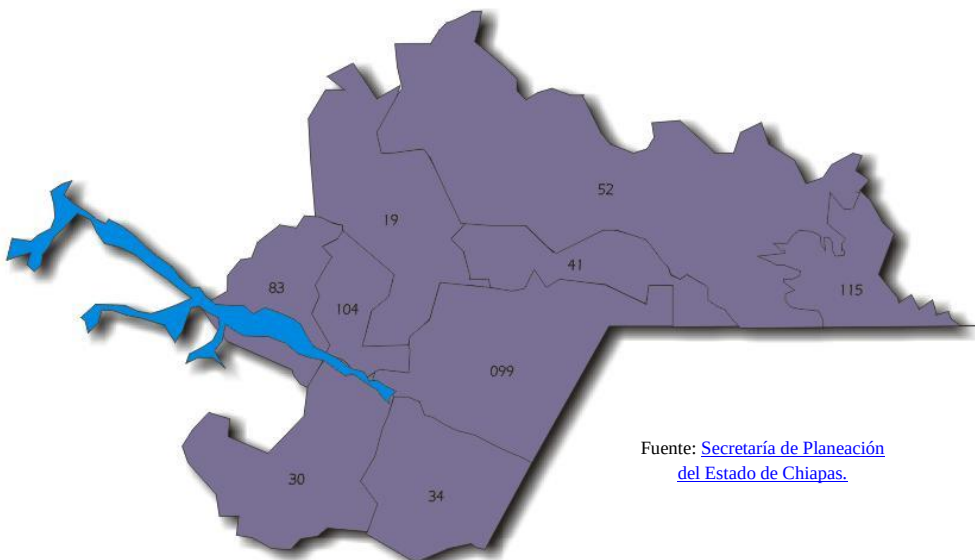
Fuente: [Secretaría de Planeación del Estado de Chiapas.](#)

La región III que es la Fronteriza se compone de los siguientes municipios:

019 Comitán de Domínguez
030 Chicomuselo
034 Frontera Comalapa
041 La Independencia
052 Las Margaritas
083 Socoltenango
099 La Trinitaria
104 Tzimol
115 Maravilla Tenejapa

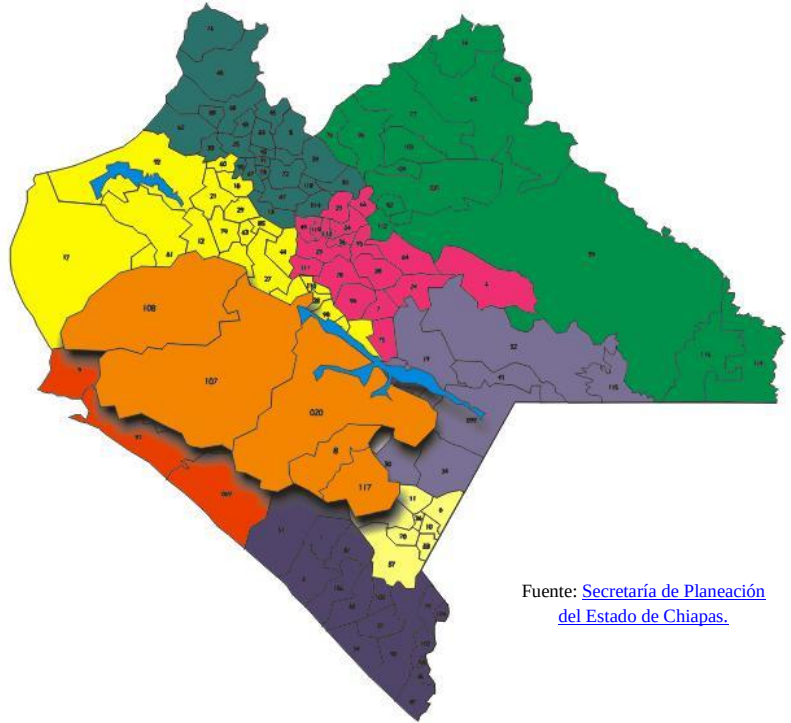


La región fronteriza, está integrada por 9 municipios en un espacio de 12,790.6 km², equivalente al 17% del territorio estatal. Forma parte de la frontera sur con la República de Guatemala, la cabecera se localiza en la ciudad de Comitán de Domínguez. Concentra 398,959 habitantes que representa el 10.2% del total estatal. En infraestructura de comunicaciones la región es cubierta por la carretera Panamericana y ramales que la comunican con el resto del estado a través de 2,892.8 km. federal y estatal; cuenta además con un aeropuerto de servicio nacional.



La IV región es la Frailesca, siendo estos municipios los que la integran:

108 Villaflores
008 Ángel Albino Corzo
020 La Concordia
107 Villacorzo
117 Montecristo de Guerrero



Fuente: [Secretaría de Planeación del Estado de Chiapas.](#)

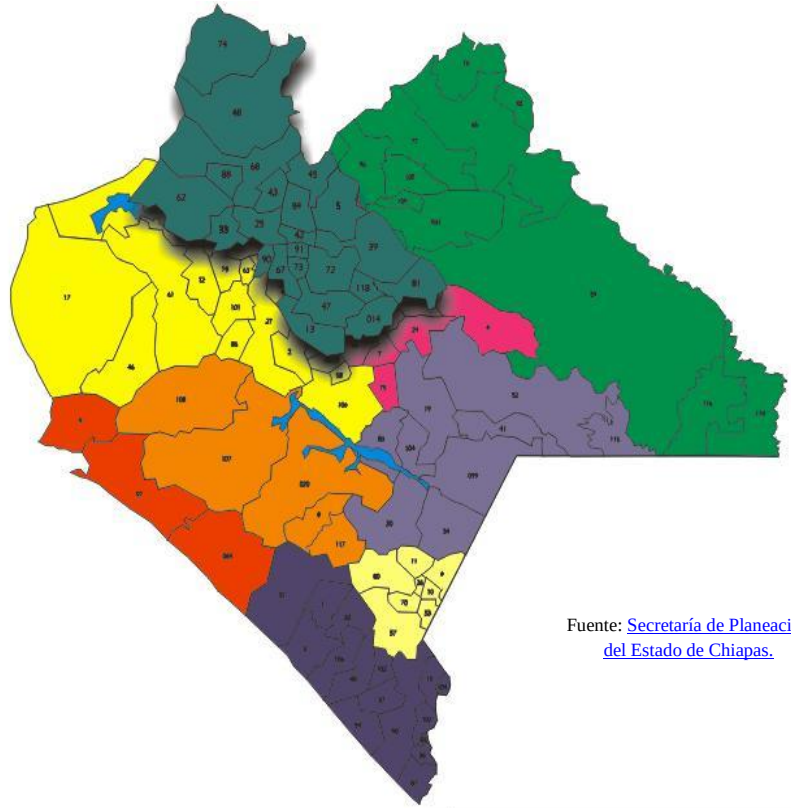
Esta región está integrada por 5 municipios en un espacio de 8,311.8km² equivalente al 11% del estatal, la cabecera se localiza en la ciudad de Villaflores. La población total es de 221,346 habitantes y representa el 5.6% del total estatal. En comunicaciones y transporte la región Frailesca cuenta con 1,749.2 Km de infraestructura carretera estatal y federal.



Fuente: [Secretaría de Planeación del Estado de Chiapas.](#)

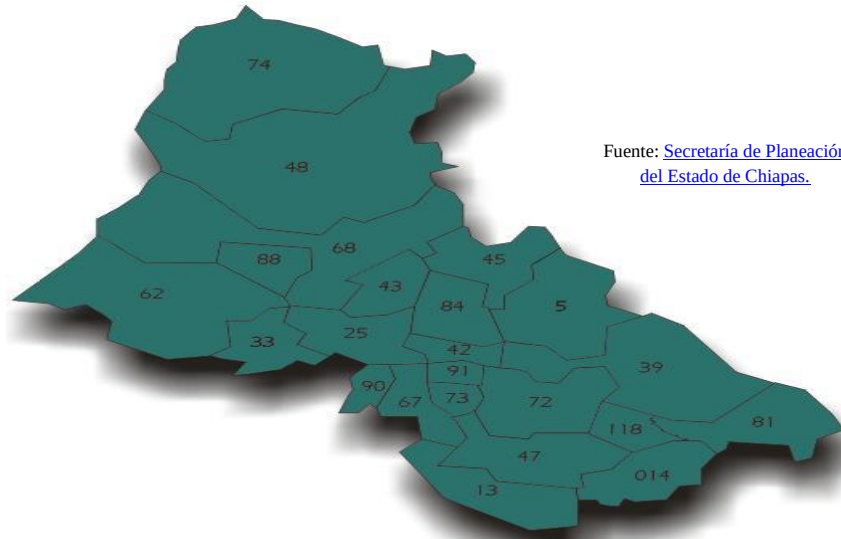
La región V, que es la Norte se compone de los siguientes municipios:

068 Pichucalco
005 Amatlán
013 Bochil
025 Chapultenango
014 El Bosque
033 Francisco León
039 Huitipán
042 Ixhuatán
043 Ixtacomitán
045 Ixtapangajoya
047 Jitotol
062 Ostucán
072 Pueblo Nuevo
Solistahuacán
073 Rayón
074 Reforma
081 Solosuchiapa
088 Sunuapa
090 Tapalapa
091 Tapilula
110 San Andrés Duraznal



Fuente: [Secretaría de Planeación del Estado de Chiapas.](#)

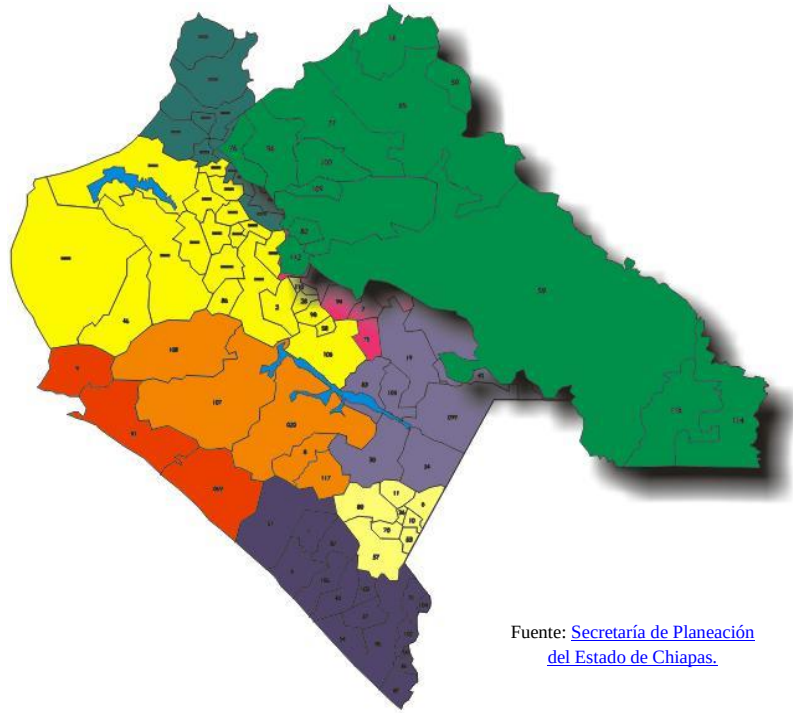
La conforman 23 municipios, que en conjunto ocupan una extensión de 6,098.5 km² equivalente al 8.1% del territorio estatal. Su población total es de 324,273 habitantes y representa 8.3% del total estatal, la cabecera municipal se localiza en la ciudad de Pichucalco. En comunicaciones y transportes la región cuenta con 2,186.8 km. de infraestructura carretera federal y estatal hasta el límite con el Estado de Tabasco, de gran importancia es la línea del Ferrocarril del Sureste que comunica al estado con el centro y sureste del país.



Fuente: [Secretaría de Planeación del Estado de Chiapas.](#)

La región VI, que es la Selva se compone de los siguientes municipios:

065 Palenque
016 Catazajá
050 La Libertad
059 Ocosingo
112 San Juan Cancuc
031 Chilón
076 Sabanilla
077 Salto de Agua
082 Sitalá
096 Tila
100 Tumbalá
109 Yajalón
114 Benemérito de Las
Américas
116 Marqués de Comillas



Fuente: [Secretaría de Planeación del Estado de Chiapas.](#)

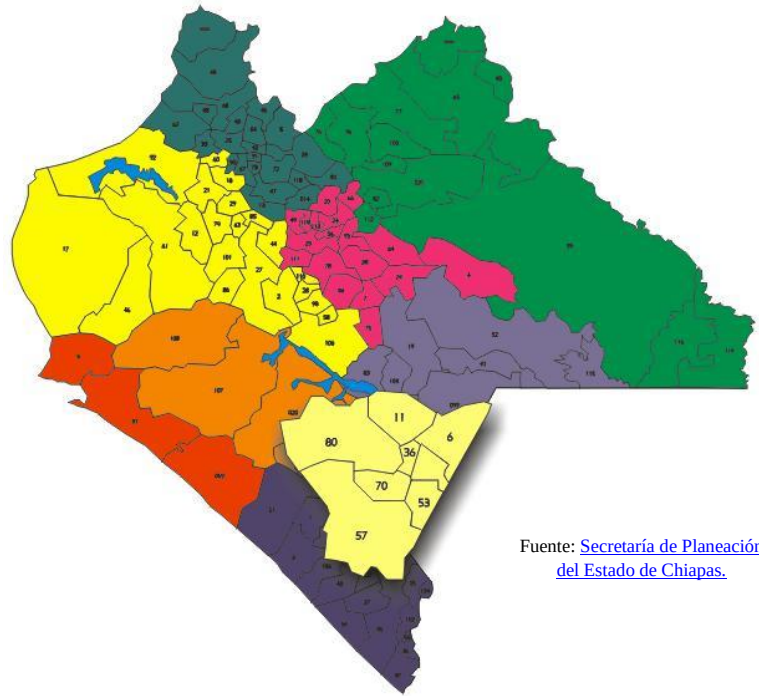
La región VI Selva, está integrada por 14 municipios con una superficie de 19,789 km² equivalente al 26.2% del territorio estatal. La cabecera se localiza en la ciudad de Palenque, la población total es de 564,053 habitantes y representa 14.4% del total estatal. Sobre comunicaciones y transporte la región VI Selva consta de 3,976.0 km. de infraestructura de carretera tanto federal como estatal, el ferrocarril del sureste recorre algunos de los municipios de esta región. Dispone de un aeropuerto de servicio internacional ubicado en Palenque.



Fuente: [Secretaría de Planeación del Estado de Chiapas.](#)

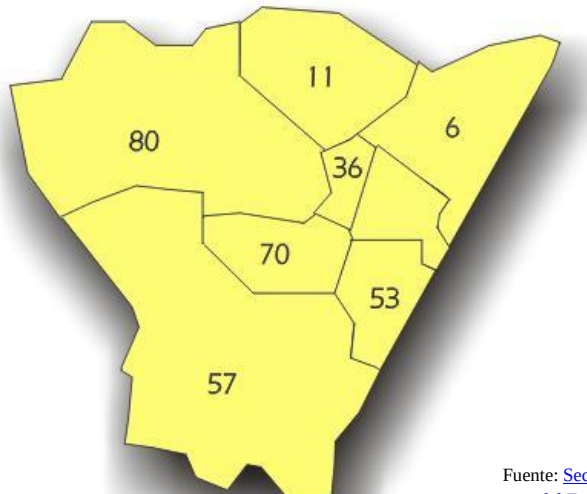
La región VII, que es la Sierra se compone por los siguientes municipios:

057 Motozintla
006 Amatenango de la frontera
010 Bejucal de Ocampo
011 Bella Vista
070 El Porvenir
036 La Grandeza
053 Mazapa de Madero
080 Siltepec



Fuente: [Secretaría de Planeación del Estado de Chiapas.](#)

La región VII Sierra está integrada por 8 municipios en un espacio de 2,126 km², equivalente al 2.8% del territorio estatal. La cabecera se localiza en la ciudad de Motozintla; la población total es de 168,094 habitantes y representa el 4.3% del total estatal. En comunicaciones y transportes cuenta con 1,129.2 Km de carretera federal y estatal.



Fuente: [Secretaría de Planeación del Estado de Chiapas.](#)

La región VII, es la Soconusco y los municipios que la componen son:

089 Tapachula de Córdova y Ordóñez

001 Acacoyagua

003 Acapetahua

015 Cacahoatán

032 Escuintla

035 Frontera Hidalgo

037 Huehuetán

040 Huixtla

051 Mapastepec

054 Mazatán

055 Metapa de Domínguez

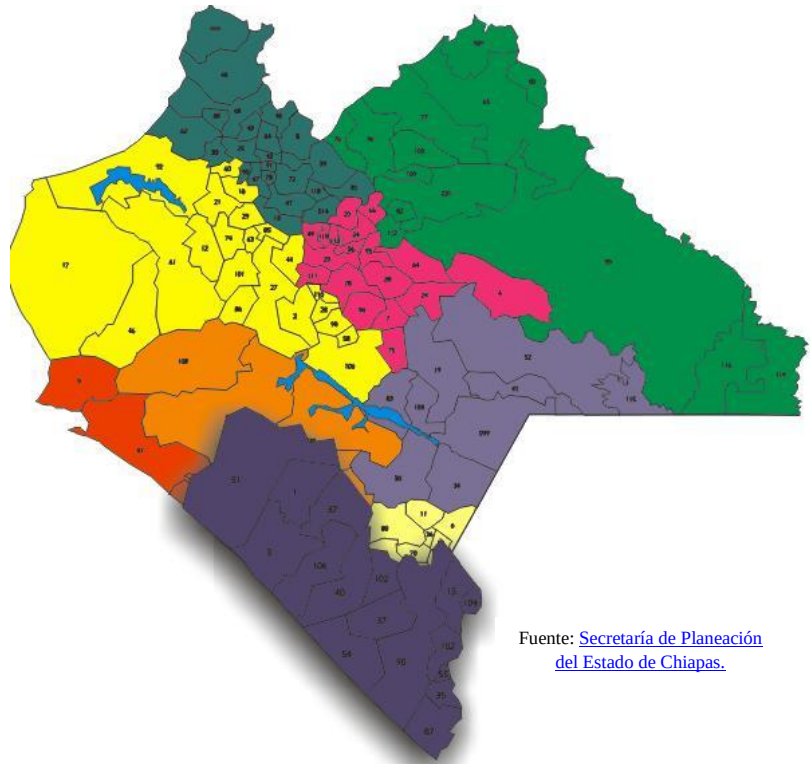
071 Villa Comatitlán

087 Suchiate

102 Tuxtla Chico

103 Tuzantán

105 Unión Juárez



Fuente: [Secretaría de Planeación del Estado de Chiapas.](#)

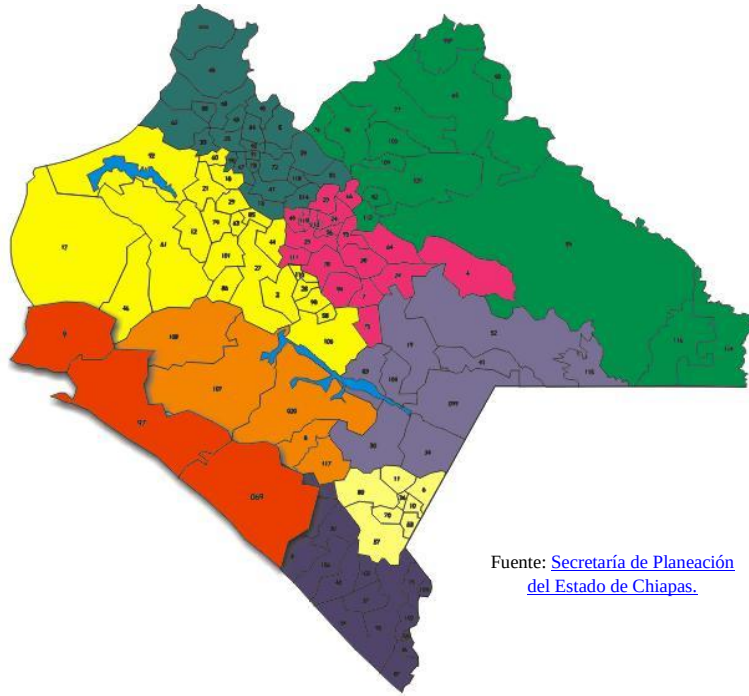
Esta región se conforma por 16 municipios en un espacio de 5,475 km² equivalente al 7.2% del territorio estatal. La cabecera se localiza en la ciudad de Tapachula, la población total es de 664,437 habitantes y representa el 16.9% del total estatal. En comunicaciones y transportes cuenta con 3,294.4 km de carretera tanto federal como estatal, y un aeropuerto internacional.



Fuente: [Secretaría de Planeación del Estado de Chiapas.](#)

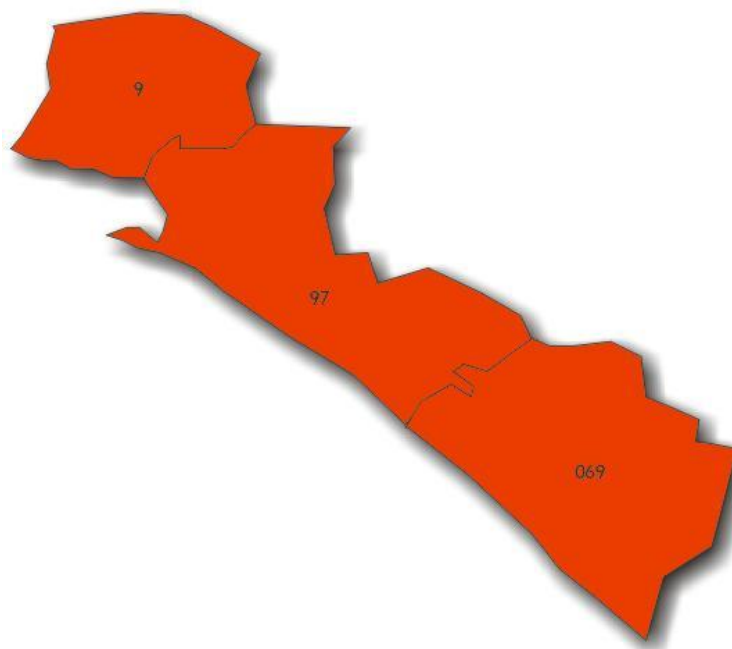
La región IX, que es la de Istmo-Costa se divide en los siguientes municipios:

097 Tonalá
009 Arriaga
069 Pijijiapan



Fuente: [Secretaría de Planeación del Estado de Chiapas.](#)

La región Istmo-Costa está integrada por 3 municipios en un espacio de 4,643 km², equivalente al 6.1 % del territorio estatal. La cabecera regional se localiza en la ciudad de Tonalá; la población asciende a 163,376 habitantes que representa 4.2% del total estatal. Cabe mencionar que 48% de la población se concentra en el municipio de Tonalá. Con relación a comunicaciones y transportes existen 1,240.9 Km. de carretera federal y estatal, comunicándose al centro del estado a por medio de la carretera Panamericana y hacia la costa del estado por la carretera costera y el ferrocarril.



Fuente: [Secretaría de Planeación del Estado de Chiapas.](#)

En el análisis de costos según tabuladores de edificación y caminos del estado de Chiapas en sus primeras 4 regiones no muestra factores de un costo extra, en la región 5 hay un factor de 1.1176 % extra y en las ultimas 4 regiones un extra de 1.0065 %, estos aumentos se pueden atribuir a los sobre acarreos de diversos materiales empleados en el proceso de reparación o mantenimiento, así como también, a la geografía del lugar, las condiciones de acceso a dicha obra y/o la cercanía de otros estados.

Se han encontrado puentes dañados en las diferentes regiones del estado, aquí un listado de ellos según la región a la cual están ubicados.

- Región I.- Malpaso, Arroyo Seco, Río Blanco.
- Región II.- Jatate, El suspiro, Mitontic, Chenalhó, Chalchihuitan, Balum Canal, la Almolonga, Peje de Oro, Explanada del Carmen.
- Región III.- La Mesilla, La Independencia, Tachimul, San Miguel.

- Región IV.- Cuxtepeques, La Puerta, El Ahorcado, Los Amates, Poblazon, El Otate, San Antonio, Huanacastal, El Acatenco, Jaltenango, El Altillo, El Dorado, Conagua, San Andrés, Pio Quinto.
- Región V.- No se encontraron puentes para su análisis
- Región VI.- 07, 06, Guarumbo II, Guarumbo, Arroyo Seco II, El Bandido, Lacanja, Lacanja II, Sin nombre (I al X), Lacanja III, Sin Nombre Crucero Chancala-Sto. Domingo (62+165.5, 40+200, 30+000, 28+600, 25+600, 17+400, 9+500), Nombre Fco. I. Madero- Paso el Naranjo (34+700, 28+500, 25+800, 24+800, 22+300, 19+200, 15+060, 14+450, 12+720, 12+450, 6+300, 3+450, 3+300, 1+450).
- Región VII.- Honduras, Galeana I, Galeana II, Matazanos, Letrero I, Letrero II, Letrero III, Ángel Díaz, Cascada (I al V), El Roble, Aguacate, Tapitzala, Mexicalapa.
- Región VIII.- Chalaca, Las Garzas, Acapetahua, Pumpaupa, Santa Rita, Cuyamiapa, Acapa, Villacomatitlan, Itamashtate, La Ilusion.
- Región IX.- No se encontraron puentes para su análisis.

CONCLUSIONES

Los puentes son parte fundamental del patrimonio en infraestructura del estado, pues son puntos óptimos y medulares en una red vial para la transportación en ámbitos generales y con ello conlleva al desarrollo de las personas. El mantenimiento y la rehabilitación adecuada de estos es pues, una de las tareas más importantes de cualquier organismo que se dedique a administrar las carreteras sea pública o privada.

Para esto se debe emplear medios humanos y técnicos necesarios que sean suficientes para que lleguen a permitir mantener un conocimiento completo y actualizado de su estado de deterioro físico, que permita definir el volumen de recursos necesarios para su mantenimiento y rehabilitación, y que estos garanticen una adecuada, optima y eficaz administración de los recursos necesarios con los que se cuentan para de acuerdo a los costos determinados.

El análisis de costos para la conservación y rehabilitación de puentes es muy viable; ya que por medio de este proceso que es variable según del puente que estemos tratando podemos manejar los presupuestos, estándares de costos y márgenes que toda organización maneja en los proyectos previos a implementar y que son a su vez antecedentes en una base de datos para tener en cuenta para futuras previas investigaciones de éstos, ya que la conservación y rehabilitación tienen un ciclo para optimizar y lograr conservar nuestros puentes que son necesarios para la comunicación entre poblaciones. Se ha demostrado que los productos y procedimientos empleados en la conservación y rehabilitación de los puentes han evolucionado en tal forma que las estructuras mejoran su capacidad de resistencia, aún más que en un estado original.

Y como tácticas de ventajas y estrategias optimas se deben proponer períodos de supervisión más cortos para los puentes más importantes de nuestro estado, así como los internacionales (que tienen gran aforo); puentes especiales como son los atirantados o lanzados (de gran longitud y altura); y también se deben hacer paquetes para supervisión de puentes de tramos más importantes para la red vial.

Todo esto con el fin de hacer del proceso del análisis de costos para la conservación y rehabilitación sea un proceso más dinámico mediante el cual se garantice la estabilidad de la red y el desarrollo de más ciudades de nuestro estado.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Alonso, F. (2010). "Sistemas de Gestión de Puentes". Libro en publicación. 2010.

Alonso, F. (2006). "Optimización conjunta de las políticas de mantenimiento y rehabilitación en puentes mediante algoritmos genéricos: aplicación al sistema de gestión de puentes del estado de Chiapas (México)". Tesis Profesional.

Flores, J. (2001). "*Conservación de Puentes Carreteros*". Tesis Profesional. <<http://www.construaprende.com/Tesis2/Indice.html>>. Octubre 2003.

INEGI (2005). Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática <<http://www.inegi.com.mx>>, diciembre 2005.

Liu C., Hammad A. e Itoh, Y. (1996). "*Cost Optimization of Bridge Maintenance using Genetic Algorithm*". Proceedings of the 15th Congress IABSE, pp. 457-462. Copenhagen. Denmark.

AASHTO (1993). "*Manual for Maintenance Inspection of Bridges*". prepared by the Highway Subcommittee on Bridges and Structures for the American Association of State Highway and Transportation Officials. USA.

Branco, F. A. y Brito, J. (1996). "*Bridge Management from Design to Maintenance*". J. R. Casas, F. W. Klaiber and A. R. Marí (Eds.). CIMNE, Barcelona, España.

BRIME (2001). "*Deliverable D14, Final Report*". Project funded by the European Commission under the Transport RTD Programme of the 4th. Framework Programme. <<http://www.trl.co.uk/brime/d14.pdf>>, Enero 2004.

REHABCON (2003). "*Strategy for Maintenance and Rehabilitation of Concrete Structures*". <http://www.cbi.se/rehabcon/Annex_A.pdf>. marzo, 2003.

Helene, D. I. (1997). Manual de reparación, Refuerzo y Protección de las Estructuras de Concreto. México, D.F.: IMCYC