

Rehabilitación de los puentes de la Red de carreteras de Colombia, basados en inspecciones visuales, estudios especializados y estrategias de reparación

National Colombian roadway bridges rehabilitation, based on visual inspections, specialized studies and repair strategies

Edgar Muñoz*, Rafael Hernández*, Edgar Valbuena*, Luz Trujillo**, Libardo Santacruz**

* Universidad Javeriana, Bogotá, COLOMBIA

**Instituto Nacional de Vías, Bogotá, COLOMBIA
edgar.munoz@javeriana.edu.co

Fecha de recepción: 24/ 09/ 2004
Fecha de aceptación: 21/ 01/ 2005

Resumen

En este artículo se hace una descripción de cada uno de los módulos que hacen parte del Sistema de Administración de Puentes de Colombia (SIPUCOL), implementado desde 1996 por parte del Instituto Nacional de Vías (Invias). Incluye sus alcances y ventajas en lo referente a las labores de mantenimiento y conservación. Además se expone su utilidad y beneficio, mediante la evaluación estadística de su estado en dos (2) periodos diferentes de inspección. De cada componente se estudia sus principales daños, causas, los estudios necesarios y los tipos de reparaciones recomendadas. Los daños principales detectados son causados en general por insuficiencia estructural (falta de capacidad de carga), descomposición, corrosión, infiltración y socavación. Los estudios que más se han ejecutado son los de capacidad de carga, vulnerabilidad sísmica y de socavación. Para solucionar el problema se ha incrementado en los últimos años el mantenimiento y las obras de rehabilitación.

Palabras Clave: Puentes, inspección visual, reparaciones típicas, daños típicos

Abstract

In this article, a description is made of each one of the modules that are part of the System of Administration of Bridges of Colombia (SIPUCOL). This system was implemented in 1996 by Invias (Colombian Government's Roads Administration). Also it is showed their utility and benefit, by means of the statistical evaluation of bridge components in two (2) different inspection periods. Each component was studied to determine their main damages, causes, the required studies and the types of recommended repairs. The major damages that have been detected are caused by structural insufficiency (lack of load capacity), decomposition, corrosion, infiltration and undermining. The studies that have been more frequently executed are those of load capacity, seismic vulnerability and undermining. To solve the problem, bridge maintenance and rehabilitation activities have been increased in the last years.

Keywords: Bridges, visual inspection, typical repairs, typical damages

1. Introducción

En el año de 1996 el Invias implementó SIPUCOL, con la asesoría del Directorado de Carreteras de Dinamarca. Los alcances del sistema son los siguientes:

- Predicción de las necesidades de mantenimiento y de los fondos requeridos.
- Elaboración de listados de puentes por prioridades de rehabilitación.
- Identificación de puentes con restricciones o limitaciones de servicio.
- Búsqueda de la mejor alternativa de rehabilitación.
- Cuantificación de los costos de inversión por puente.
- Determinación de la capacidad de carga de los puentes y sus restricciones.

En la figura 1 se presenta un organigrama que explica en forma resumida la metodología para lograr los

alcances antes planteados, en la cual se identifica el procedimiento de priorización y la toma de decisiones para la reparación de los puentes

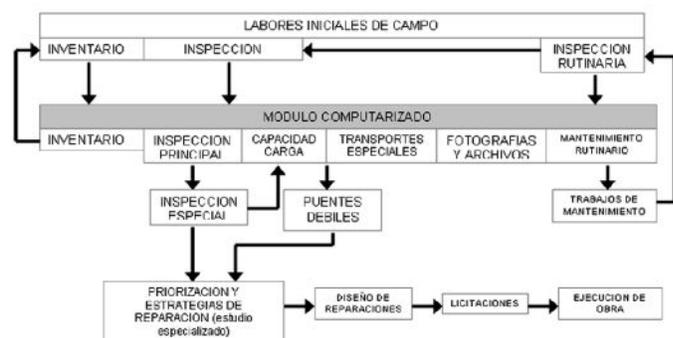


Figura 1. Módulos del sistema de administración de puentes (Sipucol)



El sistema identifica los puentes en estado crítico y realiza la priorización de acuerdo con los resultados de las inspecciones principales, inspecciones especiales, inspecciones rutinarias y la capacidad de carga. Dependiente del daño o vulnerabilidad detectada, se ejecutan obras de emergencia para evitar un posible colapso, posteriormente se realizan estudios especializados (ver tabla 1) y el diseño y la ejecución de obras de reparación definitivas. A continuación se hace una breve descripción de los módulos principales que conforman este sistema:

Inventario: Contiene información seleccionada sobre localización, administración, geometría tipologías de la infraestructura y superestructura, capacidad de carga, etc., para cada uno de los puentes que integran la Red Nacional de Carreteras (Instituto nacional de Vías, et al., 1996 a).

Inspección Principal: Tiene por objeto realizar para cada puente, una inspección visual de cada uno de los componentes principales (superficie, barandas, bordillos, andenes, vigas, losa, pilas, estribos, apoyos, armaduras) que hacen parte de la estructura y dar una calificación basada en una escala cualitativa previamente definida (Instituto Nacional de Vías, et al, 1996a). En la figura 2 se presenta las etapas necesarias para una inspección principal, que incluye: definición de los componentes, escala de calificación y los tipos de daños. Mediante este modulo se identifican los puentes que requieren inspecciones especiales, estudios especializados y

reparaciones. La calificación del puente, se obtiene al seleccionar la mayor calificación de los componentes clasificados como estructurales (ver figura 2).
Inspección especial: Son auscultaciones profundas de la estructura que incluyen ensayos destructivos y no destructivos especializados en campo y en laboratorio (Instituto Nacional de Vías, et al.,1996a).

Capacidad de carga: Este módulo pretende identificar los puentes débiles y servir de herramienta en la administración de permisos para cargas especiales.(Instituto Nacional de Vías, et al.,1996a).

Inspección rutinaria, mantenimiento rutinario y limpieza de puentes: La inspección rutinaria incluye una frecuente revisión superficial de la estructura con el propósito de garantizar la seguridad del transito a diario y registrar las necesidades de mantenimiento rutinario y limpieza en los puentes (Instituto Nacional de Vías, et al.,1996a).

Diseño de reparación y refuerzo. Cubre la evaluación de daños, estrategias y diseño de reparación. Suministra recomendaciones sobre la toma de decisiones para las reparaciones y rehabilitaciones de los puentes, basados en las inspecciones principales, especiales y capacidad de carga. (Instituto Nacional de Vías, et al.,1996a)

Priorización de obras de reparación y refuerzo: Explica detalladamente el procedimiento de la priorización y como se aplica a la administración de los puentes. Este módulo permite la asignación óptima de recursos para las obras de reparación. (Instituto Nacional de Vías, et al., 1996a).

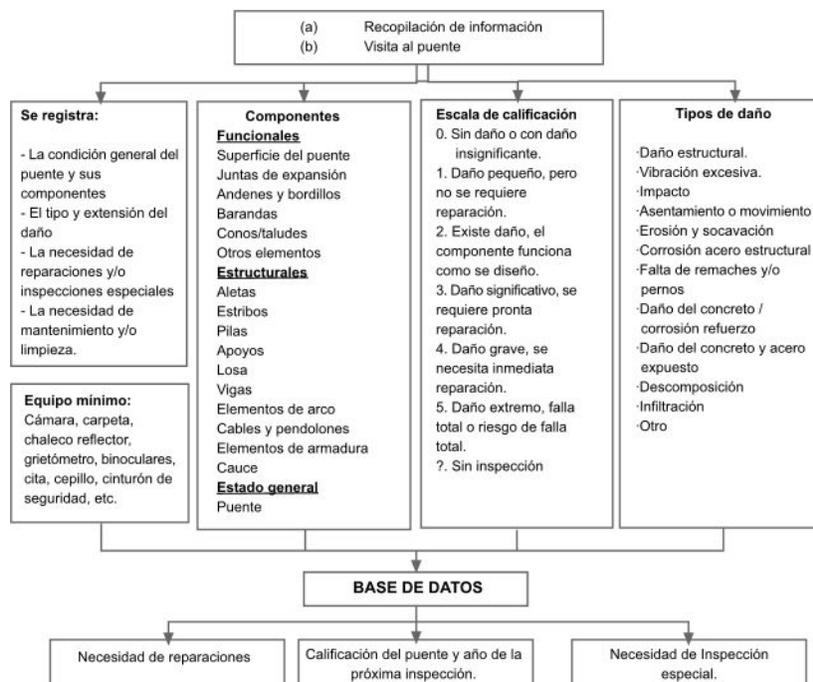


Figura 2. Etapas de la inspección principal



Tabla 1. Alcances de estudios especializados

Estudios	Alcance mínimo
A. Topográfico	Levantamiento del sitio del ponedero. Alineamiento de las márgenes del cauce aguas arriba y aguas abajo con los niveles de aguas observados. Batimetrías aguas arriba y aguas abajo.
B. Hidrológico, Hidráulico y Socavación.	<p>Recopilación de información.</p> <p>Estudio Hidrológico: Mediante aforos y batimetrías se determina el caudal de diseño. Incluye un análisis de la cuenca hidrográfica, las precipitaciones, caudal máximo y el nivel de aguas máximas.</p> <p>Estudios Hidráulicos: Incluye:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Determinación de líneas de corriente para establecer su orientación y sus variaciones debidas a las presencias de obstáculos, meandros, zonas de depósito de materiales. - Determinación de los sedimentos.Efecto de la reducción de la sección hidráulica. - Alineamiento de las pilas dentro del cauce - Recomendación de obras de protección del cauce <p>Estudio geológico o geomorfológico: Incluye visitas a campo con mapas, fotografías aéreas y estudios anteriores; se hace un análisis detallado de los accidentes geológicos para una evaluación de la estabilidad del cauce.</p> <p>Calculo de la socavación: Mediante el análisis de la socavación local y global para un periodo de retorno de 50 años se determina los siguientes parámetros del sitio de ponedero:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Area hidráulica y longitud del puente. - Niveles de las aguas del cauce mínimos, medios y máximos. - Recomendación sobre el gálibo. - Recomendaciones de protección de las márgenes. - Zonas de inundación.
C. Suelos y Geotécnicos	<ul style="list-style-type: none"> - Reconocimiento de campo y exploración esquemática. - Realización de sondeos, perforaciones o apiques. - Ensayos de laboratorio. - Capacidad de portante, estado de las cimentaciones y refuerzo de las cementaciones.
D. Estudio estructural	<p>Patología de materiales: Mediante ensayos destructivos y no destructivos se debe evaluar las propiedades mecánicas, físicas y químicas de los componentes principales de la superestructura e infraestructura.</p> <p>Análisis y revisión estructural: Con base en las especificaciones del Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes (CCDSP) y utilizando programas de análisis, se debe hacer una revisión sísmo-resistente del puente en general y de sus componentes principales, incluyendo las recomendaciones del estudio de suelos y las profundidades de socavación.</p>
E. Diseño de obras de rehabilitación	Consiste en el análisis y diseño de las reparaciones que incluyan: mantenimiento, refuerzo y rehabilitación. Esta evaluación debe incluir un análisis beneficio-costos, especificaciones de construcción y presupuesto.

Basados en SIPUCOL, se exponen a continuación para cada componente principal, sus daños típicos (Muñoz, et al., 2004), características de los estudios y las reparaciones típicas. Esta evaluación nos permite identificar las ventajas del sistema de gestión de puentes y las líneas de investigación necesarias para complementarlo.

Estado, Daños Típicos Y Reparaciones

La presente evaluación, se basa en el estudio estadístico de las inspecciones principales y reparaciones recomendadas en dos (2) periodos, uno entre 1996-1997 (P1) y el otro entre el 2001-2002 (P2). De acuerdo al segundo periodo se encontró que el 70% de las estructuras están en buen estado (calificaciones 0, 1, 2), el 21% en condiciones regulares con daños significativos (calificación 3) y el 9% restante con daños graves y con riesgo de colapso (calificación 4 y 5).

En la Figura 3 y la tabla 2 se observa la evolución del estado de los puentes, comparando los resultados de las dos (2) inspecciones en diferentes periodos, se encontró que el porcentaje de los puentes catalogados como buenos (calificación 0, 1 y 2) aumentaron en un 7%, los regulares

(calificación 3) disminuyeron en un 4% y los malos (calificación 5) disminuyeron en un 1%.

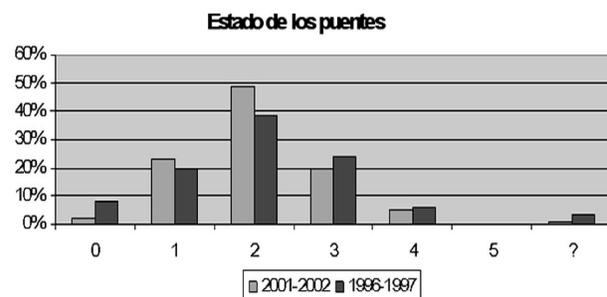


Figura 3. Estado de los puentes. Fuente: Base de datos de Sipucol – INVIAS

Tabla 2. Estado de los puentes en los dos (2) periodos

	P1	P2
Bueno(0,1,2)	67%	74%
Regular(3)	24%	20%
Malo(4,5)	6%	5%
Sin inspección (?)	4%	1%

2. Superficie del Puente

2.1 Daños típicos

Debido al desnivel y al mal manejo de las aguas de escorrentía sobre los tableros (inadecuado bombeo y falta de drenes), se han encontrado desconches y baches generalizados y fisuras tipo “cocodrilo” en las carpetas de asfalto (ver figura 6). En las carpetas de rodadura en concreto, hay descomposición del material por la acumulación de agua combinado con la insuficiente capacidad estructural (ver figura 4). Los daños principales son: la deficiencia estructural, asentamiento en terraplén de acceso, falta de capacidad de carga y aumento de las cargas por eje del tráfico. Comparando su calificación en los dos (2) periodos de inspección su estado ha mejorado (ver Tabla 3).

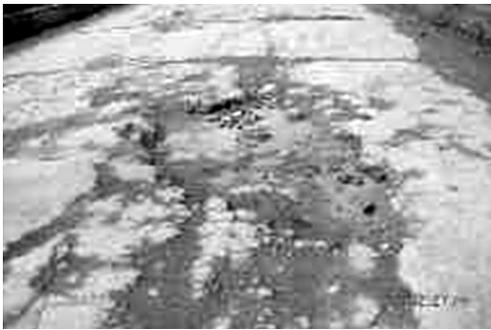


Figura 4. Carpeta de concreto descompuesta. Puente Chintadó



Figura 5. Falla de losa y carpeta de rodadura. Puente la Noche



Figura 6. Carpeta descompuesta, grietas de cocodrilo. Puente la Criolla

Tabla 3. Tipos de daños, estado y recomendaciones de inspección especial de los componentes: superficie, juntas de dilatación, andenes, bordillos y barandas.

		Superficie del puente		Juntas de expansión		Andenes/bordillos		Barandas	
		P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
% de tipos de daños detectados	Daño estructural	18,2%	19,1%	23,4%	11,4%	2,1%	2,7%	0,8%	0,9%
	Vibración		0,3%			0,5%		0,0%	0,1%
	Impacto	0,9%	1,8%	16,9%	13,3%	25,4%	13,6%	31,2%	27,1%
	Asentamiento	10,8%	9,3%	2,3%	0,9%	3,6%	0,5%	0,1%	0,1%
	Erosión y socavación								
	Corrosión acero	0,2%	0,1%	0,1%	0,1%	1,0%	0,1%	0,9%	4,0%
	Daño concreto / corrosión refuerzo		0,3%		0,2%	3,1%	7,0%	0,4%	1,9%
	Daño del concreto y acero expuesto	0,3%	0,9%	0,0%	0,4%	15,5%	8,0%	2,5%	2,6%
	Descomposición	29,0%	39,4%	8,2%	6,5%	1,5%	3,0%		1,3%
	Infiltración	10,4%	2,0%	32,2%	41,0%	0,5%	2,0%	0,1%	0,1%
	Otros	29,4%	26,6%	16,9%	26,1%	46,6%	63,1%	63,9%	61,8%
	Bueno (0-1-2)	84,3%	91,0%	68%	65%	93,3%	96,8%	62,5%	76,3%
Estado	Regular (3)	11,4%	6,6%	18%	14%	3,2%	2,0%	14,8%	12,1%
	Malo (4-5)	2,7%	2,1%	14%	21%	2,9%	0,6%	22,3%	11,0%
	Sin inspección?	1,6%	0,4%	0	0	0,6%	0,6%	0,4%	0,6%
	Recomendación Inspección especial	24,2%	30,4%	23,7%	18,8%	29,7%	27,5%	17,5%	23,0%

2.2 Estudios especiales y reparaciones típicas

Cuando el estado es crítico se realiza el diseño de una nueva carpeta, con especial detalle a la superficie de rodadura para tableros flexibles de puentes colgantes, de armadura o atirantados. En la tabla 4 se presentan las reparaciones típicas, donde las más recomendadas

corresponden a las tipo A y C. En las figuras 7 y 8, se expone un ejemplo de reparación, que consiste en la demolición de la carpeta existente y posterior construcción de una nueva, con el respectivo bombeo para controlar el drenaje en el tablero.

Tabla 4. Reparaciones recomendadas: superficie de rodadura

Tipo	P1	P2	Descripción
A.Cambio de Pavimento Asfáltico	47,0%	34,6%	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 ('tack coat') y colocación de una nueva carpeta asfáltica, mezclada cuidadosamente según especificaciones. (Ver Foto 4 y Foto 5).
B.Cambio de Pavimento de Concreto	5,0%	2,1%	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.
C. Tratamiento Superficial	29,0%	32,7%	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.
D. Reparación de pavimento	13,0%	22,0%	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.
E. Otras	6%	7%	



Figura 7. Demolición de carpeta asfáltica. Puente Río Negro.



Figura 8. Extendido de la nueva carpeta de rodadura. Puente Río Negro.

3. Juntas de expansión

3.1 Daños típicos

La mayoría de las juntas de dilatación presentan daños principales, debidos a la infiltración y la falta de diseño estructural para soportar las deformaciones y sollicitaciones, incluyendo el impacto y probables desniveles (ver figura 9 y 11). Además se ha detectado problemas de descomposición del concreto alrededor (ver figura 10) y al desprendimiento por impacto de los elementos de la junta. También daño interno y afectación del concreto de la losa, vigas y apoyos de los puentes. La mayoría de las juntas de acero, tienen ángulos y platinas corroídos y totalmente fracturados. Además pérdida de la placa de acero, debido a uniones entre la platina y los ángulos inadecuados (soldaduras intermitentes), lo cual genera aumento de fatiga. Se observa en la , que el daño de las juntas de expansión ha aumentado de un 14% a un 21%, basados en la comparación de las calificaciones 4 y 5 en los dos (2) periodos, lo que representa hacer estudios más detallados para concebir reparaciones seguras y efectivas.



Figura 9. Desnivel y descomposición en junta dentada. Puente Dos Ríos



Figura 10. Daño en junta entre losa de aproximación y tablero. Puente el Tapón



Figura 11. Desnivel y descomposición en juntas. Puente de los Ángeles

3.2 Estudios y reparaciones típicas

Consiste en el análisis y el diseño de la reparación de juntas existentes o para la construcción de juntas nuevas. La selección de la junta depende del tipo de puente y la longitud del mismo. En puentes de varias luces, se estudia la posibilidad de eliminar las juntas intermedias y rediseñar las exteriores. Basados en la experiencia en otros países, se está utilizando juntas asfálticas para puentes con luces menores o iguales a 50 m (ver Foto 9). Para puentes de mayor longitud se emplea normalmente juntas especiales de neopreno o dentadas. Por el estado crítico en que se encuentran, las reparaciones más empleadas son las tipo A y C (ver Tabla 5).

Tabla 5. Reparaciones de las juntas de dilatación

Tipo	P1	P2	Descripción
A. Reparación de junta	33,0%	23,9%	Limpieza. Mejoramiento de partes metálicas no dañadas. Cambio de elementos no metálicos.
B. Cambio de junta de acero	9,0%	18,5%	Retiro de la junta existente. Limpieza del sitio y colocación de la junta nueva según especificaciones y directrices del productor
C. Cambio a junta de goma asfáltica	41,0%	31,3%	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. (Ver Foto 9)
D. Otra	17,0%	26,3%	



Foto 9. Construcción de una junta asfáltica. Puente Río Negro.

4. Andenes, bordillos y barandas

4.1 Daños típicos

Los andenes de concreto reforzado generalmente tienen descomposición y aceros expuestos (ver figura 13 y figura 14). Además huecos por falla estructural que afectan la seguridad vial. La causa principal del deterioro es el impacto. (ver Tabla 3). Algunos de los puentes no tienen barandas y es necesaria su construcción urgente, para evitar riesgos de seguridad vial, tanto para los peatones como para los vehículos (ver figura 14). Los tipos de daños principales en estos componentes, son debidos al impacto (Ver figura 16 y figura 17) y una inadecuada señalización. Debido al aumento de labores de mantenimiento y rehabilitación, se ha mejorado el estado de los bordillos, andenes y barandas (Ver Tabla 3).



Figura 13. Daño estructural de anden. Puente Paso Elevado Sucromiles



Figura 14. Falta de andenes y pintura en bordillos. Puente la Pizarra.



Figura 15. Falta de Barandas. Puente Tomas Castrillón



Figura 16. Barandas inestables por impacto. Puente Coello



Figura 17. Barandas de concreto destruida por impacto. Puente Cañada Profunda No. 1.

Tabla 6. Reparaciones en andenes, bordillos y barandas

Tipo	P1	P2	Descripción
Andenes y Bordillos			
A. Cambio de anden o bordillo	64,0%	14,3%	Demolición de la sección dañada y restitución de la misma sección por medio de materiales buenos y aptos.
B. Reparación de concreto	9,0%	16%	Para el caso de concretos con hormigueros o descompuestos consiste en su reparación, para proteger el acero expuesto
C. Otra	27,0%	69,7%	
Barandas			
A. Reparación de barandas de concreto	26,0%	23,6%	Eliminación de la sección dañada, limpieza, restauración del refuerzo y colocación de concreto.
B. Reparación de barandas de acero	9,0%	13,3%	Enderezada de las partes afectadas y/o restitución de partes defectuosas.
C. Cambio de baranda de concreto	36,0%	8,7%	Eliminación de partes dañadas que no pueden ser reparadas incluyendo las conexiones con la superestructura. Limpieza y colocación cuidadosa de la nueva baranda, sea prefabricada o hecha en el sitio, garantizando una conexión segura con la superestructura.
D. Cambio de baranda de acero	22,0%	14,5%	Eliminación de partes dañadas que no pueden ser reparadas, incluyendo las conexiones con la superestructura. Limpieza y colocación cuidadosa de la nueva baranda, garantizando una segura conexión con la superestructura.
E. Otra	6,0%	39,9%	

4.2 Estudios y reparaciones típicas

De acuerdo con el tipo de daño identificado, se realizan ensayos de patología, para establecer los procedimientos de reparación. Para barandas de acero es importante verificar la calidad de la pintura, lo que asegura una adecuada señalización a largo plazo. Para los bordillos y andenes con daños importantes, se acostumbra el cambio o la reparación del concreto (ver Tabla 6). Para las barandas los tipos de reparación más empleada corresponden a las tipos A y C (ver figura 18).

5. Conos, taludes y aletas

5.1 Daños típicos

Problemas de erosión en los taludes (conos), por falta del control de las aguas de escorrentía, que provienen principalmente de las vías. (figura 19 y figura 20). Por la inestabilidad de los conos y taludes, debidos a la erosión, se han detectado asentamientos en

las aletas y en los accesos del puente. Deslizamientos aledaños. Acumulación de basuras en los taludes aledaños afectan su estado y conservación.



Figura 18. Reparación del concreto de la baranda y su correspondiente pintura



Figura 19. Falta de manejo de aguas de escorrentía. Puente Río Sucio



Figura 20. Erosión en el talud cerca al estribo, por manejo inadecuado de aguas. Puente el Playón

En las aletas se han encontrado grietas a flexión y a cortante por insuficiente capacidad de carga y por el efecto que produce el asentimiento (figura 21). Movimiento y desplomes por problemas de socavación del cauce o erosión producida por la inestabilidad de los taludes aledaños (figura 22). Algunas aletas son utilizadas inadecuadamente, para soportar las cargas de una ampliación o de una pasarela peatonal, para lo cual no están diseñadas estructuralmente. Comparando su calificación en los dos (2) periodos de inspección el estado de los dos (2) componentes antes estudiados ha estado constante (ver Tabla 7).

5.2 Estudios y reparaciones típicas

Dependiendo del problema y la dimensión de los conos y taludes, se requiere estudios de geotecnia y estabilidad de taludes con el objeto de definir las obras de reparación (ver Tabla 1). Para los conos y taludes la mayor obra de rehabilitación es la construcción de cunetas (ver Tabla 8). Para la aleta 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, lo cual se aprecia en la Figura 24.



Figura 21. Grietas por falta de capacidad de carga de las aletas. Puente Venecia



Figura 22. Falla por capacidad de carga debida al empuje. Puente Agua Bonita



Figura 23. Erosión y Socavación. Puente El Cerrito



Figura 24. Soporte de una pasarela, que no afecta estabilidad estructural de la aleta.

Tabla 7. Tipos de daños, estado y recomendaciones de inspección especial de los componentes: conos y taludes, aletas, estribos y pilas

		Conos y Taludes		Aletas		Estribos		Pilas	
		P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
% de tipos de daños detectados	Daño estructural	0,4%	0,2%	11,8%	12,5%	9,8%	9,7%	14,1%	9,9%
	Vibración							1,4%	0,0%
	Impacto	0,9%	0,2%	0,7%	1,3%	1,0%	1,1%	9,9%	5,0%
	Asentamiento	4,8%	6,8%	30,6%	21,2%	16,1%	5,6%	9,9%	3,1%
	Erosión y socavación	70,3%	63,0%	27,1%	10,0%	19,5%	7,0%	15,5%	5,3%
	Corrosión acero								2,3%
	Daño concreto / corrosión refuerzo			0,7%	2,2%	2,0%	3,3%	4,2%	11,8%
	Daño del concreto y acero expuesto			9,0%	2,9%	8,8%	2,9%	12,7%	11,8%
	Descomposición	0,0%	0,0%	0,0%	3,1%	4,4%	6,2%	5,6%	3,1%
	Infiltración	7,9%	3,1%	7,6%	31,0%	17,1%	55,5%	5,6%	37,0%
	Otros	15,7%	26,8%	12,5%	15,8%	21,5%	8,5%	21,1%	10,7%
Estado	Bueno (0-1-2)	93,4%	94,9%	94,0%	96,6%	92,9%	96,4%	93,6%	94,2%
	Regular (3)	5,5%	4,4%	2,9%	2,0%	3,8%	2,1%	3,9%	3,4%
	Malo (4-5)	0,9%	0,5%	2,3%	1,1%	1,5%	0,7%	0,8%	1,6%
	Sin inspección?	0,2%	0,2%	0,8%	0,3%	1,8%	0,8%	1,7%	0,8%
	Recomendación Inspección especial	19,1%	25,9%	25,1%	28,3%	24,4%	27,0%	31,5%	23,6%

Tabla 8. Reparaciones típicas de conos, taludes y aletas.

Tipo	P1	P2	Descripción
Conos y Taludes			
A. Rellenar	13,6%	22,4%	Acarreo del material del sitio. Relleno y compactación para obtener la pendiente y el espesor original.
B. Reparación de elementos de protección	6,0%	3,3%	Eliminación de la protección de secciones dañadas. Relleno de zonas erosionadas con material del sitio, nivelación y compactación. Reconstrucción de la protección, en cuneta revestida en roca, en concreto, baldosas u otro material.
C. Protección de conos de derrame	19,6%	9,5%	Afinación del cono de derrame por medio de instalación de material apropiado, nivelación y compactación, hasta que el cono tenga su pendiente original. Colocación del medio de protección, por lo regular en forma de cuneta revestida de rocas (rocas del sitio, pegadas con mortero 1:4:8).
D. Construcción de cunetas	48,7%	37,0%	Selección del sitio. Limpieza, descapote y excavación según escorrentía. Construcción cuneta revestida con roca, mampostería o concreto. En altas pendientes construir disipadores de energía.
E. Otra	12,1%	27,8%	
Aletas			
A. Reparación de concreto	15,4%	19,2%	Eliminación de la parte afectada, cortando el concreto en mal estado hasta que se encuentre concreto sano. Limpieza profunda inclusive de posible reforzamiento que no debe ser dañado. Reconstrucción de la parte por medio de concreto de alta calidad, colocado con formaleta.
B. Encamisado de concreto para protección	6,6%	3,5%	Limpieza de la zona. Colocación de acero de refuerzo y preparación de formaleta, asegurando buena conexión entre la estructura existente y la protección. Colocado del concreto y luego del fraguado retiro de la obra falsa.
C. Encamisado como reforzamiento estructural	28,6%	3,8%	Limpieza de la parte que se va a reforzar. Colocación de acero de refuerzo(según los requerimientos) y de la formaleta, asegurando buena conexión entre estructura existente y la protección nueva. Colocación de concreto. Después del fraguado del concreto el retiro de obra falsa.
D. Cambio total de la estructura	19,8%	11,1%	Designación del elemento que se va a cambiar. Demolición del elemento, limpieza y reconstrucción según las especificaciones para mampostería, concreto reforzado ó concreto ciclópeo.
F. Cambio parcial de la estructura	11,0%	2,0%	Eliminación de la parte afectada hasta que se encuentre material sano. Limpieza, inclusive de un posible reforzamiento que no debe ser dañado. Reconstrucción de la parte en cuestión por medio de materiales de alta calidad.
G. Otra	18,7%	60,4%	

6. Estribos

6.1 Daños típicos

En los estribos se ha detectado grietas a flexión y a cortante por falta de capacidad de carga y por asentimientos. Socavación de la cimentación y posterior daño estructural del estribo (ver figura 26 y figura 27). Detallado estructural inadecuado para resistir las cargas sísmicas y el deslizamiento. Descascaramiento y descomposición del concreto cerca de los apoyos, por dispositivos inadecuados. Fisuras en los pedestales y fractura de los topes sísmicos. Comparando su calificación en los dos (2) periodos de inspección su estado ha mejorado (ver Tabla 7).

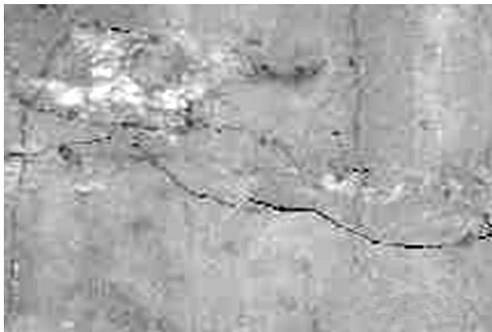


Figura 25. Grieta horizontal en la mitad de la altura del estribo. Puente la Chatana



Figura 26. Grietas por falta de capacidad de carga



Figura 27. Problemas de capacidad de carga. Puente las Juntas

6.2 Estudios especiales y reparaciones típicas

En el caso de daños graves (ver figura 26), se requieren estudios de geotecnia, patología de materiales y de revisión estructural (ver Tabla 1). Las reparaciones tipos A y C son las que mayor se usan para solucionar las deficiencias de los estribos (ver Tabla 9). En las figuras 28 y 29, se presentan un ejemplo de reforzamiento de un estribo del puente Río Negro, mediante una pantalla en concreto reforzado. Por problemas de socavación lateral se le construyeron micropilotes.



Figura 28. Encamisado estructural de estribo. Puente Río Negro



Figura 29. Pantalla de concreto como refuerzo de estribo. Puente Río Negro

Tabla 9. Reparación típica de estribos

Tipo	P1	P2	Descripción
A. Reparación de concreto	32,1%	30,5%	Ver Tabla 8(aletas).
B. Encamisado de concreto para protección	13,4%	3,9%	Ver Tabla 8(aletas).
C. Encamisado como reforzamiento estructural	24,1%	3,1%	Ver Tabla 8(aletas).
D. Cambio total de la estructura	4,5%	0,9%	Apuntalamiento seguro del puente. Demolición del elemento en cuestión, limpieza y reconstrucción según las especificaciones para mampostería, concreto reforzado o concreto ciclópeo. Gateo de la superestructura, colocación de apoyos. Nivelación de la superestructura a su posición original. Retiro del apuntalamiento.
E. Cambio parcial de la estructura	2,7%	1,5%	Apuntalamiento seguro del puente. Eliminación de la parte afectada hasta que se encuentre material sano. Limpieza, inclusive de un posible reforzamiento que no debe ser dañado. Reconstrucción de la parte en cuestión por medio de materiales de alta calidad. Retiro del apuntalamiento.
F. Nivelación	23,2%	60,1%	Apuntalamiento seguro del puente y gateo de la superestructura. 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.

7. Pilas

7.1 Daños típicos

Pilotes descubiertos con descomposición del concreto y con fisuras longitudinales estructurales, en puentes sobre en zona costera, afectados por la corrosión generada por la baja de pH, alto contenido de cloruros, humedad, vegetación y musgos (figura 30 y figura 32). Fractura de pilas centrales de puentes en arco a media altura por esfuerzos de tensión, corrosión y acero expuesto. Fisura de cortante y flexión en vigas cabezales de las pilas. Fisuras verticales ocasionadas por impactos producidos por las rocas. Desplome por asentamientos. Daño en el concreto por infiltración generalizada por las juntas (figura 30). Comparando su calificación en los dos (2) periodos de inspección su estado ha sido constante (ver Tabla 7).



Figura 31. Infiltración y regular estado del concreto. Puente Guadalupe



Figura 30. Alta concentración de humedad Puente Caima



Figura 32. Corrosión, fisuras longitudinales. Viaducto El Morro

7.2 Estudios especiales y reparaciones típicas

En caso de deficiencias estructurales y de estabilidad, se realizan estudios de geotecnia, patología de materiales y de revisión estructural (ver Tabla 1). Las reparaciones típicas de las pilas buscan su actualización desde el punto de vista sísmico y que ofrezcan seguridad ante el fenómeno de socavación local y general. Las reparaciones típicas más recomendadas son las de tipos A y B (ver Tabla 10). En la figura 33 se muestra un ejemplo de reforzamiento sísmico de una de las pilas del Puente Río Negro mediante la construcción de un muro cortina en concreto reforzado. Además se estabilizó su cimentación mediante micropilotes.

Tabla 10. Reparaciones típicas de pilas

Tipo	P1	P2	Descripción
A. Reparación de concreto	46,5%	48,5%	Ver Tabla 8
B. Encamisado de concreto para protección	16,3%	1,5%	Ver Tabla 8
C. Encamisado como reforzamiento estructural	7,0%	4,4%	Ver Tabla 8
D. Cambio total de la estructura	2,3%	0,0%	Ver Tabla 9
E. Cambio parcial de la estructura	7,0%	0,7%	Ver Tabla 9
F. Nivelación	2,3%	2,9%	Ver Tabla 9
G. Otra	18,6%	41,9%	

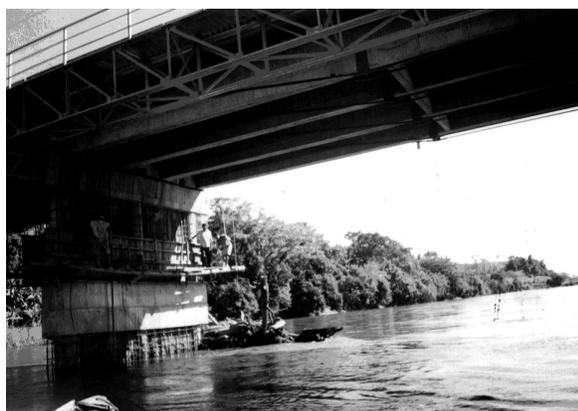


Figura 33. Reforzamiento sísmico de la pila. Puente Río Negro

8. Apoyos

8.1 Daños típicos

Deterioro, deformación y excesiva distorsión de apoyos de neopreno (figura 35). Apoyos de acero tipo móvil sin lubricar y sin mantenimiento adecuado (figura 34). Longitud de apoyo insuficiente e inadecuada, que no cumple con las especificaciones sísmicas. Desconches de bajo de los apoyos por falla por aplastamiento de

concreto (figura 37). Apoyos de balancín sin una correcta verticalidad. Corrosión generalizada y falta de mantenimiento para su correcto funcionamiento (figura 36 y figura 38). Falta de anclajes o tornillos en apoyos de acero móviles. Comparando su calificación en los dos (2) periodos de inspección su estado ha mejorado, debido al incremento del mantenimiento (ver Tabla 11).



Figura 34. Apoyos sin lubricar. Puente Icel Mocoa (Putumayo)



Figura 35. Deterioro de apoyos. Puente Río Timbio (Cauca)



Figura 36. Corrosión y deterioro del apoyo. Puente Dos Ríos (Cauca)



Figura 37. Aplastamiento del concreto del estribo. Quebrada la Platina

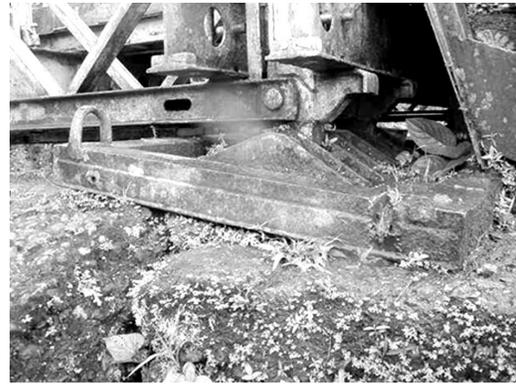


Figura 38. Corrosión generalizada por falta de mantenimiento. Puente Tutunendo

Tabla 11. Tipos de daños, estado y recomendaciones de inspección especial de los componentes: apoyos, losa, vigas y arcos.

		Apoyos		Losa		Vigas/Largueros		Arcos	
		P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
% de tipos de daños detectados	Daño estructural	32,3%	25,5%	5,3%	7,4%	36,5%	40,5%	23,3%	18,6%
	Vibración		0,4%	0,1%	0,2%	1,6%	1,3%		7,0%
	Impacto	3,8%	4,5%	0,5%	1,0%	2,3%	1,7%		2,3%
	Asentamiento	4,7%	2,5%	0,0%	0,0%	1,0%	0,3%	10,0%	7,0%
	Erosión y socavación	12,3%	11,0%	0,3%	0,1%			6,7%	9,3%
	Corrosión acero	0,4%	0,5%	0,5%	0,2%	6,3%	6,8%	6,7%	2,3%
	Daño concreto / corrosión refuerzo	4,7%	4,2%	4,6%	7,7%	9,3%	11,4%	10,0%	11,6%
	Daño del concreto y acero expuesto	22,1%	12,8%	13,1%	15,5%	38,4%	25,3%		
	Descomposición	8,1%	4,0%	0,4%	1,1%	0,1%	1,5%	6,7%	2,3%
	Infiltración	5,1%	19,2%	73,2%	62,0%	1,2%	3,5%	20,0%	18,6%
	Otros	6,4%	15,4%	1,8%	4,6%	3,2%	7,6%	16,7%	20,9%
Estado	Bueno (0-1-2)	90,7%	95,4%	88,4%	92,5%	83,9%	84,2%	82,1%	78,1%
	Regular (3)	6,0%	3,2%	7,1%	5,4%	11,0%	12,0%	10,4%	13,5%
	Malo (4-5)	1,5%	0,8%	1,3%	0,9%	2,5%	3,1%	1,9%	6,3%
	Sin inspección			3,2%	1,2%	2,7%	0,7%	5,7%	2,1%
	Recomendación Inspección especial	23,0%	26,7%	8,2%	15,7%	13,3%	20,1%	10,4%	8,2%

8.2 Estudios especiales y reparaciones típicas

Los puentes en concreto reforzado, que generalmente no tienen dispositivo de apoyo adecuado, se les realiza el diseño de apoyos nuevos de neopreno. En puentes de acero se realiza normalmente la revisión

de su estabilidad y vulnerabilidad sísmica, incluyendo estudios de patología (revisión de corrosión) y estructurales. Las reparaciones típicas más recomendadas para los apoyos son las de tipo A y C (ver Tabla 12).

Tabla 12. Reparaciones típicas de los apoyos

Tipo	P1	P2	Descripción
A. Cambio de apoyos	20,7%	12,4%	Gateo y apuntalamiento seguro de la superestructura del puente. Retiro de los apoyos dañados y colocación de apoyos nuevos según las especificaciones. Acomodación de la superestructura en su posición original. Retiro del apuntalamiento
B. Corrección de la posición	4,1%	3,1%	Gateo y apuntalamiento seguro de la superestructura del puente. Retiro de apoyos dañados y colocación nuevamente en su posición correcta, fijándolos según las especificaciones. Acomodación de la superestructura en su posición original y retiro del apuntalamiento.
C. Reparación de concreto	49,0%	43,7%	Apuntalamiento de la superestructura sobre el apoyo en cuestión. Eliminación del concreto dañado hasta que se encuentre material sano, sin dañar el acero de reforzamiento. Limpieza. Fundida de concreto de alta calidad para restablecer la forma y la extensión de la superestructura. después del fraguado del concreto, retiro del apuntalamiento
D. Otra	26,2%	40,8%	

9. Losa

9.1 Daños típicos

Grietas en el concreto de la losa causadas por corrosión. Acero principal corroído, el cual se expande internamente y genera grietas. Fractura del concreto en la parte de la losa en voladizo, debida principalmente a infiltración. Fisuras por flexión primaria y secundaria. Grietas por retracción y fraguado. Concretos carbonatados, huecos y fallas de la losa por falta de capacidad estructural (figura 39 y figura 40). Descomposición del concreto de las losas en voladizo, producida por infiltración por la falta de drenes. (figura 41). Los daños principales son causados por la infiltración y regular calidad del concreto. Comparando su calificación en los dos (2) periodos de inspección su estado ha mejorado (ver Tabla 11).



Figura 40. Acero expuesto y recubrimiento insuficiente.



Figura 39. Falla de losas prefabricadas.

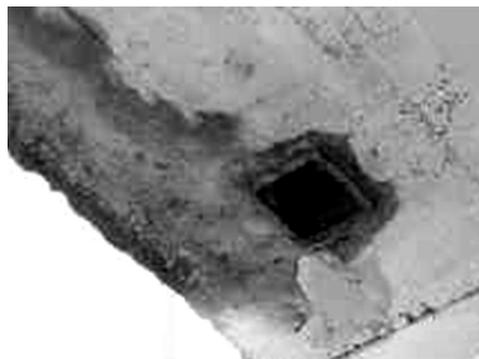


Figura 41. Infiltración por deficiencia en la construcción de los drenes cortos.

Tabla 13. Reparaciones típicas de losa

Tipo	P1	P2	Descripción
Refuerzo (Sobrelosa)	0,7%	0,7%	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.
Reparación de concreto	15,7%	23,0%	Ver Tabla 9
Cambio de losa	2,2%	2,2%	Demolición de la losa existente. Colocación de acero de refuerzo, obra falsa y colado de concreto. Después del fragüe del concreto retiro de la obra falsa.
Inyección de grietas con epoxi/resina	0,5%	2,0%	Limpieza cuidadosa. Inyección del material prescrito según las especificaciones.
Reparación de drenes	78,2%	69,3%	Retiro y limpieza del drenaje deteriorado. Colocación de drenes nuevos garantizando la unión a la losa. Debe asegurar que no exista filtración a la superestructura.
Otra	2,5%	2,8%	

9.2 Estudios especiales y reparaciones típicas

Cuando se detectan daños graves como grietas, huecos y deflexiones excesivas, es necesario estudios de patología estructural y capacidad de carga (ver Tabla 1). La mayor reparación recomendada es la construcción de drenes, acompañada con la reparación del concreto aledaño a los mismos. Por el aumento de las cargas en la Red Vial Nacional, ha sido necesario actualizar las losas de los puentes aumentando su capacidad estructural. Una de las formas de reparación es la construcción de sobrelosa, cuyo procedimiento se explica en la . En la figura 42 se presentan un ejemplo del refuerzo de la losa.



Figura 42. Refuerzo de losa existente con sobrelosa. Puente Río Negro.

altos. Riostras con fisuras y con detallado estructural inadecuados. Falta de adherencia entre el concreto y el acero de refuerzo, debido al mal detallado estructural (falta de ganchos y traslapes mal ubicados). Acero principal expuesto por falta de recubrimiento (figura 44 y figura 47). Corrosión y descomposición del acero y/o concreto, por problemas de infiltración y ambientes agresivos. Corrosión del acero por problemas de baja de pH (carbonatación) y alto contenido de cloruros, que produce pérdida de la sección. (ver figura 43 y figura 45). Comparando su calificación en los dos (2) periodos de inspección su estado ha sido constante (ver Tabla 11).



Figura 43. Corrosión por baja de pH y cloruros. Puente el Piñal

10. Vigas, largueros y diafragmas

10.1 Daños típicos

Se encontraron grietas por cortante, tensión, flexión y torsión, causadas por la insuficiente capacidad de carga y el aumento de las cargas reales de tráfico (ver figura 46). Hay grietas especialmente de cortante con espesores mayores de 0.60 mm, que representan esfuerzos



Figura 44. Acero expuesto y corroído en un diafragma y descomposición del concreto. Puente Río Robles.



Figura 45. Corrosión e impacto, generó disminución de sección de viga. Puente Muros



Figura 46. Grieta a cortante en viga principal de concreto reforzado. Espesor de la grieta mayor a 0.6mm



Figura 47. Acero principal expuesto. Falta recubrimiento y hormigueros en el concreto. Puente El Cucharón

10.2 Estudios especiales y reparaciones típicas

Generalmente consisten en estudios de capacidad de carga acompañados de patología estructural, con el objeto de actualizar las vigas para que resistan las cargas actuales de diseño. (ver Tabla 1). Las reparaciones típicas más recomendadas son las tipos A y B. Generalmente consisten en refuerzo a cortante y flexión

mediante cables exteriores (ver figura 48), o con el uso de materiales compuestos de fibras de carbono y de vidrio (ver figura 49, figura 50 y figura 51). Cuando se detectan grietas no estructurales, se proceda a inyectarlas con epoxico y moni torearlas.



Figura 48. Refuerzo con cables exteriores. Puente Río Negro

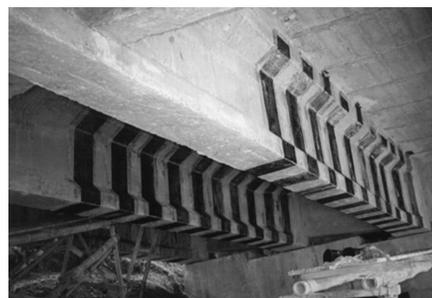


Figura 49. Refuerzo a cortante con fibras de Carbono. (Fuente: SIKA - Colombia)



Figura 50. Refuerzo a cortante mediante fibras de carbono. (Fuente: SIKA - Colombia)



Figura 51. Refuerzo a flexión mediante fibras de carbono. (Fuente: SIKA - Colombia)

Tabla 14. Reparaciones típicas de vigas

Tipo	P1	P2	Descripción
A. Reparación de concreto	67,1%	57,6%	Ver Tabla 9
B. Refuerzo de viga de concreto	10,2%	6,6%	Consiste en el refuerzo de las vigas principales.
C. Cambio de viga de concreto	0,7%	0,2%	Apuntalamiento seguro del puente. Gateo de la sección afectada y demolición de la viga. Si se trata de una viga nueva fundida 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.
D. Inyección de grietas con epoxi/resina	1,4%	19,0%	Ver Tabla 13
E. Reparación de componentes de acero	2,3%	2,1%	Reparación del componente dañado sin retirarlo de su posición en el puente.
F. Pintura de acero	5,8%	5,5%	Limpieza cuidadosa del elemento, eliminando totalmente la pintura antigua. Remoción completa de corrosión, si es necesario por medio de chorro de arena. Aplicación pintura nueva siguiendo las instrucciones del proveedor del producto.
G. Cambio de viga de acero	0,5%	0,5%	Apuntalamiento del puente. Gateo de la parte dañada y retiro de la viga. Colocación de una viga nueva. Acomodación de la superestructura en su lugar y retiro del apuntalamiento.
H. Refuerzo de viga de acero	1,2%	0,2%	Procedimiento basado en inspección especial.
I. Cambio de viga de concreto prefabricado	0,5%	0,0%	Apuntalamiento seguro del puente. Gateo de la sección afectada y demolición de la viga. Instalación de la nueva viga en la posición preparada.
J. Otros	10,4%	8,4%	

11. Elementos de arco

11.1 Daños típicos

En los concreto simple, se encontraron fisuras transversales y longitudinales, por deficiencia en la capacidad estructural (ver figura 53). Infiltraciones en exceso que generan desintegración del material y afecta la durabilidad. (figura 52). Para los puentes en acero, existen problemas de detallado estructural especialmente en las uniones soldadas y con pernos. Además insuficiencia en las uniones arco-pendolón y pendolón – viga de rigidez. Comparando su calificación en los dos (2) periodos de inspección su estado no ha mejorado y se han encontrado nuevas deficiencias (ver Tabla 11).



Figura 52. Manchas del concreto



Figura 53. Fisuras y eflorescencias. Puente



Figura 54. Fisura en pantalla de refuerzo

Tabla 15. Reparaciones típicas de arcos

Tipo	P1	P2	Descripción
A. Reemplazar pernos o remaches defectuosos	8,3%	0,0%	Cambio de pernos o remaches dañados. Remoción de apuntalamiento.
B. Reparación de componentes de arco	0,0%	0,0%	Reparación del componente dañado sin retirarlo de su posición en el puente.
C. Pintura de acero	0,0%	10,7%	Limpieza cuidadosa del elemento, eliminando totalmente la pintura antigua. Remoción completa de corrosión por medio de chorro de arena. Aplicación de pintura nueva de alta calidad en dos capas.
D. Reparación de concreto	16,7%	32,1%	Ver Tabla 9
F. Otra	75,0%	57,1%	

11.2 Estudios y reparaciones típicas

Generalmente consisten en estudios de capacidad de carga acompañados con patología estructural, especialmente para los puentes de acero. (ver Tabla 1). En Colombia han sido reforzados la mayor parte de los arcos de puentes en acero, ya que se identificaron problemas de su detallado estructural, especialmente en las uniones arco-pendolón. Su refuerzo consiste en platinas adicionales donde lo requiera el arco y refuerzo de las uniones.



Figura 56. Corrosión en unión

12. Cables, pendolones y torres

12.1 Daños típicos

En los colgantes se encontraron faltas de remaches en la unión de las vigas con el pendolón y corrosión generalizada en elementos de acero. Platinas afectadas por el pandeo y el inadecuado detallado estructural. Aumento del fenómeno de fatiga por soldaduras intermitentes, en uniones principales. (figura 55). Rotura de hilos en los cables principales (catenaria y pendolones). (figura 56). Comparando su calificación en los dos (2) periodos de inspección su estado no ha mejorado (ver Tabla 16).



Figura 55. Corrosión

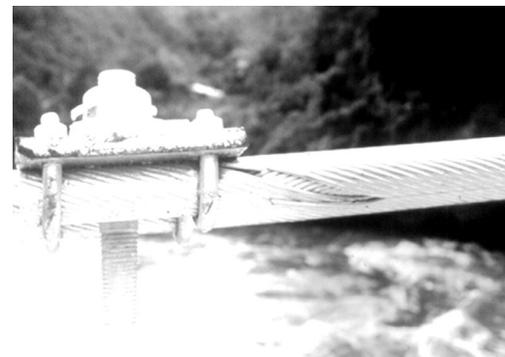


Figura 57. Catenaria principal con falla en alambres

12.2 Estudios y reparaciones típicas

Consisten en estudios de capacidad de carga acompañados con patología estructural para la revisión de las soldaduras y pernos. Sus reparaciones típicas están relacionadas con labores de mantenimiento de limpieza y pintura.

Tabla 16. Tipos de daños, estado y recomendaciones de inspección especial de los componentes: Cables, armaduras y cauce.

		Cables y pendolones		Armadura		Cauce	
		P1	P2	P1	P2	P1	P2
% de tipos de daños detectados	Daño estructural	6,7%	26,3%	11,8%	16,3%	0,6%	0,4%
	Vibración	0,0%	0,0%	7,9%	6,5%		
	Impacto	20,0%	10,5%	27,6%	17,4%		
	Asentamiento	6,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,8%	0,5%
	Erosión y socavación	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	75,5%	70,3%
	Corrosión acero	20,0%	26,3%	28,9%	45,7%		
	Falta de remaches	0,0%	5,3%	10,5%	7,6%		
	Daño concreto / corrosión refuerzo	13,3%	10,5%	0,0%	0,0%		
	Daño del concreto y acero expuesto						
	Descomposición						
	Infiltración	13,3%		1,3%	1,1%		
Estado	Otros	20,0%	21,1%	11,8%	5,4%	23,0%	28,5%
	Bueno (0-1-2)	76,9%	72,7%	63,0%	70,7%	85,6%	90,7%
	Regular (3)	11,5%	11,4%	28,9%	18,7%	10,2%	7,5%
	Malo (4-5)	5,8%	13,6%	4,6%	9,3%	3,1%	1,0%
	Sin inspección?	5,8%	2,3%	3,5%	1,3%	1,0%	0,8%
	Recomendación Inspección especial	13,5%	18,4%	15,6%	12,8%	13,0%	19,3%

Tabla 17. Reparaciones típicas de cables y pendolones

Tipo	P1	P2	Descripción
A. Reemplazo de pernos y/o remaches defectuosos	0,0%	0,0%	Ver Tabla 14
B. Reparación de componentes de acero	10,0%	7,1%	Ver Tabla 14
C. Pintura de acero	10,0%	35,7%	Ver Tabla 14
D. Otra	80,0%	57,1%	

13. Elementos de armadura

13.1 Daños típicos

Corrosión generalizada en elementos principales (figura 58, figura 61 y figura 63), especialmente en los cordones inferiores. Soldaduras con defectos y socavados en elementos sometidos a tensión. Problemas de pandeo local y general, en elementos no compactos. Fisuras por cortante y flexión en vigas ensambladas, de tableros de sección mixta. Deficiencia en el detallado de las uniones, evidenciando problemas de vibración y fatiga (figura 59

y figura 61). Elementos de armaduras golpeados y oxidados, especialmente el cordón superior que tiene responsabilidad estructural con relación a la estabilidad. Los daños típicos de este componente han aumentado (ver Tabla 16), por lo que el Estado decidió aumentar la atención y la rehabilitación de estos tipos de puentes. Igualmente hay antecedentes de la falla y colapso de puentes en acero en Colombia. (Muñoz, 2002).



Figura 58. Corrosión generalizada en remaches



Figura 61. Corrosión y falta de pernos en el cordón inferior



Figura 59. Falta de pernos, problemas de vibraciones y fatiga



Figura 62. Problemas de corrosión, pérdida de sección de cordón inferior de acero



Figura 60. Oxidación de elementos estructurales



Figura 63. Impacto cordón superior, lo cual generó inestabilidad estructural

13.2 Estudios y reparaciones típicas

Consisten en estudios de capacidad de carga acompañados de patología estructural, con el objeto de actualizar la estructura para las cargas de diseño (ver Tabla 1). Las reparaciones típicas más recomendadas son las tipos A, B y C. Generalmente consisten en el

refuerzo de los elementos principales de la armadura incluyendo sus uniones, teniendo en cuenta los efectos de fatiga. También las actividades de limpieza y pintura, son las más empleadas.

Tabla 18. Reparaciones típicas de armaduras

Tipo	P1	P2	Descripción
A. Reemplazo de pernos y/o remaches defectuosos	17,5%	9,3%	Ver Tabla 14
B. Reparación de componentes de acero	19,3%	24,0%	Ver Tabla 14
C. Pintura de acero	17,5%	33,3%	Ver Tabla 14
D. Reposición de elementos faltantes o dañados	5,3%	16,0%	Si es necesario, apuntalar el puente. Cambio de elementos dañados o colocación de elementos faltantes.
E. Otros	40,4%	17,4%	

14. Cauce

Diversos puentes de la red Vial Nacional han fallado por problemas de socavación, ya que no tuvo en cuenta en su etapa de diseño un estudio hidráulico, hidrológico y de socavación. Por tal motivo la cimentación no contempló las probables profundidades de socavación de acuerdo con las características del cauce y de la cuenca. Por este motivo en las inspecciones realizadas, se ha encontrado insuficiente área hidráulica y en el galibo. Además asentamientos y desplomes tanto de pilas, estribos y aletas. Inestabilidad de los terraplenes de acceso. Estructuras hidráulicas dañadas y mal localizadas produciendo obstrucción y aumento de la socavación local (figura 66 y figura 67). Pilotes descubiertos por socavación local (figura 65). Colmatación y sedimentación del cauce, que disminuye el galibo y aumenta el riesgo de submergencia. Márgenes aguas arriba inestables, acompañadas con obras complementarias (gaviones) y con la probabilidad de afectar la estabilidad de los puentes. Comparando su calificación en los dos (2) periodos de inspección su estado ha mejorado (ver Tabla 16).



Figura 64. Colapso del estribo del Puente Unete

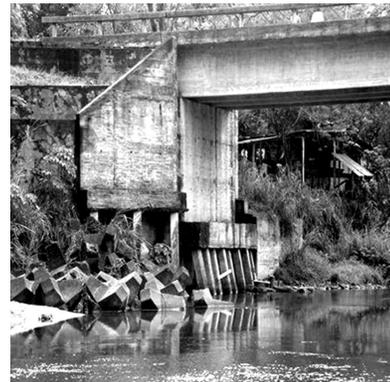


Figura 65. Socavación local en estribos



Figura 66. Socavación local en estribos



Figura 67. Socavación local en el estribo

Tabla 19. Reparaciones típicas del cauce

Tipo	P1	P2	Descripción
A. Renivelar	5,0%	4,9%	Revelación del cauce por medio de excavación y traslado de material del sitio sin importación de materiales. Compactación ligera
B. Reencauzamiento	39,7%	31,5%	Excavación para formar encauzamiento. Remoción de materiales.
C. Protección del cauce	14,1%	12,6%	Formación del cauce a su forma apropiada. Instalación de protección de erosión con material apto como mampostería, enrocado o concreto.
D. Gaviones	6,9%	11,0%	Renivelación y reformación de la zona afectada. Excavación y construcción para los gaviones.
E. Otra	34,2%	40,0%	

14.1 Estudios y reparaciones típicas

En la Tabla 1 se presentan en forma resumida los alcances de los estudios para la evaluación de la socavación en los puentes. Es uno de los problemas más graves de los puentes en Colombia, con antecedentes de varios colapsos. Basados en dichos estudios se evalúan las obras de rehabilitación. En algunos casos incluye obras de protección y control (reparaciones tipos A, y C) en las márgenes aguas arriba (ver figura 68 y figura 69). Entre las obras especiales más utilizadas en nuestro medio se encuentran: estabilización del suelo de fundación con micropilotes, pantalla de acero y concreto, recalces con concreto ciclópeo y reforzamiento con pilotes hincados.



Figura 68. Obras de protección del estribo derecho aguas arriba. Puente Orito

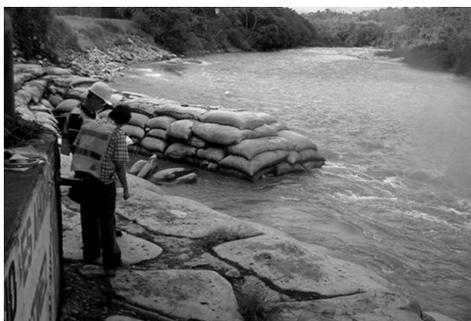


Figura 69. Espolones de bolsacretos para protección. Puente Orito

15. Conclusiones

Basados en el análisis y los resultados del presente trabajo, se demuestra que SIPUCOL ha sido una herramienta útil y efectiva, que ha contribuido para mejorar la conservación y el mantenimiento de los puentes de la Red Vial Nacional. Su efectividad se ha basado en la continuidad, actualización y en la experiencia adquirida por parte del Invia durante ocho (8) años. El sistema ha optimizado los recursos del Estado, ya que ha contribuido para la toma de decisiones en los procesos de inversión de las obras de mantenimiento y rehabilitación. El sistema ha permitido identificar los daños principales, sus causas, especializarse en obras de reparación y cuantificar las obras de inversión en los puentes.

16. Referencias

Instituto Nacional de Vías y Directorado de Carreteras de Dinamarca (1996a), "Manuales de inventario, inspección principal, Inspección especial, capacidad de carga, inspección rutinaria, mantenimiento rutinario y limpieza, de reparación y refuerzo, priorización de obras de reparación y refuerzo", Bogotá, Colombia. Muñoz (2002), "Causa del colapso de algunos puentes en Colombia", VII Congreso Latinoamericano de Patología de la construcción, Yucatán, México. Muñoz E., Valbuena E. y Rodríguez R. (2004), "Estado y daños típicos de los puentes de la Red Vial Nacional de Colombia, basados en inspecciones visuales". Revista RUTAS, Asociación Técnica de Carreteras, Madrid, España.