

UES  
501  
516  
000  
p. 1

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**INGENIERÍA CIVIL**



**BANCO DE DATOS ACTUALIZADO Y UN ESTUDIO  
PRELIMINAR DE VULNERABILIDAD DE PUENTES  
CARRETEROS COMPRENDIDOS EN EL TRAMO DESDE EL RIO  
LEMPA HASTA LA UNION, EN LA CARRETERA EL LITORAL**

PRESENTADO POR

**NELSON OSMÍN MEJÍA VÁSQUEZ**  
**JOSÉ FRANCISCO ROMERO ZAMORA**

15102024 15102024

PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
**INGENIERO CIVIL**



5033

**CIUDAD UNIVERSITARIA, DICIEMBRE DE 2000**

*Recibido el 13 de diciembre de 2000*

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTORA:**

**DRA. MARÍA ISABEL RODRÍGUEZ**

**SECRETARIA GENERAL:**

**LCDA. LIDIA MARGARITA MUÑOZ VELA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**DECANO:**

**ING. ALVARO ANTONIO AGUILAR ORANTES**

**SECRETARIO:**

**ING. SAÚL ALFONSO GRANADOS**

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**DIRECTOR:**

**ING. LUIS RODOLFO NOSIGLIA DURÁN**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



Trabajo de graduación previo a la opción al grado de:

INGENIERO CIVIL

Título:

***BANCO DE DATOS ACTUALIZADO Y UN ESTUDIO  
PRELIMINAR DE VULNERABILIDAD DE PUENTES  
CARRETEROS COMPRENDIDOS EN EL TRAMO DESDE EL RIO  
LEMPA HASTA LA UNION, EN LA CARRETERA EL LITORAL***

Presentado por:

***NELSON OSMÍN MEJÍA VÁSQUEZ  
JOSÉ FRANCISCO ROMERO ZAMORA***

Trabajo de graduación aprobado por:

Coordinador:

DR.-ING. EDWIN PORTILLO GARCÍA

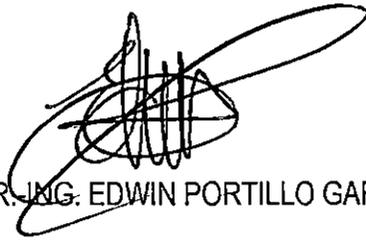
Asesor Externo:

ING. OSCAR ALFREDO DÍAZ CRUZ

San Salvador, Diciembre de 2000

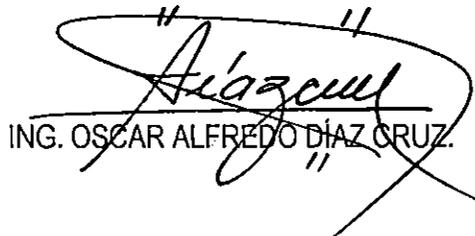
Trabajo de graduación aprobado por:

Coordinador:



DR. ING. EDWIN PORTILLO GARCÍA.

Asesor Externo:



ING. OSCAR ALFREDO DÍAZ CRUZ.



Dedicado a:

Mi hermano Gemelo:

**Juan Francisco M.V. (†)**. Esperando que algún día(No sé cuándo), en algún lugar(No sé dónde), nos volvamos a encontrar...

A las dos personas, a quienes les debo todo lo que tengo y todo lo que soy, incluso les debo la vida.

A mi mamá:

**María Magdalena**. Por toda la paciencia, comprensión, tolerancia y amor que siempre me has dado. Tu amor de madre, le dá el verdadero significado y extensión a la palabra infinito( $\infty$ ).

A mi papá:

**José Francisco**. Por todo el apoyo que siempre me has dado y sobre todo, por ser un gran amigo.

A mi Tío:

**Concepción Vásquez**. Por darme sabios consejos y estar dispuesto a ayudarme en cada momento de mi vida.

A mis hermanos:

**Wilfredo Mauricio y Carlos Ernesto**. Esperando que siempre sigamos siendo excelentes amigos.

A mi Novia:

**Ana Soledad Cartagena Méndez**. Tú le das sentido a mi vida, haces que todo sea más claro, lindo y dulce...

Agradecimientos especiales, a las personas con quienes he tenido el privilegio de trabajar.

**Dr. Ing. Edwin Portillo e Ing. Oscar Alfredo Díaz:**

Gracias por haber dedicado tiempo valioso al trabajo de investigación y haberme guiado siempre hacia la búsqueda de la excelencia.

**Wilfredo Mauricio Mejía Vásquez y Oscar Remberto López Vásquez:**

Por el mantenimiento y soporte técnico informático, brindado en el presente trabajo de investigación.

## ÍNDICE GENERAL

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>i</b>
<b>CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES</b>	
1.1 Introducción.....	2
1.2 Antecedentes.....	4
1.3 Planteamiento del Problema.....	7
1.4 Objetivos.....	8
1.4.1 Objetivo General.....	8
1.4.2 Objetivos Específicos.....	8
1.5 Alcances.....	9
1.6 Limitaciones.....	10
1.7 Justificaciones.....	11
<b>CAPÍTULO II: VULNERABILIDAD DE PUENTES</b>	
2.1 Introducción.....	13
2.2 Vulnerabilidad de Puentes.....	14
2.2.1 Metodología de Evaluación de la Vulnerabilidad.....	14
2.3 Índices de Vulnerabilidad.....	15
2.3.1 Índice de Ubicación.....	15
2.3.2 Índice de Tráfico.....	17
2.3.3 Índice de Norma Usad para el Diseño.....	19
2.3.4 Índice del Estado del Sistema Estructural.....	20
2.3.5 Índice de Tipo de Sistema Estructural.....	21
2.3.6 Índice de Funcionalidad.....	23
2.3.7 Índice de Período de Vibración.....	26
2.3.8 Índice de Ductilidad Demandada.....	29
2.3.9 Índice de Colapso por Pandeo Geométrico.....	30
2.4 Índice de Vulnerabilidad Global.....	31
2.4.1 Índice de Vulnerabilidad Global Estructural (I <sub>VE</sub> ).....	31
2.4.2 Índice de Vulnerabilidad Global Proyectado (I <sub>VP</sub> ).....	32
2.5 Prioridad de Vulnerabilidad.....	33

### **CAPÍTULO III: SISTEMA DE INVENTARIO DE PUENTES**

3.1	Introducción.....	35
3.2	Análisis del Sistema de Inventario y Evaluación de Puentes.....	36
3.2.1	Descripción.....	36
3.2.2	Observaciones.....	37
3.3	Enlace FIP-SIEP.....	38
3.4	Requerimientos mínimos para el proceso de inspección de campo.....	42
3.5	Objetivos de los Formatos de Inspección.....	42

### **CAPÍTULO IV: DAÑOS ENCONTRADOS EN PUENTES DE LA CARRETERA CA-02**

4.1	Introducción.....	44
4.2	Problemas más comunes.....	45
4.2.1	Superestructura.....	45
4.2.2	Subestructura.....	49
4.3	Datos Generales de los Puentes de la Carretera CA-02.....	50
4.4	Resumen de Daños encontrados en los Puentes del Departamento de San Vicente.....	52
4.5	Resumen de Daños encontrados en los Puentes del Departamento de Usulután.....	58
4.6	Resumen de Daños encontrados en los Puentes del Departamento de San Miguel.....	64
4.7	Resumen de Daños encontrados en los Puentes del Departamento de La Unión.....	70
4.8	Manual del Usuario del Programa VIP-02.....	76
4.9	Aspectos de Programación de VIP - 02.....	100

### **CAPÍTULO V: EJEMPLOS DE APLICACIÓN**

5.1	Introducción.....	102
5.2	Evaluación de Vulnerabilidad para el Puente Superior Blvd. Venezuela y 49 Av. Sur.....	103
5.2.1	Vulnerabilidad por Tramos.....	121
5.2.2	Índice de Vulnerabilidad Global.....	122
5.3	Evaluación de Vulnerabilidad para el Viaducto Superior Hermano Lejano.....	124
5.3.1	Índice de Vulnerabilidad Global.....	141
5.4	Evaluación de Vulnerabilidad para el Puente 2Av. Sur, San Salvador.....	142
5.4.1	Vulnerabilidad por Tramos para El Puente 2 Av. Sur.....	155
5.4.2	Índice de Vulnerabilidad Global.....	156

5.5 Evaluación de Vulnerabilidad para Puente Túnel Blvd. Venezuela y 49 Av. Sur .....	157
5.5.1 Índice de Vulnerabilidad Global .....	166
5.6 Comparación de los Resultados Obtenidos.....	167
5.6.1 Vulnerabilidad Estructural (Ve) y Proyectada (Vp).....	167
5.6.2 Rangos de Prioridad.....	167
5.7 Comparación con La Metodología de Reforzamiento Sísmico.....	168
5.7.1 Valor del Índice de Prioridad R.....	168
5.7.2 Rangos de Prioridad para R.....	168

## **CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

6.1 Conclusiones.....	172
6.1.1 Respecto al Proceso de Inspección.....	172
6.1.2 Respecto a los Sistemas de Administración de Puentes.....	172
6.1.3 Respecto al Estudio de Vulnerabilidad de Puentes.....	172
6.2 Recomendaciones.....	173
6.2.1 Respecto al Proceso de Inspección.....	173
6.2.2 Respecto a los Sistemas de Administración de Puentes.....	173
6.2.3 Respecto al Estudio de Vulnerabilidad de Puentes.....	174

## **CAPÍTULO VII: BIBLIOGRAFÍA**

7.1 Libros.....	176
7.1.1 Análisis Estructural.....	176
7.1.2 Modelos Matemáticos.....	176
7.1.3 Inspección de Puentes.....	177
7.2 Tesis.....	177
7.3 Abstractos de Conferencias.....	177
7.3.1 Inspección y Rehabilitación de Estructuras.....	177
7.3.2 Sistemas de Administración de Puentes.....	178
7.3.3 Vulnerabilidad Estructural.....	179
7.4 Manuales de Usuario.....	179
7.4.1 Análisis Estructural.....	179
7.4.2 Desarrollo de Software.....	179
7.4.3 Sistemas de Administración de Puentes.....	180

## **ANEXOS**

A1. Deterioro en Materiales e Inspección de Puentes.....	182
A2. Manuales de Inspección Principal de Puentes (FIP).....	202
A3. Inspección Principal de Puentes a los Ejemplos de Aplicación.....	286

## ÍNDICE DE TABLAS

	Página.
Tabla 2.1 Factor de Zona Sísmica.....	16
Tabla 2.2 Factor de Zona de Inundación.....	16
Tabla 2.3 Factor de Carga de Tráfico.....	17
Tabla 2.4 Factor Importancia de la Carretera.....	18
Tabla 2.5 Índice de Norma Usada.....	19
Tabla 2.6 Factor de Superestructura.....	21
Tabla 2.7 Factor de Subestructura.....	21
Tabla 2.8 Factor de Condición de Apoyo.....	22
Tabla 2.9 Deflexión Permitida.....	24
Tabla 2.10 Factor de Deflexión Relativa.....	24
Tabla 2.11 Factor de Longitud de Apoyo.....	25
Tabla 2.12 Propiedades Dinámicas del Suelo de San Salvador.....	28
Tabla 2.13 Índice de Ductilidad Demandada.....	29
Tabla 2.14 Constante de incremento de Vulnerabilidad Proyectada.....	32
Tabla 2.15 Prioridad de Vulnerabilidad.....	33
Tabla 4.1. Número de puentes por departamento, según sistema estructural.....	50
Tabla 4.2 Número de puentes por departamento, según número de claros.....	50
Tabla A1.1 Deficiencias en la construcción y diseño del proyecto.....	182
Tabla A1.2. Causas atribuibles a una ejecución defectuosa.....	183
Tabla A1.3 Deterioros provenientes de la explotación de servicio.....	187

Tabla A1.4 Patologías Atribuibles a la redacción del proyecto.....	191
Tabla A1.5 Patologías Atribuibles a la ejecución.....	191
Tabla A1.6 Deterioros atribuibles a la conservación y explotación del servicio.....	192
Tabla A2.1 Municipios de El Salvador. ....	112
Tabla A2.2 Daños en Capa de Rodamiento. ....	123
Tabla A2.3 Daños en Junta de Expansión. ....	226
Tabla A2.4 Daños en Aparatos de Apoyo. ....	230
Tabla A2.5 Tipo de Sistema Estructural de Superestructura. ....	231
Tabla A2.6 Tipo de Condiciones de Apoyo. ....	231
Tabla A2.7 Daños en Elementos Longitudinales. ....	236
Tabla A2.8 Daños en Diafragmas. ....	233
Tabla A2.9 Daños en Tableros. ....	241
Tabla A2.10 Tipo de Sistema Estructural en Subestructura. ....	242
Tabla A2.11 Daños en Capitel de Pilas. ....	245
Tabla A2.12 Daño en fuste de Pilas. ....	247
Tabla A2.13 Daños en Pedestal de Pilas. ....	250
Tabla A2.14 Daños en Capitel de Estribos.....	252
Tabla A2.15 Daños en Muros Frontal y Lateral de Estribos. ....	255
Tabla A2.16 Daños en Pedestal de Estribos. ....	257
Tabla A2.17 Daños en Fundaciones. ....	259
Tabla A2.18 Daños en Rampa. ....	261
Tabla A2.19 Daños en Recubrimiento. ....	263
Tabla A2.20 Daños en Aceras. ....	263
Tabla A2.21 Daños en Barandas. ....	267

Tabla A2.22 Daños en Drenajes. ....	268
Tabla A2.23 Daños en Protecciones. ....	270
Tabla A2.24 Daños en obras de Protección. ....	273

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 2.1 Comportamiento del Índice de Colapso por Pandeo Geométrico.....	30
Fig. 3.1 Enlace FIP-SIEP.....	40
Fig. 3.2 Diagrama esquemático del Enlace.....	41
Fig. 4.1 CA-02 Puente San Diego en Usulután. Corrosión en Diafragmas.....	45
Fig. 4.2 CA-02 Puente Santa María en Usulután. Presencia de humedad en aparatos de Apoyo.....	46
Fig. 4.3 CA-02 Puente Ereguayquín en Usulután. Pandeo Local en Diafragmas.....	46
Fig. 4.4 CA-02 Puente Marañón en Usulután. Presencia de humedad en Tablero.....	47
Fig. 4.5 CA-02 Puente Santa María en Usulután. Filtración de Agua en Tablero.....	48
Fig. 4.6 Pérdida de Material en elementos de Puentes.....	49
Fig. 4.7 Distribución de Puentes por Departamento en la Carretera CA-02.....	51
Fig. 4.8 Distribución de Puentes según tipo de Sistema Estructural en la Carretera CA-02.....	51
Fig. 4.9 Distribución de Puentes según número de claros en la Carretera CA-02.....	51
Fig. 4.10 Daños encontrados en juntas de expansión. Departamento de San Vicente.....	52
Fig. 4.11 Daños encontrados en Aparatos de Apoyo. Departamento de San Vicente.....	53
Fig. 4.12 Daños encontrados en Superestructura. Departamento de San Vicente.....	54
Fig. 4.13 Daños encontrados en Subestructura. Departamento de San Vicente.....	55
Fig. 4.14 Tipos de Aceras y Barandas en Puentes del Departamento de San Vicente.....	56
Fig. 4.15 Presencia de Drenajes y Protecciones en Puentes del Departamento de San Vicente.....	57
Fig. 4.16 Daños encontrados en juntas de expansión. Departamento de Usulután.....	58
Fig. 4.17 Daños encontrados en Aparatos de Apoyo. Departamento de Usulután.....	59
Fig. 4.18 Daños encontrados en Superestructura. Departamento de Usulután.....	60
Fig. 4.19 Daños encontrados en Subestructura. Departamento de Usulután.....	61
Fig. 4.20 Tipos de Aceras y Barandas en Puentes del Departamento de Usulután.....	62

Fig. 4.21 Presencia de Drenajes y Protecciones en Puentes del Departamento de Usulután.....	63
Fig. 4.22 Daños encontrados en juntas de expansión. Departamento de San Miguel.....	64
Fig. 4.23 Daños encontrados en Aparatos de Apoyo. Departamento de San Miguel.....	65
Fig. 4.24 Daños encontrados en Superestructura. Departamento de San Miguel.....	66
Fig. 4.25 Daños encontrados en Subestructura. Departamento de San Miguel.....	67
Fig. 4.26 Tipos de Aceras y Barandas en Puentes del Departamento de San Miguel.....	68
Fig. 4.27 Presencia de Drenajes y Protecciones en Puentes del Departamento de San Miguel.....	69
Fig. 4.28 Daños encontrados en juntas de expansión. Departamento de La Unión.....	70
Fig. 4.29 Daños encontrados en Aparatos de Apoyo. Departamento de La Unión.....	71
Fig. 4.30 Daños encontrados en Superestructura. Departamento de La Unión.....	72
Fig. 4.31 Daños encontrados en Subestructura. Departamento de La Unión.....	73
Fig. 4.32 Tipos de Aceras y Barandas en Puentes del Departamento de La Unión.....	74
Fig. 4.33 Presencia de Drenajes y Protecciones en Puentes del Departamento de La Unión.....	75
Fig. 4.34 La Ventana Panel de Control Principal.....	79
Fig. 4.35 La Ventana Formato Básico de Puentes.....	80
Fig. 4.36 La Ventana Registros Fotográficos.....	81
Fig. 4.37 La Ventana Tipo de Puente.....	82
Fig. 4.38 El Menú Edición.....	83
Fig. 4.39 La Ventana Modificar Formato Básico de Puentes.....	84
Fig. 4.40 La Ventana Modificar Formato Complementario de Puentes.....	85
Fig. 4.41 La Ventana Modificar Estudio de Vulnerabilidad.....	85
Fig. 4.42 El Menú Registros.....	86
Fig. 4.43 El Menú Buscar Puentes.....	87
Fig. 4.44 La Ventana Búsqueda por Departamento.....	88

Fig. 4.45 Informe Gráfico de los Tipos de Puentes en la Carretera CA-02.....	89
Fig. 4.46 Informe Gráfico de % de Puentes Por Departamento en la Carretera CA-02.....	89
Fig. 4.47 Informe Gráfico del Tipo de Puentes vrs número de claros en la Carretera CA-02.....	90
Fig. 4.48 Informe Gráfico del rango de Vulnerabilidad Estructural los Puentes en la Carretera CA-02	
Fig. 4.49 La Ventana Formato Complementario.....	91
Fig. 4.50 La Ventana Propensión a la falla estructural.....	92
Fig. 4.51 La Ventana Índices de Vulnerabilidad.....	93
Fig. 4.52 La Ventana Índices de Tráfico y Norma Usada. ....	94
Fig. 4.53 La Ventana Índice de Tipo de Sistema Estructural.....	95
Fig. 4.54 La Ventana Índice de Funcionalidad y de Período de Vibración.....	96
Fig. 4.55 La Ventana Informes de Puentes.....	97
Fig. 4.56 La Ventana Índice de Salud .....	98
Fig. 4.57 Vista Previa al Resumen de los datos Generales de los Puentes en CA-02.....	99
Fig. 4.58 Vista Previa al listado de priorización de los puentes en CA-02.....	99
Fig. 4.59 Vista Previa de Planos estructurales. Planta de cabezal del Puente 2Av. Sur.....	100
Fig. 4.60 Vista Previa de Planos estructurales. Elevación Central de Pila del Puente 2Av. Sur.....	100
Fig. 4.61 Vista Previa de Planos estructurales. Elevación del Puente 2Av. Sur.....	101
Fig. 5.1 Historia Fuerza – Desplazamiento del Centro de Masa de la Superestructura.....	119
Fig. 5.2 Desplazamientos del Centro de Masa de la Superestructura.....	119
Fig. 5.3 Historia de Desplazamiento en el tiempo.....	120
Fig. 5.4 Vulnerabilidad Estructural y Proyectada.....	167
Fig. 5.5 Rangos de Prioridad.....	167
Fig. 5.6 Valor del Índice "R" para la muestra de Puentes.....	168
Fig. 5.7 Rangos de Prioridad para el Índice "R".....	168

## INTRODUCCIÓN

En El Salvador poco se conoce sobre el estado de condición de los puentes, aún cuando se conoce la importancia de estas estructuras en la continuidad de la red vial. Los puentes son estructuras vitales en las redes de comunicación vial de un país. Debido al desconocimiento de la ubicación, tipos de puentes, daños más comunes, edad, mantenimiento y sobre todo, al estado de condición de nuestros puentes que integran la red vial, se vuelve difícil la implementación de planes estratégicos encaminados a la conservación de estas estructuras.

Los sistemas encargados de la conservación de puentes, se conocen como Sistemas de Administración de Puentes. A estos sistemas se les define como un conjunto de elementos administrativos y organizacionales, normas y procedimientos comunes implantados por una institución para planear, ejecutar y supervisar todas las actividades de conservación a los puentes desde el momento de su puesta en servicio.

La base de trabajo de estos sistemas lo constituyen las inspecciones realizadas a cada uno de los puentes de la red.

En el presente trabajo se desarrolla una metodología encaminada a detectar los parámetros que influyen en el desempeño del puente ante fenómenos naturales como eventos sísmicos.

La metodología de evaluación de la vulnerabilidad de puente, es presentada en el capítulo II y puede ser un componente importante dentro de un sistema de administración de puentes, tal como lo demuestra el programa Vulnerabilidad e Inventario de Puentes (VIP – 02) desarrollado en el trabajo de graduación y presentado en el capítulo IV. Parte de la aplicación de la metodología propuesta, consiste en realizar una inspección principal a cada uno de los elementos del puente, motivo por el cual en el anexo A2, se muestran los sistemas de registro propuestos (Formatos de Evaluación).

En el capítulo III se propone un enlace entre los Formatos de inspección Principal (FIP) y el formato utilizado por el Sistema de Inventario y Evaluación de Puentes (SIEP) propiedad del Ministerio de Obras Públicas.

El capítulo IV muestra los resultados de la inspección básica realizada a todos los puentes ubicados en la Carretera El Litoral (CA-02) y los resultados de la inspección principal realizada a los puentes ubicados en la zona oriental del país, siempre dentro de la carretera CA-02.

Para ejemplificar la aplicación de la metodología de evaluación de la vulnerabilidad de puentes, en el capítulo V se muestra el estudio de vulnerabilidad a una pequeña muestra de 4 puentes, ubicados en el área metropolitana de San Salvador.

Finalmente en el capítulo VI se presentan las conclusiones y recomendaciones del trabajo de graduación y en el capítulo VII se detalla la bibliografía utilizada en la investigación.

# ASPECTOS GENERALES

## CAPITULO I

## 1.1 INTRODUCCIÓN

Para el desarrollo y mantenimiento de la red de carreteras y de infraestructura vial de un país, los Sistemas de Administración y Gestión de Puentes juegan un papel determinante en la planificación y optimización de recursos.

Un sistema de Gestión de puentes es un conjunto de actividades orientadas a la administración, planificación y rehabilitación de las estructuras de puentes, basándose principalmente en la información obtenida a través de inspecciones sistemáticas, minuciosamente programadas, realizadas periódicamente, la cual es almacenada en un banco de datos. Esta información refleja las condiciones estructurales y funcionales en base a las cuales se determina la prioridad de reparación o reemplazo del puente y las asignaciones presupuestarias para estos fines.

En países de recursos económicos y tecnológicos grandes, estos sistemas se han venido desarrollando con mucho éxito, logrando optimizar y mejorar sus redes de comunicación vial. En El Salvador, la utilización de un Sistema de Administración de puentes permitiría asignar estos recursos de una manera eficiente y oportuna para el mantenimiento, rehabilitación o sustitución de los puentes que lo requieran. En 1,994 se realizó en El Salvador, el Inventario de Puentes y obras de Drenaje Mayor. El mismo año se desarrolló un sistema denominado Sistema de Inventario y Evaluación de Puentes (S.I.E.P.), el cual tiene por objeto crear y mantener un inventario de puentes, recopilar información sobre las condiciones reales de los puentes. Este sistema no incorpora información estructural para los puentes inventariados.

El Ministerio de Obras Públicas realiza esfuerzos para inventariar los puentes de la red vial del país, logrando hasta inicios de este año, tener un inventario de los puentes que se encuentran en la carretera CA-02( Carretera El Litoral), con un total de 98 estructuras. La información se obtuvo basándose en los formatos que utiliza el S.I.E.P. para registrar la información. Los tipos de puentes se clasifican de acuerdo al miembro principal de superestructura, así: 31% Tipo Mixto (puentes cuyo elemento principal es la viga metálica de alma llena y tablero de concreto), 33% Tipo Vicon (el elemento principal es la viga de concreto armado), 19 Tipo Losa (el elemento principal es la losa de concreto y al mismo tiempo sirve de tablero), 4% Tipo Vipres ( el elemento principal es la viga de concreto preesforzado ), 7% Tipo Cercha ( son puentes cuyo elemento principal es una estructura reticular), 6% Tipo compuesto (puentes que presentan combinaciones de diferentes tipos de estructuras).

Se plantea el desarrollo de una metodología de evaluación de la Vulnerabilidad de puentes, que sea funcional y de fácil implementación, el cual incluirá un procedimiento sistemático para realizar las inspecciones de puentes. Este trabajo brinda una contribución en la evaluación e inventario de los puentes carreteros ubicados sobre la carretera El Litoral (CA-02) de El Salvador.

Este documento representa el desarrollo del Estudio Preliminar de Vulnerabilidad de Puentes, en la carretera CA-02; en él se detallan los antecedentes relativos al tema, así como las justificaciones del mismo.

El estudio de vulnerabilidad de puentes, pretende establecer entre otras cosas, un nivel del estado estructural del puente.

Se plantean los alcances del trabajo así como las limitaciones a las cuales estará restringido el estudio, se enfatiza la complementación al Sistema de Inventario y Evaluación de Puentes que posee el Ministerio de Obras Públicas (M.O.P.), como un complemento idóneo para el proceso de detección y priorización de los puentes con mayores deficiencias estructurales.

## 1.2 ANTECEDENTES

En los últimos años se han observado en diferentes países del mundo, el colapso de puentes debido a fenómenos naturales. Basándose en estas lecciones y a partir de estudios e investigaciones se han establecidos procedimientos para determinar la vulnerabilidad estructural de éstos en muchos países.<sup>38,39,40</sup>

En países como los Estados Unidos, se cuenta con un inventario nacional de puentes (NBIS). En éste se han venido realizando inspecciones regulares y sistemáticas de los puentes nacionales desde 1970, utilizando para este propósito hasta el año de 1990 el formato de Estándares para la inspección de Puentes Nacionales de los Estados Unidos. En 1992 se completó el desarrollo de la primera versión del Sistema para Administración de Puentes (BMS), que luego adquirió el nombre de PONTIS.<sup>25,27,28,29,30</sup>

El PONTIS es una herramienta informática que ayuda a los administradores de puentes, con el uso de una potente base de datos provenientes de las inspecciones realizadas a los puentes, para lograr las mejores políticas de procesamiento de datos y priorización de recursos.

Una de las características adicionales del PONTIS, ha sido la implementación de un programa para calcular el Índice de Salud para cada puente de la red. El Índice de Salud se basa en la condición de cada elemento individual del puente.<sup>32,33,35</sup>

En Japón, después del terremoto de KOBE en 1995, se implementaron medidas de rehabilitación de puentes, debido a que se tenía un gran número de éstos con claras deficiencias estructurales. Ante la necesidad de priorizar la selección de puentes que serían retroadecuados, se creó una metodología de evaluación utilizando un índice de prioridad "R" para detectar los puentes que presentarían un alto grado de vulnerabilidad ante la ocurrencia de un sismo severo.

Este índice considera aspectos como: importancia de la carretera, tipo de configuración estructural, factor de vulnerabilidad de los elementos componentes, entre otros.<sup>42</sup>

En la Universidad de Mansoura, Egipto; en el año de 1996 se desarrolló una metodología para la evaluación del riesgo sísmico de puentes carreteros. En esta metodología se analiza el desempeño sísmico y las características dinámicas más importantes del puente.<sup>40</sup>

Las bases de la metodología son: el análisis de la respuesta durante sismos pasados, desarrollo de metodologías previas para la evaluación sísmica, trabajos de investigación previos y desarrollos de códigos sísmicos.

La evaluación del riesgo y vulnerabilidad sísmica de puentes se establece a través de una asignación numérica de todos los factores considerados. Es importante mencionar que la asignación numérica de los factores que influyen en la vulnerabilidad, está en función de estudios rigurosos y estadísticos de la respuesta sísmica del puente y de la sismicidad de cada región.

En España, El Sistema de Gestión Integral de Puentes, es una herramienta eficiente y necesaria para un adecuado tratamiento de la información de inventarios, inspecciones y soporte para la toma de decisiones para el paso de vehículos especiales, planificación de trabajos de mantenimiento o rehabilitación de puentes. Este sistema posee estructura modular, permite la gestión sistemática de puentes en servicio tanto de una red de carreteras como de ferrocarriles.<sup>21</sup>

Colombia, en un programa conjunto con la Universidad del Cauca, El Departamento de Estructuras, del Laboratorio Central de Puentes y Caminos de Francia, entidades profesionales y el Ministerio de Obras Públicas y Transporte, inician en 1987 un programa encaminado a implementar un Sistema de Gestión o administración de puentes.<sup>36</sup>

En nuestro país, algunas investigaciones en materia de puentes se han realizado, específicamente en las áreas de: construcción de puentes, guía para el diseño de puentes, análisis de las respuestas sísmicas de puentes, aplicaciones de las normas de cálculo y diseño estructural de puentes, pero casi nada relacionado con daños en puentes y menos aún, en el área de gestión de Puentes.

En el trabajo de graduación: Vulnerabilidad Sísmica de Estructuras de Edificios de Concreto Reforzado y Acero<sup>20</sup>, realizado en la Universidad de El Salvador el año de 1999, se realiza un análisis de vulnerabilidad sísmica de estas estructuras por medio de Índices de vulnerabilidad, los cuales representan parámetros que inciden en ella y se clasifican de acuerdo a escalas numéricas para cada índice.

Esta metodología de evaluación, al igual que las desarrolladas en Japón y Estados Unidos, servirán de base para la implementación de una metodología orientada a determinar la vulnerabilidad en puentes carreteros.

El Ministerio de Obras Públicas (M.O.P.) en noviembre de 1994, realizó el inventario de Puentes y obras de Drenaje Mayor, en el cual se observó poco aspectos de estas estructuras, únicamente se obtuvo el tipo de obra de paso, su ubicación según la carretera, longitud total en metros y una calificación cualitativa del estado de condición de la estructura. En este inventario, los puentes se encuentran agrupados por departamento al que pertenecen y es necesario mencionar que no todos los puentes de la red se encuentran inventariados.

El mismo año se desarrolló un sistema computarizado denominado Sistema de Inventario y Evaluación de Puentes (S.I.E.P.) el cual tiene por objeto crear y mantener un inventario de puentes, éste recopila las características geométricas, ubicación e información sobre las condiciones reales de los puentes entre otros. El programa original fue creado para trabajar en el software Quattro Pro, por ser el más difundido en la Dirección General de Caminos en ese tiempo; actualmente se cuenta con una nueva versión del S.I.E.P., el cual está creado en el Software Microsoft Acces.<sup>50</sup>

El S.I.E.P., prioriza los puentes basándose en sus condiciones reales, esta priorización se consigue obteniéndose un índice de prioridad (IP). Una característica importante de mencionar, es que el S.I.E.P. se alimenta únicamente de información proveniente de inspecciones visuales y calificaciones cualitativas de los aspectos que se observan en los puentes; con esta información el S.I.E.P. es capaz de realizar la priorización de ellos; este sistema no incorpora datos de análisis estructural para los puentes inventariados<sup>49,50</sup>.

En el Ministerio de Obras Públicas no se cuenta con archivos de los planos constructivos ni memorias de cálculo de la mayoría de los puentes existentes.

Por la poca investigación que se ha realizado en el área de puentes en nuestro país, aún no se cuenta con una normativa particular para el diseño y evaluación de puentes, ni para su mantenimiento y rehabilitación; este aspecto sugiere ser motivo de futuros trabajos de investigación.

### 1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Salvador se encuentra ubicado en una zona altamente sísmica, como consecuencia los puentes se ven amenazados constantemente por movimientos sísmicos. Según datos obtenidos por el Ministerio de Obras Públicas, a través del inventario de puentes en la Carretera El Litoral; El 70% de los puentes tienen una edad mayor de 40 años y entre éstos hay algunos que sobrepasan los 50 años, por lo que seguramente han experimentado al menos un evento sísmico de considerable tamaño. Además según esta misma fuente, más de un 60% no recibe ningún tipo de mantenimiento.

Es de esperar que estos puentes hayan experimentado cierto nivel de deterioro estructural, por lo tanto su evaluación y establecimiento de vulnerabilidad es de vital importancia.

La vida útil, la seguridad estructural y funcional de los puentes disminuye al paso del tiempo debido a razones tales como: sobrecargas de tráfico (para la cual muchos de ellos no fueron diseñados), deterioro, fatiga de los materiales, envejecimiento progresivo, sismos severos, acciones de medios agresivos(exposición a la salinidad de las aguas marinas), contaminación ambiental, etc.

El mantenimiento progresivo y aún más, la rehabilitación de los mismos requieren de planes estratégicos, basados en estudios sistemáticos, técnicos y científicos de cada uno de los elementos del puente con que cuenta una red vial de un país. Ante la falta de tales estudios, no es posible crear programas de rehabilitación, prevención y optimización de presupuestos.

Un estudio de vulnerabilidad de puentes conduciría a definir prioridades de rehabilitación y el estado estructural de los puentes, tal como ya se ha realizado en otros países.



## 1.4 OBJETIVOS

### 1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un procedimiento para la evaluación de la vulnerabilidad estructural de puentes en El Salvador.

### 1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer una escala que represente el nivel de vulnerabilidad estructural de los puentes carreteros en El Salvador.
- Realizar propuestas para la implementación de inspecciones sistemáticas de puentes en El Salvador.
- Aplicar el procedimiento a casos particulares.
- Desarrollar un sistema propio de inventario de puentes.
- Incorporar la información necesaria, para calcular los índices de vulnerabilidad, al Sistema de Inventario y Evaluación de Puentes (S.I.E.P.) que el Ministerio de Obras Públicas ha implementado.
- Definir áreas de investigación futura.

## 1.5 ALCANCES

La aplicación del procedimiento de inspección se realizará a los puentes ubicados en la Carretera El Litoral (CA-02). Sin embargo el procedimiento de evaluación de la vulnerabilidad, será aplicado a una muestra de los puentes de los cuales se tengan los planos constructivos y la información necesaria; éstos como ejemplos de la aplicación de la metodología.

Para determinar el estado estructural en los puentes carreteros, será necesario realizar inspecciones de campo a cada uno de los puentes seleccionados para el estudio, con la finalidad de conocer el estado actual de cada uno de los elementos que componen al puente, siguiendo un procedimiento sistemático que será establecido en el transcurso de la investigación.

La vulnerabilidad estructural en este trabajo se determinará por medio de índices, los cuales representarán características propias de la estructura, estas características se obtendrán a través de datos de campo y de análisis estructural.

Con la información recolectada sobre los puentes en estudio, se creará un banco de datos, que contenga la información necesaria para la evaluación estructural de éstos. La finalidad de este banco de datos es llevar un registro de las diferentes inspecciones realizadas y poder generar una hoja de vida de cada puente, a partir de lo anterior se puede realizar una planificación adecuada de los presupuestos de obras públicas, para la conservación y rehabilitación de los puentes que lo necesiten, basándose en criterios de importancia, ubicación, grado de vulnerabilidad, entre otros; los cuales estarán registrados en el banco de datos.

Para la creación de este banco de datos se tomará como base el Sistema de Inventario y Evaluación de Puentes (S.I.E.P.) propiedad del Ministerio de Obras Públicas. Se describirá el procedimiento para complementar el SIEP con el estudio de vulnerabilidad, el cual posteriormente podrá ser ejecutado por la Unidad de Informática del Ministerio de Obras Públicas.

El índice de priorización se obtendrá a través de una valoración porcentual del Índice de Priorización obtenido del SIEP y del Índice de vulnerabilidad.

Este trabajo pretende ser un aporte para el Ministerio de Obras Públicas, como parte del desarrollo futuro de un Sistema de Administración Integral de Puentes en El Salvador.

## 1.6 LIMITACIONES

- En algunos casos no tendremos a disposición la información necesaria de los puentes en estudio
- Puesto que no existe una normativa propia de El Salvador, el desarrollo de la investigación se basará en la aplicación de las normas de la Administración Federal de Carreteras de Estados Unidos (AASHTO).
- La investigación no incluye el estudio hidrológico de las cuencas de los ríos sobre los cuales se localizan los puentes.
- No se contemplan los estudios de suelos.

## 1.7 JUSTIFICACIONES

En nuestro país poca investigación se ha realizado en materia de daños de puentes, aún cuando se sabe lo importante que son estas estructuras. El buen estado de la red vial, facilita el desarrollo económico y social de una región o un país, permitiendo el libre flujo de bienes y servicio.

La falta de información que se tiene acerca de los puentes de nuestro país, el desconocimiento del estado estructural actual de éstos, así como su posible comportamiento estructural ante fuerzas o fenómenos naturales de gran intensidad o la falta de mantenimiento, hace necesario efectuar un análisis de vulnerabilidad. La investigación proporcionará los datos estructurales, que podrán ser utilizados como base en el desarrollo de un Sistema de Administración Integral de Puentes, para lo cual habrá que realizar investigaciones futuras en otras áreas, relacionadas con puentes.

Con la realización de un estudio a los puentes carreteros, en el cual se disponga de información estructural, configuración geométrica, importancia de acuerdo al flujo vehicular, estado actual de los puentes y ubicación, será posible evaluar la vulnerabilidad sísmica.

# CAPÍTULO II

# VULNERABILIDAD DE PUENTES

## 2.1 INTRODUCCIÓN

Al analizar el desempeño sísmico de los puentes a lo largo de los años, la actividad sísmica ha demostrado que los puentes pueden ser las partes más vulnerables de una red vial. Terremotos como el de San Fernando en 1971, que causó daños significativos en los puentes, demostraron la necesidad de comenzar a estudiar el comportamiento sísmico de estas estructuras. Terremotos recientes como el de Loma Prieta en 1989, Northridge en 1994 y Kobe en 1995, continúan demostrando el alto grado de vulnerabilidad sísmica de los puentes. Las autoridades de transporte, especialmente las localizadas en países altamente sísmicos, han comenzado años atrás, a crear programas de rehabilitación sísmica de puentes; de tal suerte que la creación, implementación y actualización de diferentes programas de computadora para el proceso de priorización de la población de puentes que serán rehabilitados, es de vital importancia.

Experiencias internacionales reflejan que puentes diseñados con los lineamientos anteriores a los años 80's, con claras deficiencias de ductilidad en el diseño, ausencia de aparatos de restricción lateral e insuficiente longitud de apoyo en columnas y estribos, son los más vulnerables.

En este contexto, en el presente documento se propone una metodología para la evaluación de la vulnerabilidad de puentes carreteros en El Salvador.

La metodología se encuentra en función de la peligrosidad de la zona donde se encuentre el puente, de las sobrecargas de tráfico a las que está expuesto, de la importancia de la red vial, del estado actual del puente, de su configuración estructural y de los parámetros que influyen en el comportamiento sísmico del puente.

Para conocer el estado actual del puente es necesario realizar una inspección principal de cada uno de los elementos del puente, para lo cual se han creado formatos especiales, presentados en los Anexos A2. En este sentido, es de vital importancia que se conozcan todos aquellos factores que aceleran el deterioro de los materiales de los que están contruidos los elementos del puente.

En el Anexo A1 se presenta de manera resumida, los factores que aceleran el deterioro de los materiales, las patologías más comunes y los aspectos a considerar en el proceso de inspección.

## 2.2 VULNERABILIDAD DE PUENTES

La vulnerabilidad de puentes, es un conjunto de factores internos, propios de cada estructura, que influyen en gran medida, en el desempeño de ésta ante la amenaza de un evento sísmico.

Los factores internos reflejan la peligrosidad a la cual está expuesta la estructura al encontrarse en un lugar determinado, las sobrecargas de tráfico (muy común en las estructuras de puentes), envejecimiento, falta de mantenimiento y sobre todo a concepciones y estándares de diseño que disminuyan la capacidad de resistencia de la estructura ante eventos sísmicos.

### 2.2.1 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD

La metodología de evaluación de la vulnerabilidad, es presentada a continuación mediante una serie de pasos:

1. Investigación sobre toda la información referente al puente en estudio (preferentemente, la historia completa desde la construcción). La investigación comprende:
  - a. Planos estructurales (principalmente los planos finales, tal como en realidad fue construido y montado, incluyendo correcciones hechas en el sitio).
  - b. Especificaciones técnicas (para conocer al grado de calidad de los materiales).
  - c. Reportes y certificaciones de pruebas realizadas a los materiales.
  - d. Historial de mantenimiento, reparación o sustitución de los elementos del puente.
  - e. Información sobre accidentes y los elementos dañados.
  - f. Cargas máximas registradas.
  - g. Registro de inundaciones, tirantes máximos, estudios previos de tráfico, geotécnicos, hidráulicos, etc.
2. Realizar una inspección principal al puente. Es recomendable que para la evaluación confiable de los índices de vulnerabilidad I4, I6 y I7 se auxilie con equipo especializado para la cuantificación de los deterioros, deflexiones reales (específicamente en intervalos de tráfico intenso) y periodos del suelo y estructura.
3. Modelación estática y dinámica de los índices de ductilidad demandada y factor de colapso geométrico (para los puentes de los cuales se posea información estructural).
4. Evaluación de los índices de vulnerabilidad para cada claro que posea el puente y el más desfavorable de ellos se considerará como el grado de vulnerabilidad global de la estructura.

## 2.3 ÍNDICES DE VULNERABILIDAD

### 2.3.1 ÍNDICE DE UBICACIÓN (I1)

Para evaluar este índice se considerarán dos aspectos. El primero se refiere a la localización del puente dentro de una zona sísmica de nuestro país. Las zonas sísmicas se definen en la tabla 1 de la Norma Técnica para Diseño por Sismo (NTDS).

El segundo aspecto a considerar, es la ubicación del puente, respecto a zonas de inundación previamente identificadas.

#### 11.1 Factor Zona Sísmica (FZS)

En países de alta actividad sísmica es común preparar mapas no solamente de zonificación sísmica (peligrosidad sísmica), sino también de microzonificación para centros urbanos importantes. Los mapas de microzonificación muestran la variación de la peligrosidad debida a la presencia de fallas geológicas y de los depósitos de suelos. La peligrosidad sísmica puede evaluarse en base a información sobre la sismicidad de una zona y las características del movimiento sísmico. Sobre esa base se construyen mapas de peligrosidad que identifican las áreas de mayor peligro para fines de planificación y de diseño sísmico. Un mapa de peligrosidad se construye usualmente evaluando la peligrosidad en una serie de puntos y trazando curvas de igual nivel de aceleración. Tales mapas además de identificar las áreas de mayor peligro para fines de planificación, establecen los niveles de aceleración que se deben considerar en el diseño sísmico. Otros aspectos a considerar pueden ser el desplazamiento, velocidad, intensidad, magnitud, etc.

El índice por zona sísmica se obtendrá a través de la relación entre los factores de zona sísmica, de la siguiente manera:

Según NTDS

Para zona I = 0.4

Para zona II = 0.3

La zona sísmica se tomará de la tabla 14 del formato de inspección principal de cada puente.

La relación sería entonces:

Para Zona I =  $0.4 / 0.4 = 1.00$

Para Zona II =  $0.3 / 0.4 = 0.75$

Resumiendo:

ZONA SÍSMICA	FZS
Zona I	1.0
Zona II	0.75

Tabla 2.1 Factor Zona Sísmica.

### 11.2 Factor Zona Inundable (FZI)

Se refiere a la localización del puente en lugares clasificados como zonas de inundación en nuestro país; siendo éstas de dos tipos.

ZONA DE INUNDACIÓN	FZI
Zona Inundable ( ZI )	1.0
Zona No Inundable ( ZNI )	0.3

Tabla 2.2 Factor Zona Inundable

Esta clasificación se realiza, basada en la información que el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), en cooperación con el Comité de Emergencia Nacional (COEN), tienen registrada a nivel nacional.

La zona de inundación se tomará de la tabla 15 del formato de inspección principal de cada puente.

El índice de ubicación se calcula de la siguiente forma:

$$I_1 = \frac{\text{Factor de Zona Sísmica} + \text{Factor de Zona de Inundación}}{2}$$

$$I_1 = \frac{FZS + FZI}{2}$$

### 2.3.2 ÍNDICE DE TRÁFICO (I2)

Este involucra dos aspectos: el primero, la carga de tráfico que establece un nivel relativo de carga sobre el puente; el segundo refleja la importancia del puente para el tráfico según la carretera en que se encuentra ubicado.

#### 12.1 Factor Carga de Tráfico (FCT)

Se evalúa como la relación entre la carga de tráfico de diseño y la carga de tráfico real que soporta el puente. Siendo la carga de tráfico de diseño, la carga considerada para el diseño del puente y la carga de tráfico real, la carga que se considera actúa en el puente en las condiciones actuales.

Estas cargas serán tomadas de la tabla 16 del formato de inspección principal de cada puente:

$$\text{Carga de Tráfico (CT)} = \frac{\text{Carga de Tráfico Real}}{\text{Carga de Tráfico de Diseño}}$$

CT	FCT
$CT \leq 1$	0.4
$1 < CT \leq 2$	0.6
$2 < CT \leq 3$	0.9
$3 < CT$	1.0

Tabla 2.3 Factor de Carga de Tráfico.

#### 12.2 Factor Importancia de la Carretera (FIC)

Esta importancia refleja el nivel de servicio o volumen de tráfico, asociado a su posición geográfica en una región o su particularidad en el diseño.

El índice de importancia deberá obtenerse tomando como base la clasificación que el MOP tiene del sistema vial del país.

La red vial se encuentra dividida en:

- Especial
- Primaria
- Secundaria
- Terciaria
- Camino Rural A
- Camino Rural B
- Otros...

Se tiene la siguiente clasificación basándose en la red vial:

TIPO DE VIA	CLASIFICACION	FIC
Especial Primaria	Vías principales	1.00
Secundarias Terciarias	Vías importantes	0.80
Camino rural a, Camino rural b Otros...	Vías de menor Importancia	0.50

Tabla 2.4 Factor Importancia de la carretera.

El tipo de vía en la que se encuentra ubicado el puente, se encuentra en "RED" del inventario básico de puentes.

El índice de Tráfico sería entonces:

$$I_2 = 0.70 * \text{Factor de Carga de Tráfico} + 0.30 * \text{Factor Importancia de la Carretera}$$

$$I_2 = 0.70 * FCT + 0.30 * FIC$$

### 2.3.3 ÍNDICE DE NORMA USADA PARA EL DISEÑO (I3)

Se refiere a la vulnerabilidad que podría presentar el puente debido a la normativa con que fue diseñado.

Son los eventos sísmicos los que han puesto de manifiesto errores en criterios de diseño contenidos en las normas. Al respecto, el terremoto de 1971 en San Fernando despertó gran alarma al poner en evidencia la vulnerabilidad sísmica de los puentes diseñados de acuerdo a las normas AASHTO de 1965 o anteriores. Similar atención recibieron los daños causados por terremotos siguientes de considerable magnitud, como el de Loma Prieta en 1989, el cual demostró que los puentes diseñados de acuerdo a las normas AASHTO de 1983 presentaron, en muchos de los casos, un buen desempeño sísmico, aunque también se demostró el pobre desempeño de puentes más antiguos. Posteriormente a este sismo, se creó la norma AASHTO en 1992, que tomaba en cuenta los daños sufridos en los puentes.

Basándose en lo anterior el índice se establecería de la siguiente manera:

AÑO DE NORMA	I3
Antes de 1965	1.00
1965-1983	0.80
1983-1992	0.50
Después de 1992	0.20

Tabla 2.5 Índice de Norma Usada para el Diseño.

Esta información será obtenida de la memoria de cálculo, documentos informativos del puente o en todo caso del año de construcción, que se encuentra en el formato básico de inspecciones.

### 2.3.4 ÍNDICE DEL ESTADO DEL SISTEMA ESTRUCTURAL (I4)

Este índice representa las condiciones actuales de la estructura, comprende los daños que sufren los elementos, tales como fisuras, corrosión, pandeo, etc.

Este será obtenido de las inspecciones principales realizadas a los puentes, en las cuales se evaluarán todos los componentes del puente, elemento por elemento (ver las tablas correspondientes del Formato de Inspecciones Principales (FIP), propuesto en Anexo A2).

En la obtención de este índice, se presenta la importancia de cada uno de los elementos componentes del puente, distribuyendo la importancia de la siguiente forma:

El índice se calcula de la siguiente forma:

$$I4 = 0.03 \frac{JE}{4} + 0.05 \frac{AP}{4} + 0.40 \frac{SP}{4} + 0.40 \frac{SB}{4} + 0.05 \frac{FU}{4} + 0.05 \frac{AC}{4} + 0.02 \frac{CA}{4}$$

donde:

JE = condición de las juntas de expansión(Tabla 3)

AP = condición de los aparatos de apoyo(Tabla 4)

SP = condición de la superestructura(Tabla 7)

SB = condición de la subestructura(Tabla 8)

FU = condición de fundaciones(Tabla 9)

AC = condición de los accesos (Tabla 10)

CA = condición del cauce. (Tabla 18)

### 2.3.5 ÍNDICE DE TIPO DE SISTEMA ESTRUCTURAL (I5)

En este índice se consideran los distintos tipos de configuraciones estructurales empleadas en el diseño de puentes. Se evalúa si un puente es viaducto, los tipos de elementos que soportan la superestructura y sus condiciones de apoyo en la subestructura.

#### 15.1 Factor de Superestructura (FSP)

Este factor valora si el puente es viaducto o si está soportado por estribos en ambos extremos, de acuerdo a la siguiente tabla 2.6.

CATEGORÍA	FSP
Puentes Viaductos	1.0
Puentes soportados por estribos	0.5

Tabla 2.6 Factor de Superestructura.

Se tomará basándose en el número de vanos, contenido en el formato de inspección básica de puentes.

#### 15.2 Factor de Subestructura (FSB)

Evalúa el tipo de subestructura que está soportando al puente en los puntos intermedios. La valoración se hace de acuerdo a la tabla 2.7 siguiente.

CATEGORÍA	FSB
Columna simple	1.0
Dos o más columnas con viga de cabezal continua	0.9
Armadura	0.8
Estructura de marco	0.7
Columna tipo pared	0.7

Tabla 2.7 Factor de Subestructura.

La categoría será tomada de sistema estructural en la tabla 8 del formato de inspecciones principales. Cuando el puente posea diferentes tipos de subestructura, se tomará aquella que posea mayor valoración en la tabla anterior (las más desfavorable).

### 15.3 Factor de Condición de Apoyo (FCA)

Evalúa las condiciones en que está apoyado el puente, es decir, la unión del tablero con la subestructura. La evaluación se hará de acuerdo a lo establecido en la siguiente tabla.

CATEGORÍA	FCA
Puentes integrales	0.20
Puentes en condiciones de apoyo intermedio	0.75
Puentes simplemente apoyados	1.00

Tabla 2.8 Factor de Condición de Apoyo.

La categoría, será tomada de condición de apoyo, en la tabla 7 del formato de inspecciones principales.

El índice de sistema estructural quedará definido como el promedio de las valoraciones de los tres factores anteriores.

$$I_5 = \frac{\text{Factor de SuperEstructura} + \text{Factor de SubEstructura} + \text{Factor de Condición de Apoyo}}{3}$$

$$I_5 = \frac{FSP + FSB + FCA}{3}$$

### 2.3.6 ÍNDICE DE FUNCIONALIDAD (I6)

Expresa una relación entre las deflexiones y/o longitudes de apoyo de la estructura construida y las deflexiones y/o longitudes de apoyo máximas establecidas en las normas AASHTO. Si el valor de las deflexiones relativas es mayor que uno, la estructura tiene problemas causadas por excesiva flexibilidad; si es menor que uno, su comportamiento será adecuado. En cuanto a las longitudes de apoyo relativas, sucede lo contrario.

#### I6.1 Factor de Deflexión Relativa (FDR)

Para evaluar este factor es necesario conocer las deflexiones reales en el puente(deflexión actuante) y las deflexiones permitidas por las normas(deflexión permitida).

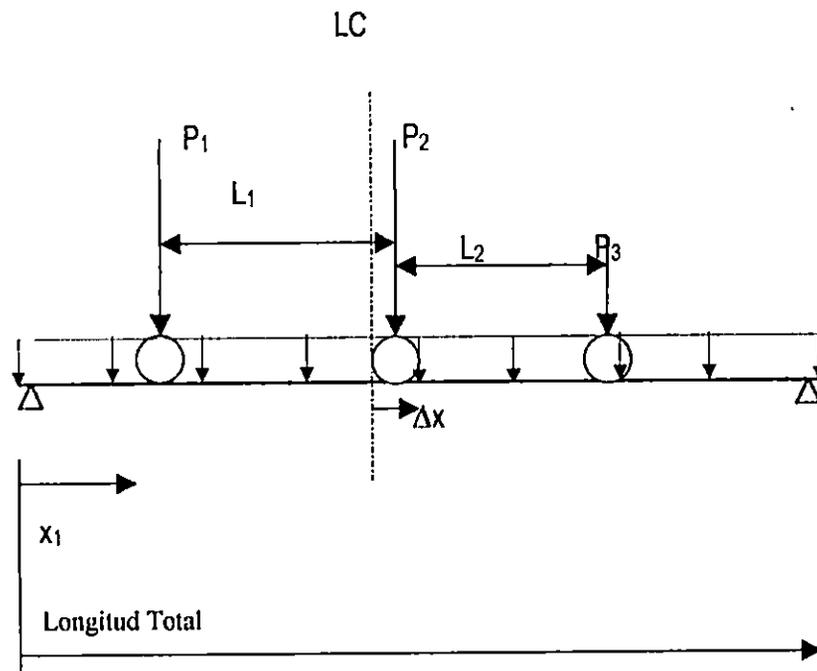
- Deflexión actuante:

La deflexión actuante se deberá medir en el campo con equipo especializado para este fin, la medición se deberá realizar en los intervalos en donde el tráfico resulta ser más intenso(Horas Pico).

Sin embargo en el presente documento, se realizará una modelación sencilla y un análisis estructural básico del sistema de Vigas-Tablero bajo cargas vivas y peso propio; realizando previamente un análisis de líneas de influencia para cargas móviles y poder detectar la posición del vehículo que proporcione la condición más desfavorable.<sup>2,8</sup>

Las propiedades para la modelación se obtendrán de los planos estructurales.

El modelo se presenta a continuación:



Donde:

$P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$  = son los pesos por eje

$L_1, L_2, \dots, L_n$  = son las distancias entre ejes

$\Delta x$  = Distancia entre la línea central de la viga modelo y la carga que produce la respuesta máxima (Según análisis de líneas de influencia para cargas móviles).

La deflexión actuante se obtendrá de realizar el análisis con el software SOL.FOR al modelo de la figura anterior.

- Deflexión Permitida:

Para el cálculo de la deflexión permitida, se utilizarán los criterios propuestos en la sección 8.9.3 de AASHTO S.D.<sup>1</sup>

SISTEMA ESTRUCTURAL UBICACIÓN	CLARO SIMPLE O CONTINUO	BRAZOS EN VOLADIZO
	Puente en áreas urbanas	$(1/1000)*L$
Puente fuera de áreas urbanas	$(1/800)*L$	$(1/800)*L$

Tabla 2.9 Deflexión Permitida.

Donde L es la longitud libre del claro considerado.

El cálculo de la Deflexión relativa será:

$$\text{Deflexión relativa (DR)} = \frac{\text{Deflexión Actuante}}{\text{Deflexión Permitida}}$$

El Factor de Deflexión Relativa (FDR) se calcula de acuerdo a la siguiente tabla:

DR	FDR
$DR \leq 1$	0.2
$1 < DR \leq 2$	0.8
$2 < DR$	1.0

Tabla 2.10 Factor de Deflexión Relativa.

16.2 Factor de Longitud de Apoyo (FLA)

- Longitud de Apoyo Permitida

El cálculo de la longitud de apoyo permitida, se basará en criterios definidos en la sección 7.3 de AASHTO SD.<sup>1</sup>

$$N = (30.5 + 0.25L + H) (1 + 0.000125 S^2)$$

Donde:

- N : es la longitud de apoyo permitida perpendicular al ángulo de inclinación (en cms)
- L : longitud del claro entre apoyos (en mts.)
- H : altura promedio de la(s) pila(s) (en mts.)
- S : ángulo de inclinación del soporte medido desde una línea normal al eje longitudinal del claro (en grados)

- Longitud de Apoyo Actuante

Esta longitud será obtenida de las inspecciones principales (Tabla5).

$$\text{Longitud de apoyo relativa (LAR)} = \frac{\text{Longitud de Apoyo Actuante}}{\text{Longitud de Apoyo Permitida}}$$

El Factor de Longitud de Apoyo (FLA) se obtendrá de la tabla siguiente:

LAR	FLA
LAR < 1	1.0
1 < LAR ≤ 2	0.8
2 < LAR	0.2

Tabla 2.11 Factor de Longitud de Apoyo.

El índice de funcionalidad se define como:

$$I_6 = \frac{\text{Factor de Deflexión Relativa} + \text{Factor de Longitud de Apoyo}}{2}$$

$$I_6 = \frac{FDR + FLA}{2}$$

### 2.3.7 ÍNDICE DE PERÍODO DE VIBRACIÓN (I7)

Este índice se refiere a la acción del suelo sobre la estructura y el posible daño que podría sufrir. Se determina calculando los periodos de vibración del suelo y la estructura, y su posible cercanía al periodo de resonancia de la misma.

En la determinación del periodo natural del suelo, previamente se deben obtener las velocidades de las ondas de cortante. Se proponen las siguientes tres ecuaciones que incluyen datos experimentales del suelo tales como ángulo de fricción del suelo, relación de vacíos, esfuerzos efectivos y confinantes, compresión no confinada, número de golpes y otros datos provenientes de estudios de suelos.

Las ecuaciones recomendadas son las siguientes:<sup>5</sup>

Las ecuaciones por J. R. Hall, F. E. Richart y R. D. Woods (USA 1970) (Columna de Resonancia):

- Para arenas limpias y gravas, y  $e < 0.80$

$$V_{so} = 160.40(2.17 - e) \sigma_c^{0.25}$$

- Para suelo coherente angular, y  $e < 0.60$

$$V_{so} = 109.70(2.97 - e) \sigma_c^{0.25}$$

$$\sigma_c = (1 + 2 K_o) / 3 * \sigma_i$$

$$K_o = (1 - \text{Sen } \Phi)$$

donde :

$V_{so}$  = velocidad de las ondas de corte, m/seg.

$\sigma_c$  = esfuerzo confinante, Kg. / cm<sup>2</sup>

$\sigma_i$  = esfuerzo efectivo vertical, Kg. / cm<sup>2</sup>

$\phi$  = ángulo de fricción del suelo

$e$  = relación de vacíos

Las ecuaciones de T. Imai, F. Fumoto et al, (1975) Japón (Método del Registro P.S.)

$$V_{so} = 138.30 q_u^{0.417}$$

$$V_{so} = 89.80 N^{0.341}$$

Donde:

$V_{so}$  = velocidad de las ondas de corte, m/seg.

$q_u$  = compresión no confinada, kg. / seg.

$N$  = número de golpes por pie (S.P.T.)

Las ecuaciones del DR. Leonardo Zeevaert (México 1964) (Péndulo de Torsión)

Para sedimentos cohesivos:

$$\mu = \mu^o e^{(n\sigma_c)}$$

Para suelos no cohesivos:

$$\mu = C_s \sigma_c^n$$

$$V_{so} = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$$

donde:

$V_{so}$  = velocidad de las ondas de corte, m/seg.

$\mu^o$  = módulo de rigidez

$\sigma_c$  = presión confinante

$\rho$  = peso volumétrico.

Cálculo del período del suelo:

$$T_s = \frac{4D}{V_{so}}$$

Donde:

$T_s$  = período del suelo, seg.

$D$  = espesor del desplante de cimentación, m.

La evaluación del índice de periodo de vibración se realiza de la siguiente manera:

$$I_7 = 1 - \frac{(T_e - T_s)}{T_e}$$

donde:

$T_e$  = período de vibración de la estructura, seg.

$T_s$  = período del suelo, seg.

A continuación se presenta una Tabla de las propiedades dinámicas del suelo de San Salvador (aproximaciones) que se utilizará en el presente estudio debido a la falta de un estudio completo de suelo para cada uno de los puentes y están referenciadas en <sup>20</sup>.

Descripción	Profundidad	di	Vs	Vd	$\Delta T$	$\Sigma \Delta T$
Limo poco arenoso, ocre claro, semicompacto	4.15	4.15	140	242	0.12	0.12
Limo poco arenoso, ocre claro, semicompacto	5.75	1.60	123	213	0.05	0.17
Limo arenoso, café compacto	7.55	1.80	128	221	0.06	0.23
Limo arenoso, café oscuro semicompacto	10.05	2.50	103	178	0.10	0.33
Arena fina limosa, café rojizo, compacta	11.60	1.55	165	285	0.04	0.37
Arena fina limosa, café rojizo, compacta con poca gravilla	14.60	3.00	214	370	0.06	0.43

Tabla 2.12 Propiedades Dinámicas del Suelo de San Salvador.

Donde:

Di: espesor del estrato (mts.)

Vs: Velocidad de la onda de cortante a la profundidad de la probeta(m/s)

Vd: Velocidad de la onda compresional a la profundidad de la probeta(m/s)

T: Período del suelo(s)

### 2.3.8 ÍNDICE DE DUCTILIDAD DEMANDADA (I8)

Para determinar la respuesta Post-Elástica de la estructura, debido a un sismo determinado, se calculará la Ductilidad Demandada definida como la razón entre el desplazamiento horizontal máximo Post-Elástico alcanzado por la estructura y el desplazamiento horizontal al ocurrir la fluencia.<sup>9,10,41</sup>

$$\mu = \frac{\Delta_{\text{máx}}}{\Delta_y}$$

Donde:

$\Delta_{\text{máx}}$  = Desplazamiento horizontal máximo Post-Elástico.

$\Delta_y$  = Desplazamiento al ocurrir la fluencia.

$\mu$  = Ductilidad Demandada.

Se consideran rangos aceptables de Ductilidad Demandada, la cual se asociará al Índice de vulnerabilidad según la tabla siguiente:

Ductilidad Demandada ( $\mu$ )	I8
Estructuras Elásticas	0.0000
$1 \leq \mu < 2$	0.4000
$2 \leq \mu < 3$	0.6000
$3 \leq \mu < 4$	0.7000
$4 \leq \mu < 5$	0.8000
$5 \leq \mu < 6$	0.9000
$\mu \geq 6$	1.0000

Tabla 2.13 Índice de Ductilidad Demandada.

### 2.3.9 ÍNDICE DE COLAPSO POR PANDEO GEOMÉTRICO (I<sub>9</sub>)

Este índice está en función del factor  $\alpha$  que determina la magnitud de la carga crítica que provoca que el sistema portante de un puente, colapse debido a falla por estabilidad<sup>a</sup>

El factor  $\alpha$  resulta de un análisis de estabilidad definido para  $\alpha > 0$ .

#### INTERPRETACION DEL FACTOR $\alpha$

1. Valores de  $\alpha$  comprendidos entre 0 y 1 ( $0 < \alpha < 1$ ), indican que el sistema portante del puente ya ha colapsado ( el sistema ha perdido toda su capacidad de carga), debido a las cargas externas que actúan sobre él.
2. Cuando  $\alpha = 1$ , indica que justamente ese valor de carga, produciría el colapso de la estructura (carga crítica).
3. Cuando  $\alpha > 1$ , refleja que el sistema portante del puente, posee reservas en su capacidad de carga con respecto a la carga crítica.
4. Si  $\alpha \gg 1$  ( $\alpha \rightarrow \infty$ ), igualmente se incrementa la seguridad de la estructura.

Entonces el Índice de Colapso por Pandeo Geométrico se calcula de la siguiente forma.<sup>11,12,13</sup>

$$I_9 = \frac{1}{\alpha}$$

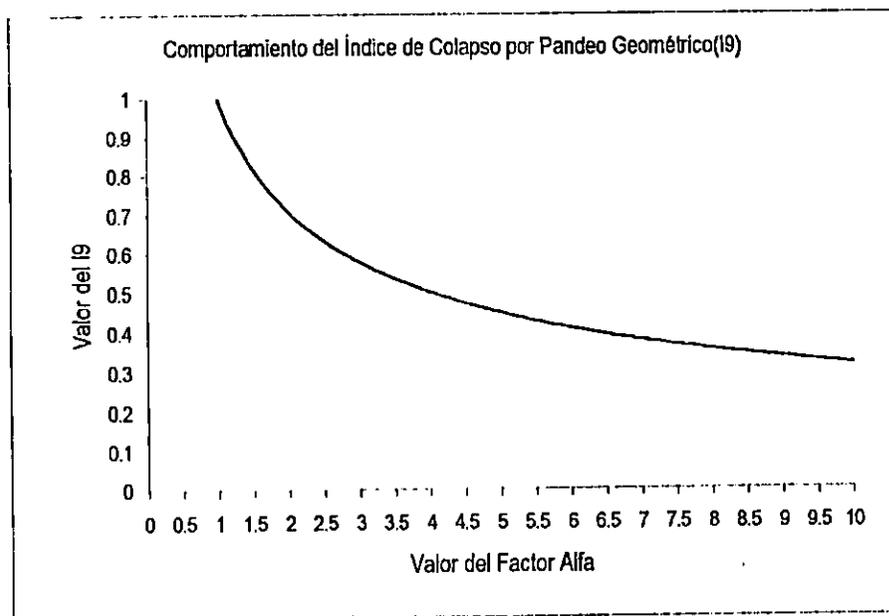


Fig 2.1 Comportamiento del Índice de Colapso por Pandeo Geométrico.

<sup>a</sup> Para este propósito se creó el programa *SOL.FOR*, desarrollado Por Nelson Mejía en Próspero Fortran para el Análisis de Estabilidad Lineal de marcos planos.

## 2.4 ÍNDICE DE VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL GLOBAL.

Debido a las diferentes configuraciones estructurales que puede presentar un mismo puente en cada uno de sus claros, al estado de condición de éstos y que La Metodología de Evaluación de la Vulnerabilidad presentado en este documento, está enfocada a realizar análisis estructural a los sistemas portantes del puente de forma individual, nace la necesidad de evaluar la vulnerabilidad de cada claro que presente el puente, donde el claro más vulnerable representará el grado de Vulnerabilidad Global del Puente (Índice de Vulnerabilidad Estructural Global).

### 2.4.1 ÍNDICE DE VULNERABILIDAD GLOBAL ESTRUCTURAL ( $I_{VE}$ ).

Este índice representa la vulnerabilidad global de un puente; refleja el nivel de daño que el puente presenta ante diferentes solicitaciones de carga, fenómenos naturales, concepciones de diseño o eventos que afecten su buen funcionamiento. Este es resultado de la evaluación realizada a cada puente, a través de la realización de las inspecciones principales, del análisis estructural del puente (análisis estático (Teoría de Segundo Orden) y un análisis dinámico no lineal) e información relacionada con el puente, la cual sirve para tener un conocimiento detallado de la estructura.

Para la evaluación de la Vulnerabilidad Estructural se definen niveles de Vulnerabilidad como sigue:

- Vulnerabilidad Nivel 1 =  $0.83 \cdot I_1 + 0.84 \cdot I_2 + 0.83 \cdot I_3 + 5 \cdot I_4 + 0.83 \cdot I_5 + 1.64 \cdot I_6$
- Vulnerabilidad Nivel 2 =  $3.75 \cdot I_7 + 3.75 \cdot I_8 + 2.5 \cdot I_9$

La Vulnerabilidad Nivel 1 (  $V_1$  ), es definida como la vulnerabilidad evaluada con parámetros que no necesitan de un análisis estructural para ser cuantificados.

La Vulnerabilidad Nivel 2 (  $V_2$  ), es definida como la vulnerabilidad que representa el análisis estructural realizado al puente.

Entonces la Vulnerabilidad Estructural se calcula de la siguiente forma:

$$\text{Índice de Vulnerabilidad Estructural} = 0.60 \cdot \text{Vulnerabilidad Nivel 1} + 0.40 \cdot \text{Vulnerabilidad Nivel 2}$$

$$I_{VE} = 0.60V_1 + 0.40V_2$$

### 2.4.2 ÍNDICE DE VULNERABILIDAD GLOBAL PROYECTADO ( $I_{VP}$ ).

Es un valor de vulnerabilidad estimada a partir de los resultados obtenidos de la Vulnerabilidad Nivel 1, la cual proporciona una proyección del valor esperado del Índice de Vulnerabilidad Estructural ( $I_{VE}$ ) (Este índice puede ser muy útil para evaluar los puentes carreteros de El Salvador, los cuales la gran mayoría no posee ningún tipo de información estructural como planos estructurales, memorias de cálculo, estudios Geotécnicos, especificaciones de diseño y construcción, registros de reparaciones, etc. de esa forma, basta con la Vulnerabilidad de Nivel 1 para estimar el Índice de Vulnerabilidad Estructural).

La vulnerabilidad Proyectada se define de la siguiente manera:

$$\text{Índice de Vulnerabilidad Proyectada} = K + 0.60 \cdot \text{Vulnerabilidad Nivel 1}$$

$$I_{VP} = K + 0.60 \cdot V_1$$

Donde:

K = Constante de incremento de vulnerabilidad proyectada

Valor de la constante K	Intervalo de Vulnerabilidad Nivel 1
0.75	$V_1 < 5.0$
1.50	$5 \leq V_1 < 7.50$
3.00	$7.5 \leq V_1$

Tabla 2.14 Constante de Incremento de Vulnerabilidad Proyectada.

**2.5 PRIORIDAD DE VULNERABILIDAD.**

Se definirá la prioridad de la estructura, a partir de los resultados de la vulnerabilidad de la forma siguiente:

**PRIORIDAD DE VULNERABILIDAD**

$1.0 \leq I_{VE} < 2.50$	Minimamente Vulnerable	No Prioritario
$2.50 \leq I_{VE} < 5.0$	Poco Vulnerable	Prioridad 4
$5.0 \leq I_{VE} < 7.5$	Medianamente Vulnerable	Prioridad 3
$7.5 \leq I_{VE} < 9.0$	Muy Vulnerable	Prioridad 2
$9.0 \leq I_{VE}$	Altamente Vulnerable	Prioridad 1

Tabla 2.15 Prioridad de Vulnerabilidad.

# CAPÍTULO III SISTEMA DE INVENTARIO DE PUENTE

### 3.1 INTRODUCCIÓN

En El Salvador, el Ministerio de Obras Públicas es la institución gubernamental, encargada de planificar la construcción, mantenimiento y reparación de la infraestructura vial. Es por ello, que para facilitar esta labor, se hace necesario disponer de información básica de cada una de estas obras.

En 1994, se creó para este propósito el Sistema de Inventario y Evaluación de Puentes (SIEP), en el cual, se mantiene un registro de las condiciones generales de cada puente en particular, como también la información referente al estado de la estructura, la que es almacenada en el Inventario Básico de Puentes (IBP) y el Inventario Complementario de Puentes (ICP), respectivamente. Dicha información es obtenida utilizando procedimientos de inspecciones de campo, por lo que se utilizan formatos de inspección diseñados para este propósito. El sistema presentaba problemas en su funcionamiento, por lo que fue modificado; los cambios que se realizaron fueron principalmente, en sustituir el software en el que se concibió originalmente (Quattro Pro), a un sistema de base de datos en ambiente Windows (Microsoft Access), sin embargo no se modificó el programa o sistema de priorización.

En el procedimiento de evaluación de la vulnerabilidad de puentes carreteros en El Salvador, es necesario determinar el estado estructural de un puente, por medio de una metodología de inspecciones, en las que se realice una evaluación detallada y minuciosa, elemento por elemento, para lo cual se hace imprescindible, diseñar formatos para la inspección que cumplan con dicho objetivo.

Con la finalidad de proporcionar al Ministerio de Obras Públicas, un procedimiento que le permita evaluar los puentes, de una forma más detallada y precisa, se plantea la incorporación de los resultados obtenidos de las inspecciones de campo, utilizando el Formato de Inspecciones Principales para Puentes Carreteros (FIP ver Anexo A2) al Sistema de Inventario y Evaluación de Puentes; acoplado dicho formato de tal manera que sea funcional, sin alterar el sistema de priorización, con que el SIEP trabaja.

Se presenta los objetivos del estudio, un análisis que incluye, la descripción, y observaciones, del Sistema de Inventario y Evaluación de Puentes (SIEP), así como las justificaciones para crear el Formato de Inspecciones Principales de Puentes Carreteros y su incorporación al sistema(SIEP).

## 3.2 ANÁLISIS DEL SISTEMA DE INVENTARIO Y EVALUACIÓN DE PUENTES

### 3.2.1 DESCRIPCIÓN

Dentro del SIEP, se encuentra el Inventario Básico de Puentes (IBP), el cual busca mantener un archivo básico con datos y características generales del puente, las cuales no sufrirán cambios con el paso del tiempo. En este formato se recolecta información necesaria para crear el código de cada puente, dicho código proporciona información referente al propietario, zona del país, departamento, tipo de red vial, tramo de carretera y estacionamiento donde se encuentra ubicado el puente.

Otra información obtenida con este formato de Inventario Básico de Puentes es la geometría básica del puente, tipo de puente, número de vanos, nombre del río que atraviesa, número de vanos, material constitutivo de los elementos del puente, año de construcción, proyectista e información referente a la existencia o no de estudios del puente.

El IBP es concebido para realizarse una sola vez, como paso previo para la ejecución del Inventario Complementario de Puentes, pero deberá ser actualizado si alguno de los datos y/o características, sufre modificación alguna.

El Sistema de Inventario y Evaluación de Puentes, busca priorizar los puentes de acuerdo a las condiciones en que se encuentran éstos. Para realizar esta priorización, es obtenido un Índice de Prioridad (IP), el cual refleja el estado real del puente. Obtenido este IP es comparado con los IP de otros puentes, se ordenarán éstos de acuerdo a su valor de prioridad.

El SIEP trabaja en distintos niveles de análisis, de tal forma, que las variables de primer nivel son el producto de variables de segundo nivel, y éstas a su vez son producto de variables de tercer nivel, etc. Es decir, cada nivel es el resultado de variables de nivel de ordinal mayor.

El IP es un número de cuatro cifras compuesto por las variables calificadoras obtenidas del Inventario Complementario de Puentes, el cual califica las condiciones reales de cada puente.

Para determinar la condición del puente, se asignan valores de 1 a 4 a diferentes variables que determinan el estado del puente. Estos valores indican lo siguiente.

- 1= Mantenimiento Rutinario: El puente entra en un listado de obras a inspeccionar cada dos años, sus condiciones son óptimas.
- 2= Mantenimiento Preventivo: El puente queda en un listado de obras que requieren inspección semestral, este empieza a deteriorarse y es conveniente la prevención.

- 3= Reparación: Se debe encarar estudios tendientes a ejecutar el proyecto de reparación, reconstrucción o reemplazo.
- 4= Emergencia: El puente entra en un estado de reconstrucción o reparación urgente.

Como se indicó, las variables se obtienen del Inventario Complementario de Puentes, el cual refleja las condiciones reales del puente, mediante calificaciones a elementos de este. El ICP es además fuente de la base de datos de los puentes inventariados.

Para realizar el proceso de calificación, se hace dentro de las categorías 1 a 4 según se estime conveniente, en base a los criterios mencionados y según se indique en el formato del ICP. Luego se traslada la mayor calificación dada del grupo a las variables de nivel inferior hasta alcanzar el tercer nivel.

Se capturan las calificaciones dadas a las variables en el tercer nivel, de éstas se escoge el mayor valor para cada uno de los cuatro grupos existentes, se transmite la información obteniéndose de esta forma un número de cuatro cifras que se encuentra desordenado; se ordenan los 4 dígitos en forma descendente, quedando configurado el valor IP para cada puente.

La priorización se efectúa de forma sistemática por medio una base de datos en un programa en Microsoft Access, en el cual se introducen las calificaciones de las variables del tercer nivel, que proceden del ICP, en donde el programa prioriza los puentes, utilizando el procedimiento antes mencionado.

### 3.2.2 OBSERVACIONES

Al estudiar el SIEP en lo referente a las inspecciones, manual de usuario, y formatos de inspección se encontró lo siguiente:

- Uno de los objetivos del SIEP, es la priorización de los puentes, por medio de la información proveniente del campo, recolectada a través de las inspecciones. Utiliza un escala de calificación para la condición de los elementos del puente, que va de 1 a 4, con la cual se evalúan todos los elementos, en base a criterios cualitativos y cuantitativos ya definidos.
- El SIEP no contiene evaluaciones detalladas de cada uno de los elementos componentes del puente; evalúa los problemas de manera general y no profundiza en problemas propios que pueda presentar cada elemento debido a sus características y/o particularidad.

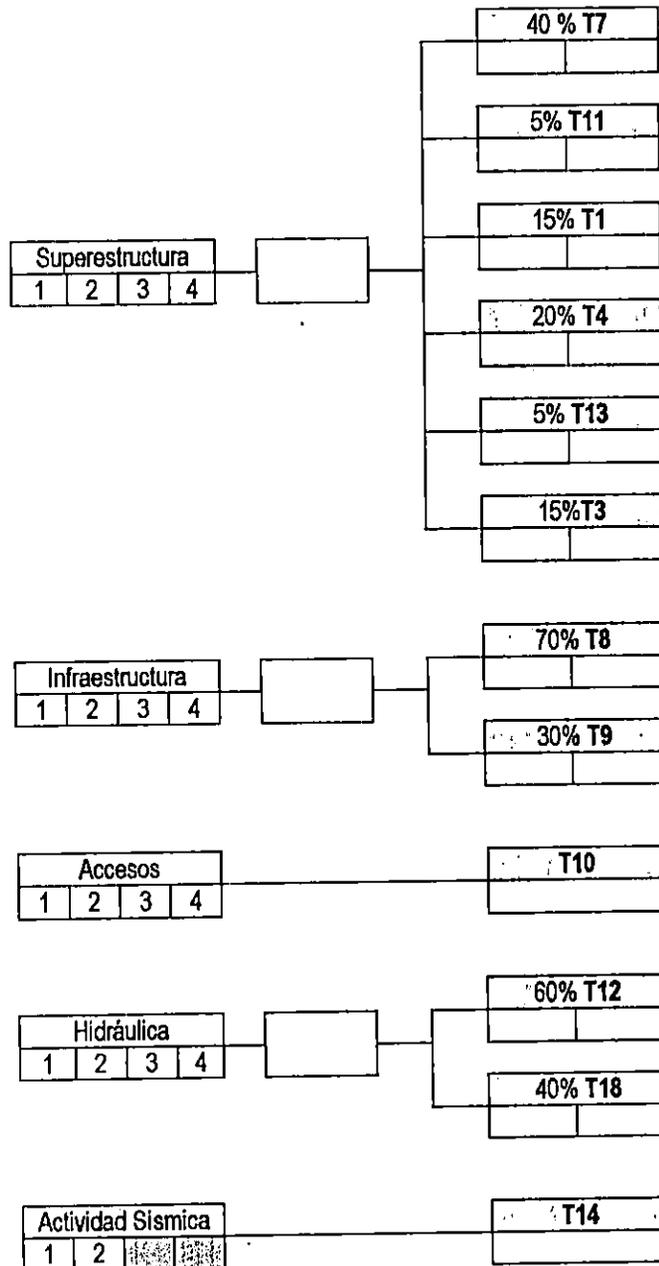
- No especifica cual o cuales elementos del puente, presentan uno o varios daños. Por ejemplo: en un puente, que posee varias vigas longitudinales y varios tramos, no puede determinarse cual o cuales vigas y en que tramo, se ubican los daños señalados; por lo que se hace difícil y casi imposible determinar, con claridad, el elemento que requiera reparación urgente.
- En el formato del Inventario Complementario de Puentes, existen problemas funcionales, los cuales consisten en que, al evaluar variables del quinto nivel, se utiliza una escala mayor que la que se utiliza al evaluar variables del cuarto nivel, el problema surge, al intentar trasladar el mayor valor de condición del nivel inferior, al nivel inmediato superior y este no acepta dicha condición.
- En los formatos de Inventario Básico y Complementario, no existe la forma de saber si existe información, acerca de la existencia de planos, memoria de cálculo y fotografías del puente, información esencial para realizar estudios e investigaciones de ellos. Las fotografías se solicitan en el manual de usuario del IBP, sin embargo en el formato no se especifica si se toman estas fotografías. Esta información, sería un complemento a los estudios disponibles encontrados en el formato del IBP: Hidráulicos, tránsito, estructurales y geotécnicos; que en conjunto con cada inspección realizada, formarían un archivo completo de información accesible del puente almacenada en una base de datos sistematizado.
- En la creación del código del puente en el IBP, no se toma en cuenta el Municipio en el que se localiza el puente, dato necesario para que su ubicación sea precisa.
- La forma como se representa el departamento de ubicación en dicho código, no es comprensible, para una persona que requiera hacer uso de esta información, sin tener el manual de usuario disponible.

### 3.3 ENLACE FIP – SIEP

Para que la información obtenida en el FIP sea utilizada adecuadamente, sin modificar el funcionamiento del SIEP, se hace necesario e indispensable, establecer un enlace entre el FIP y el formato de Inventario Complementario de Puentes, dirigido a unificar la alimentación de la base de datos. Para ello se crea el Formato de Enlace FIP-SIEP.

En este formato se rescatan las condiciones resultantes de la tabla de cada elemento en particular, el cual se ubica en la casilla correspondiente; dicha condición es afectada por la importancia en que este representada, por un factor. Luego, se procede a la sumatoria de los resultados anteriores que

corresponden al mismo nivel para cada elemento. Trasladando este valor al siguiente nivel, cuando la condición resultante, sea fraccionario, se realizará una aproximación; también, toda condición menor que 1, se aproximara a éste. Este valor de condición resultante, es trasladada a la variable de tercer nivel, que es representada por la casilla elemento.



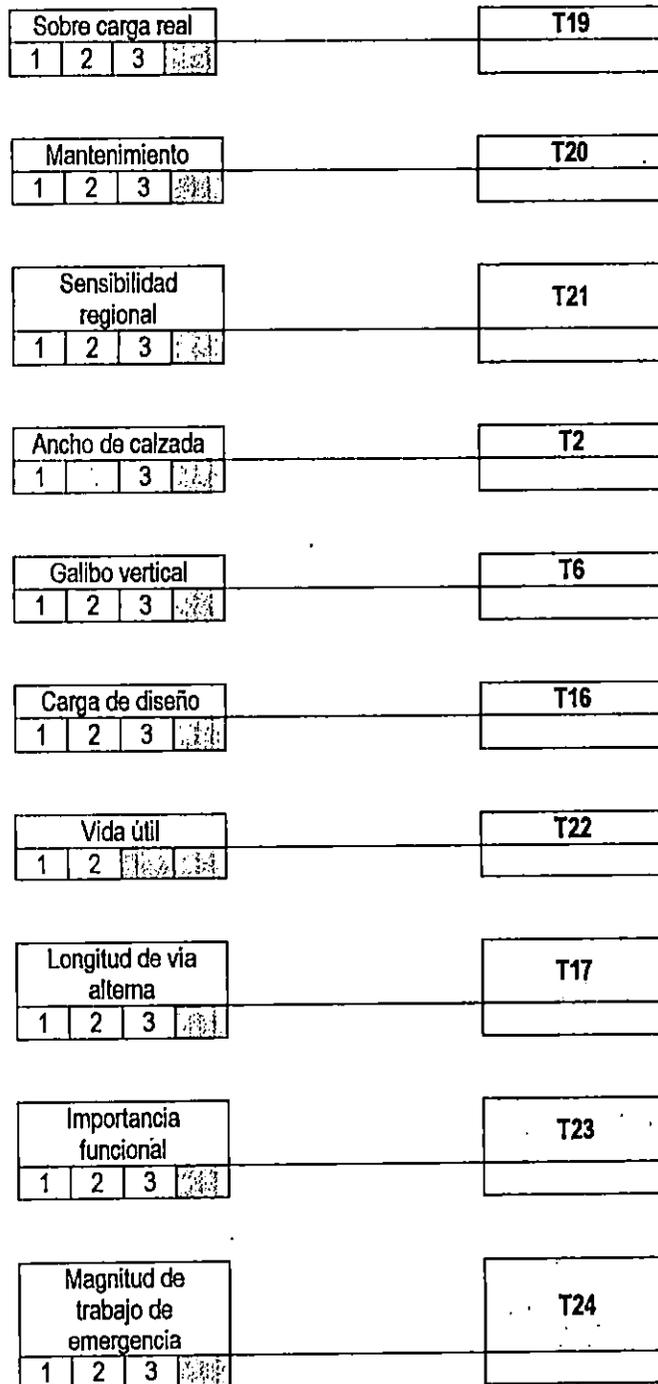


Fig. 3.1 Enlace FIP-SIEP

Forma de obtener la condición de la variable de tercer nivel:

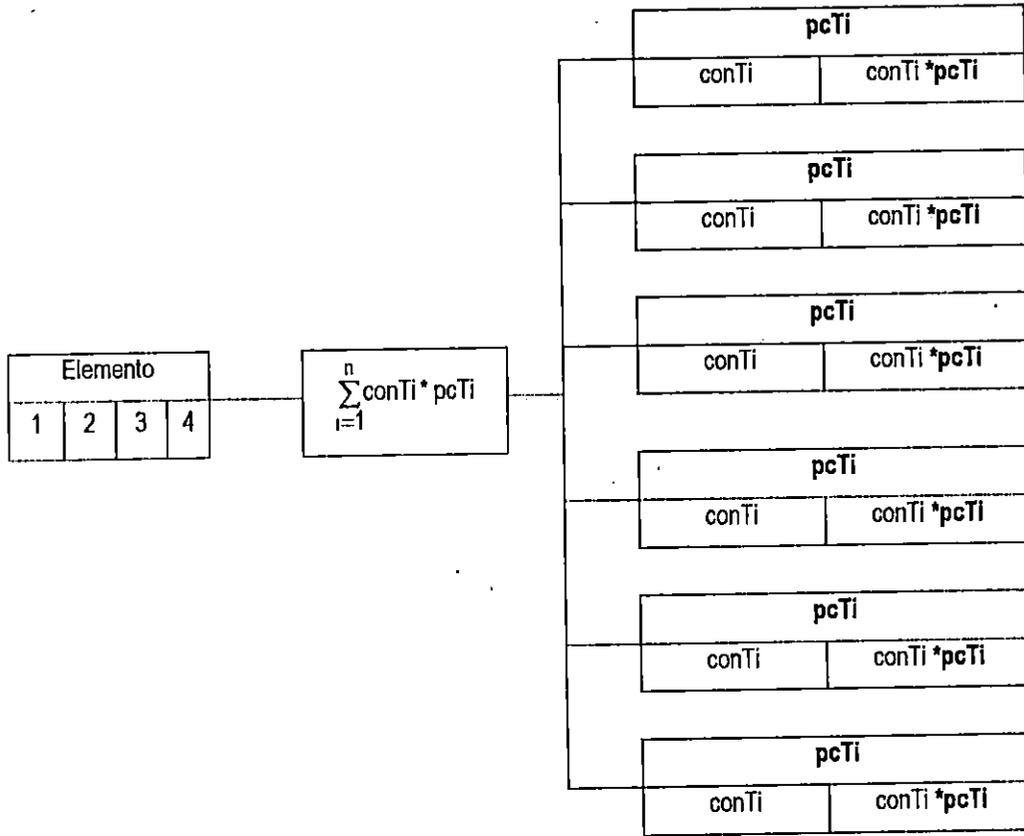


Fig. 3.2 Diagrama esquemático del Enlace

Donde:

conTi = condición de cada una de las tablas, que contribuyen a determinar la condición de cada elemento.

n = número de tablas, que contribuyen a determinar la condición de cada elemento.

PcTi = porcentaje o factor de importancia con el que la tabla. contribuye a determinar la condición de cada elemento.

Cuando sólo una tabla contribuye a determinar la condición de un elemento, su condición únicamente se aproxima y se traslada a la variable de tercer nivel.



### 3.4 REQUERIMIENTOS MÍNIMOS PARA EL PROCESO DE INSPECCIÓN DE CAMPO

1. Un estudio completo sobre la información histórica disponible, incluyendo el proyecto y/o planos de la estructura, modificaciones de campo al proyecto y al diseño, información de cimentación, registros de inspecciones previas y toda la información disponible relativa a la estructura.
2. Información de reparaciones efectuadas y trabajos de reconstrucción ejecutados en la estructura.
3. Un procedimiento bien establecido para efectuar la inspección de la estructura (coordinación, recursos disponibles, equipo, personal, etc.).
4. Un sistema para los registros de inspección.
  - a) Formato Básico.
  - b) Formato Complementario.
5. Una breve descripción de:
  - a) Condiciones cualitativas de la estructura en general.
  - b) Resumen cuantitativo de los daños que posean los elementos del puente (I4).

### 3.5 OBJETIVOS DE LOS FORMATOS

1. Proveer la información básica que permita tomar decisiones inmediatas sobre las acciones necesarias para limitar el uso o el cierre de la estructura al tránsito vehicular cuando la inspección así lo indique.
2. Determinar el tamaño del deterioro o daño estructural, grande, menor o resultado de la degradación por cualquier otra causa.
3. Desarrollar una hoja de vida cronológica de las condiciones del puente, tanto a nivel global como a nivel de elementos, esto provee las bases para analizar el significado de los cambios en la estructura.
4. Propiciar programas mas eficaces de mantenimiento y conservación de la estructura a través del conocimiento oportuno de sus defectos y deficiencias (minimizar el costo de reparación).
5. Decidir sobre los programas de reemplazo de las estructuras de puentes o de sus elementos

# **CAPÍTULO IV**

## **DAÑOS ENCONTRADOS EN PUENTES**

### **DE LA CARRETERA CA-02**

## 4.1 INTRODUCCIÓN

El presente documento resume las características generales de los puentes ubicados en la carretera de El Litoral (CA-02) y también presenta los problemas más comunes de los puentes en la Zona Oriental.

En la Carretera El Litoral existen aproximadamente 146 estructuras, de las cuales un 26% son puentes del tipo de Viga de concreto (Vicon), 3% son de tipo Presforzado (Vipres), 1% Cercha, 21% Mixto, 35% Losa, 1% del tipo Viga-cajón, 5% Caja, y un 8% Bóvedas.

Se realizó una inspección principal en los puentes de la zona oriental del país, utilizando para este propósito, el Formato de Inspecciones Principales (FIPPC) y el Formato Complementario que utiliza el Sistema de Inventario y Evaluación de Puentes (SIEP) propiedad del Ministerio de Obras Públicas (MOP).

Al final del capítulo, se muestra el manual del usuario del segundo programa creado en el presente trabajo de graduación, está creado en Microsoft Access y se llama Vulnerabilidad e Inventario de Puentes (VIP-02). Se describen brevemente su estructura modular y se presentan algunas de las ventanas que facilitan la navegación por el programa.

## 4.2 PROBLEMAS MÁS COMUNES.

### 4.2.1 Superestructura

- Elementos de Acero
- El deterioro y el desgaste son los cambios de estado previsible, que reducen la resistencia de los elementos que soportan el tablero (vigas longitudinales y diafragmas), siendo los ejemplos más representativos el deterioro superficial de la capa de pintura, en la mayoría de los puentes inspeccionados.

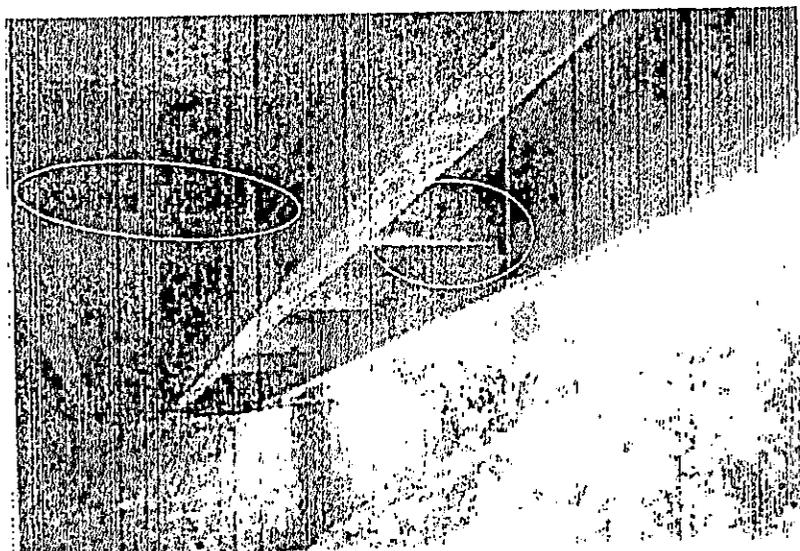


Fig. 4.1 CA-02 Puente San Diego en Usulután. Corrosión en Diafragmas.

- Los aparatos de apoyos presentaron deterioros en puntos aislados de la película de pintura (causados posiblemente por la acumulación de agua lluvia que se observó al ser inspeccionados, por el envejecimiento, acumulación de suciedad, y la falta de mantenimiento), aparición de corrosión en puntos aislados especialmente en los pernos.

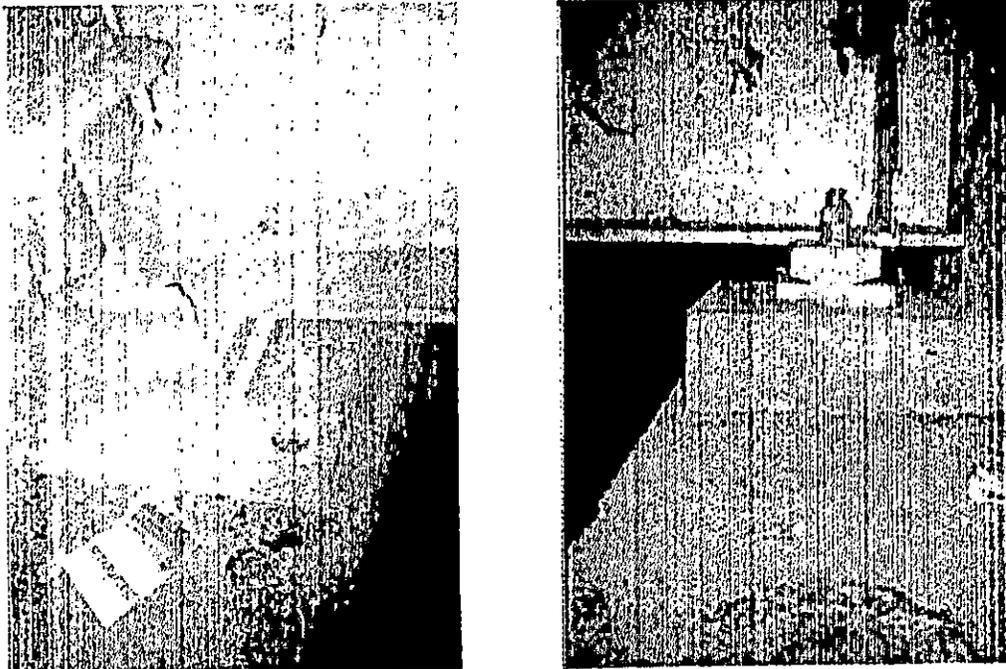


Fig. 4.2 CA-02 Puente Santa María en Usulután. Presencia de humedad en aparatos de Apoyo

- El pandeo local y global fue un problema poco representativo, pero se pudo observar claramente en el puente Batres y el Ereguayquin, ambos del departamento de Usulután. Este tipo de daño no puede ser tratado por un mantenimiento y reparaciones rutinarias, debido a su nivel de deterioro como al equipo necesario para realizar las actividades de reparación de estos elementos.

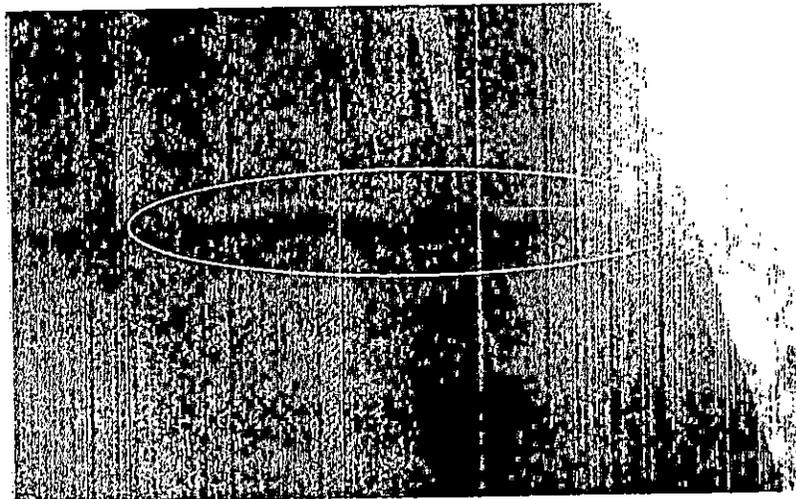


Fig. 4.3 CA-02 Puente Ereguayquin en Usulután. Pandeo Local en Diafragmas  
Elementos de concreto

- Tablero, vigas de concreto armado y pretensado.
- Los tableros de los puentes que se encuentran en Usulután y La Unión presentan problemas de degradación en mas del 10% de su superficie, pérdida de material y en algunos casos se observaron las armaduras de éstos; unos de los problemas más comunes en los tableros es la eflorescencia y filtraciones de agua en los puentes de tipo losa, dándose un mayor porcentaje en las obras que se encuentran en el departamento de La Unión, ubicadas por debajo de material de relleno a unos 3 o 5 metros.

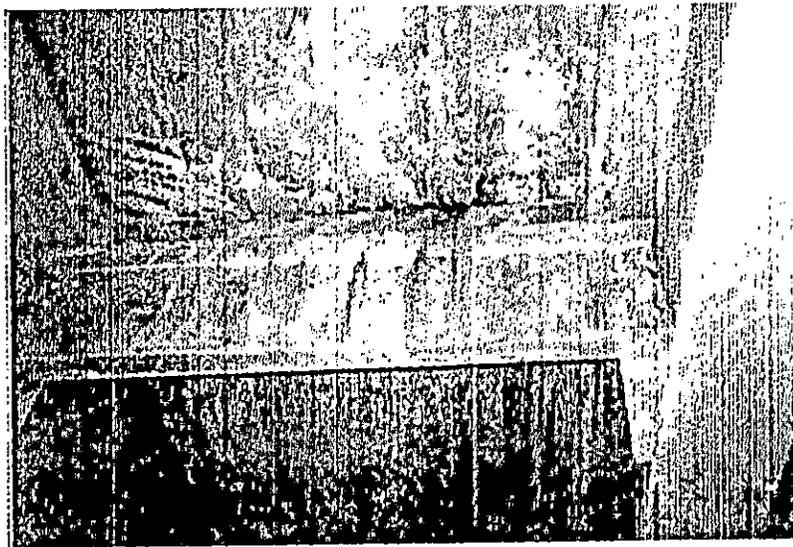


Fig. 4.4 CA-02 Puente Marañón en Usulután. Presencia de humedad en Tablero

- Las degradaciones que se manifiestan en los elementos de concreto podemos clasificarlas en dos categorías, las detectables visualmente y las no detectables. Dentro de las segundas, se puede mencionar la corrosión de las armaduras, que aunque no se puede observar directamente, encontrándose un caso particular al inspeccionar el puente Santa María, que no presentaba perdida de material en el tablero, pero se observaron líneas de moho en una sección del tablero, que indicaban posiblemente la ubicación de la armadura.

- El tipo de degradación detectable visualmente mas comunes fueron fisuraciones, pérdida de material con acero expuesto, eflorescencia, filtraciones de agua.

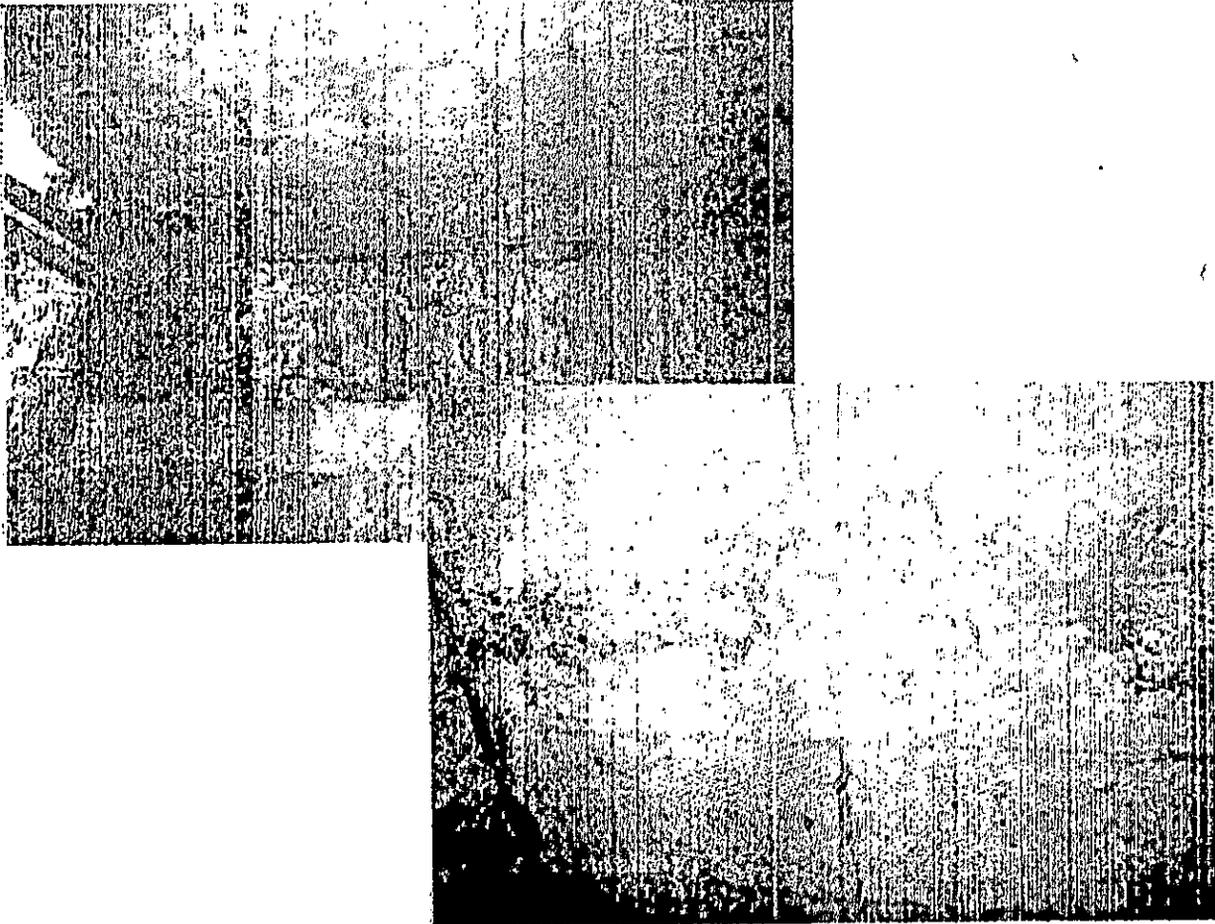


Fig. 4.5 CA-02 Puente Santa María en Usulután. Filtración de Agua en Tablero

#### 4.2.2 Subestructura.

- Un alto porcentaje de los puentes en la Carretera El Litoral, presenta una deficiencia de obras de protección y sistemas de drenajes, en los márgenes de la subestructura, siendo más vulnerables al estar amenazado por deslizamientos y erosiones provocadas por la lluvia. En algunos casos se pudo observar pérdida de elementos de mampostería, producto de la socavación y la explotación de material por parte de personas aledañas al lugar.

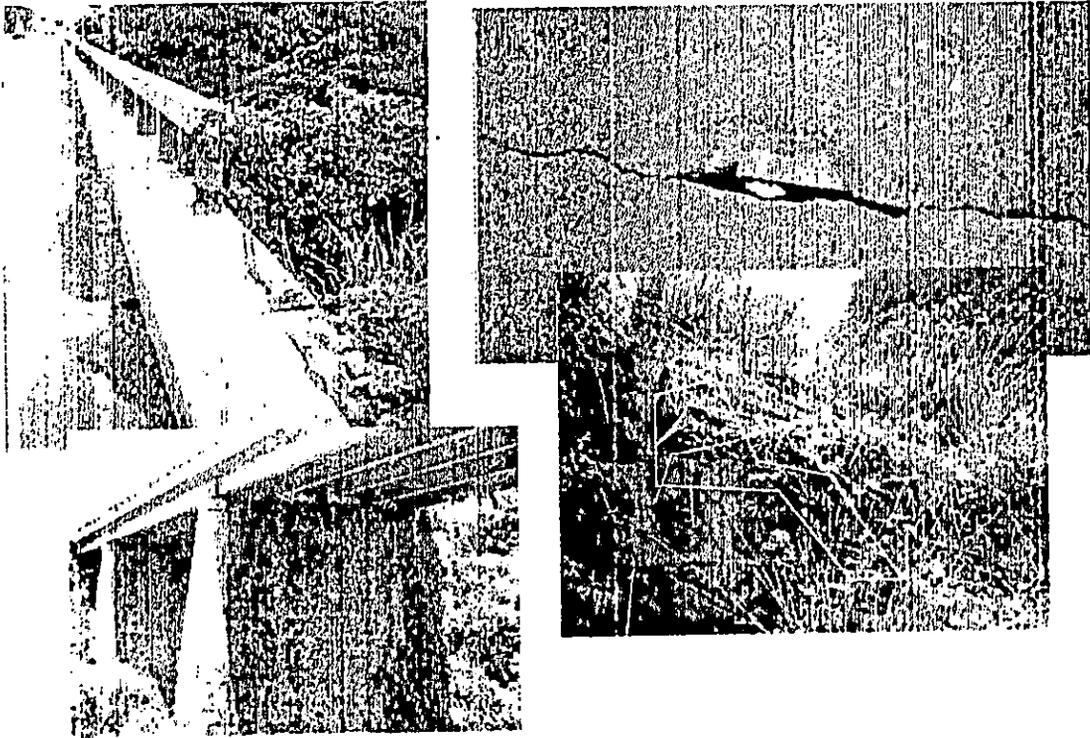


Fig. 4.6 Pérdida de Material en elementos de Puentes

### 4.3 Datos Generales de los Puentes de la Carretera El Litoral (CA - 02)

Depto.	Tipo de puente								Total
	Vicon	Vipres	Bóveda	Caja	Cercha	Mixto	Losa	Vicajon	
Ahuachapán	10	0	0	0	1	0	0	0	11
Sonsonate	9	0	2	0	0	3	2	0	16
La Libertad	8	4	3	5	0	3	19	0	42
San Vicente	6	0	2	0	0	5	7	0	20
La Paz	0	1	0	3	0	2	1	0	7
Usulután	4	0	2	0	0	8	10	1	25
San Miguel	1	0	2	0	0	6	2	0	11
La Unión	0	0	1	0	0	3	10	0	14
<b>Total</b>	<b>38</b>	<b>5</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>30</b>	<b>51</b>	<b>1</b>	<b>146</b>

Tabla 4.1. Número de puentes por departamento, según sistema estructural.

Depto.	Claros					Total
	1	2	3	4	5	
Ahuachapán	6	5	0	0	0	11
Sonsonate	5	5	6	0	0	16
La Libertad	20	10	9	1	2	42
San Vicente	15	4	1	0	0	20
La Paz	2	4	1	0	0	7
Usulután	18	3	2	0	2	25
San Miguel	11	0	0	0	0	11
La Unión	11	2	1	0	0	14
<b>Total</b>	<b>88</b>	<b>33</b>	<b>20</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>146</b>

Tabla 4.2. Número de puentes por departamento, según número de claros.

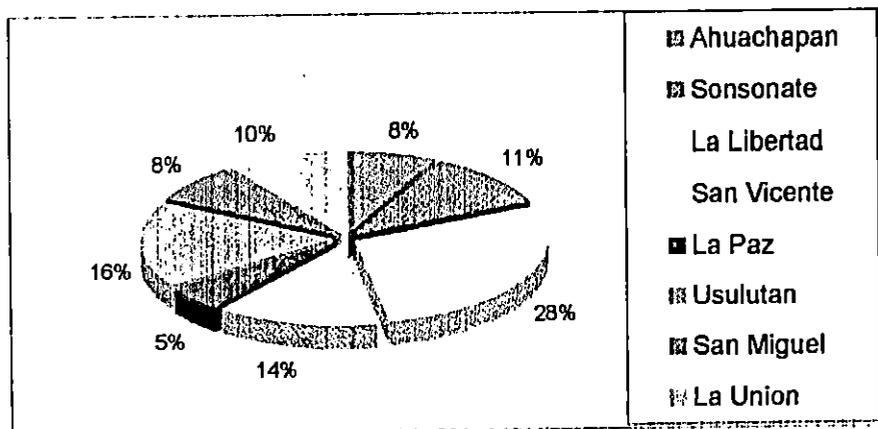


Fig. 4.7 Distribución de Puentes por Departamento en la Carretera CA-02

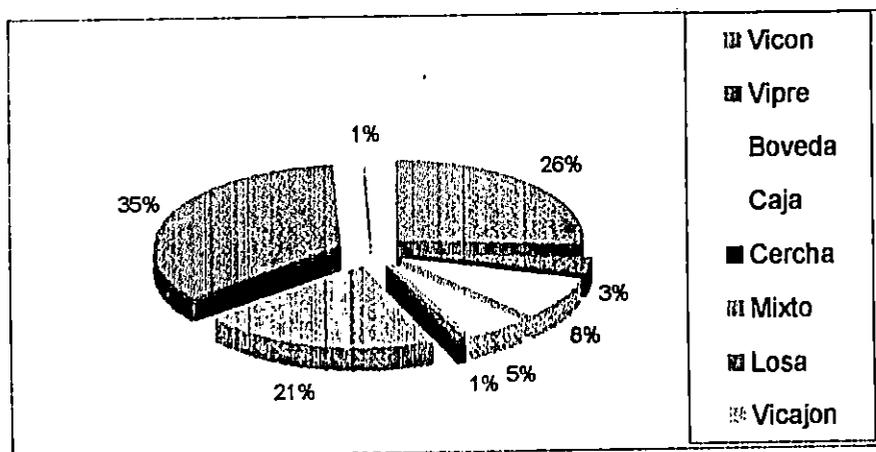


Fig. 4.8 Distribución de Puentes según tipo de Sistema Estructural en la Carretera CA-02

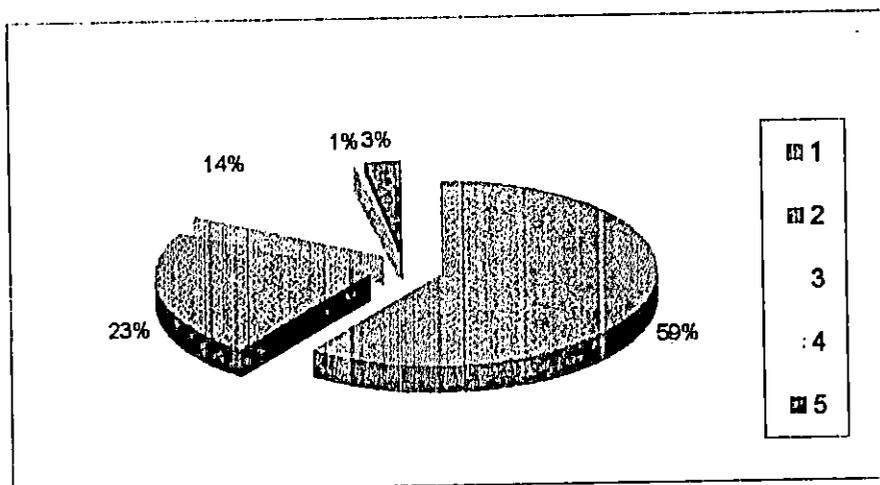


Fig. 4.9 Distribución de Puentes según número de claros en la Carretera CA-02

## 4.4 Resumen de daños encontrados en los Puentes del Departamento de San Vicente

### Juntas de expansión

Tipo	Despegues y fallos en el sistema	Defectos en el funcionamiento	Irregularidades en su alzado
Elastomérico	2	0	2
Asfalto	15	0	15
Deslizante	0	0	0

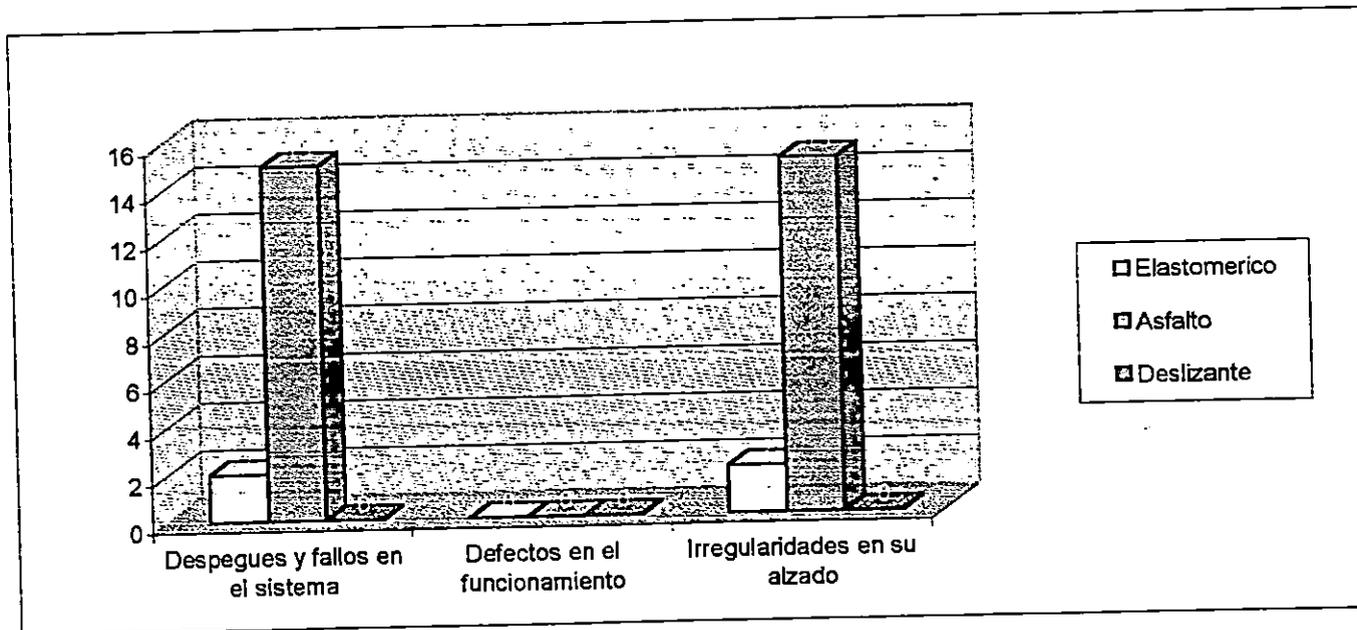


Fig. 4.10 Daños encontrados en juntas de expansión. Departamento de San Vicente

**Aparatos de apoyos**

Tipo	Desplazamientos o Separaciones	Corrosión	Suciedad
Acero	1	1	0
Deslizantes	5	5	5

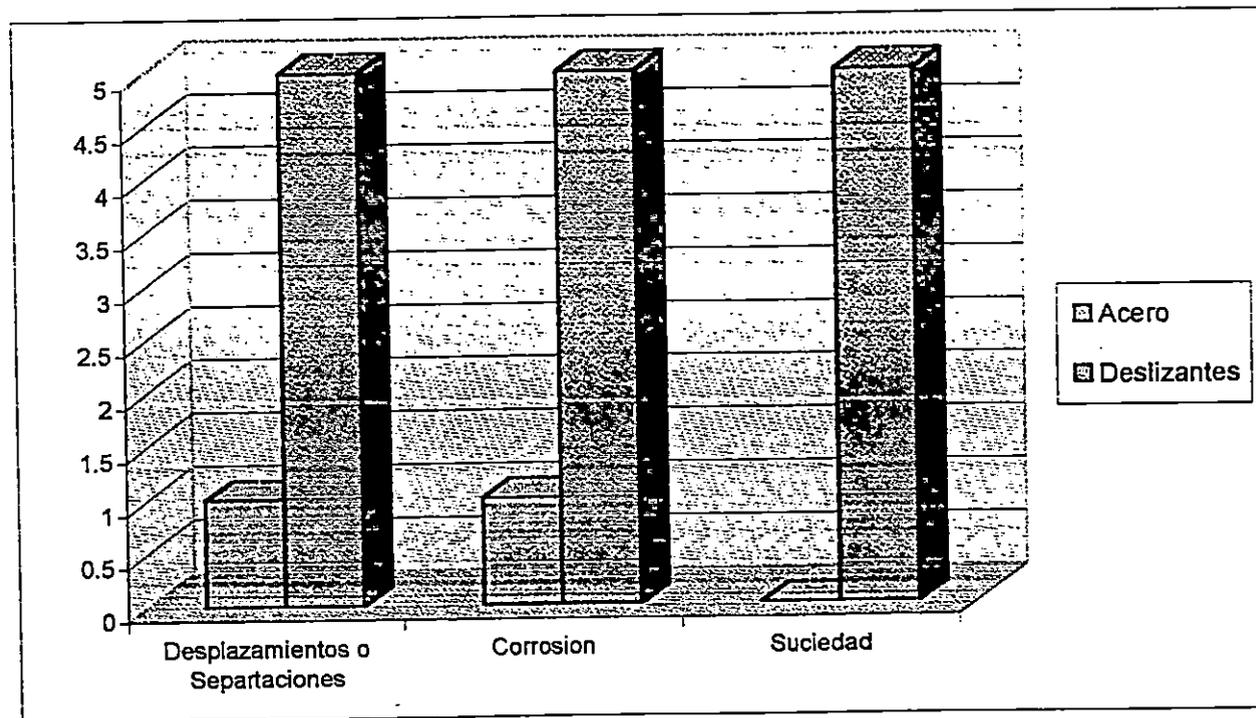


Fig. 4.11 Daños encontrados en Aparatos de Apoyo. Departamento de San Vicente

**SUPERESTRUCTURA**

Tipo	Tablero, Longitudinal, Diafragma				
	Corrosión	Pandeo Local	Fisuras	Eflorescencia	Deflexiones
Acero	2	0	0	0	0
Concreto	2	0	5	20	0

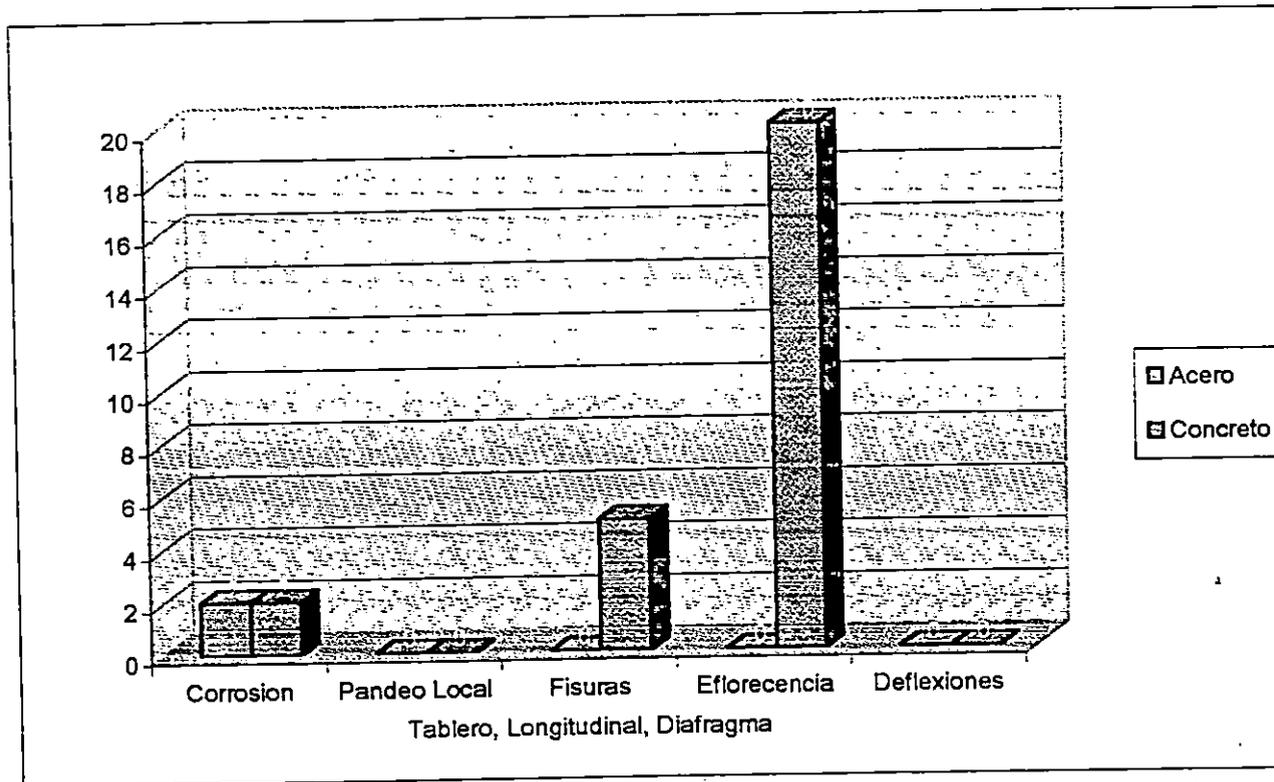


Fig. 4.12 Daños encontrados en Superestructura. Departamento de San Vicente

**SUBESTRUCTURA**

Tipo	Capitel, Fuste, Pedestal, Muros			
	Fisuras	Perdidas	Corrosión	Humedad
Concreto	3	1	0	20
Mampostería	0	0	0	20

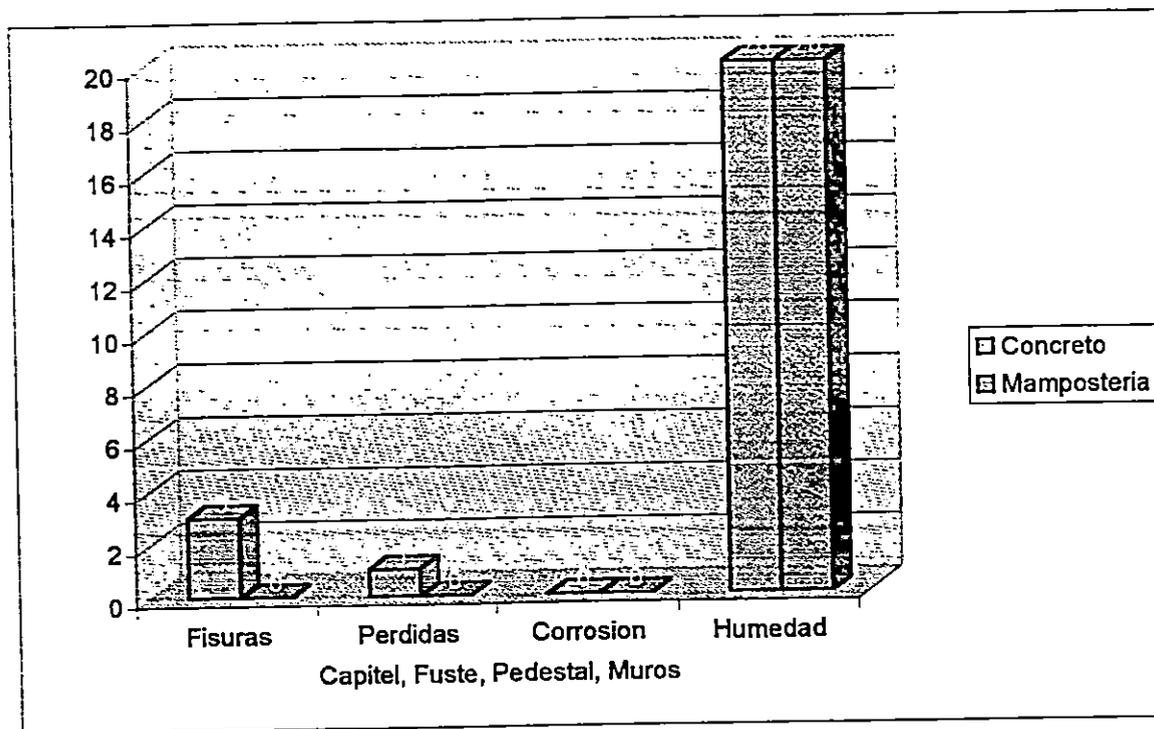


Fig. 4.13 Daños encontrados en Subestructura. Departamento de San Vicente

**ACERAS Y BARANDAS**

Tipo	Aceras	Barandas
Concreto	9	10
Mampostería	0	0
Metálica	0	0
Mixtas	0	8

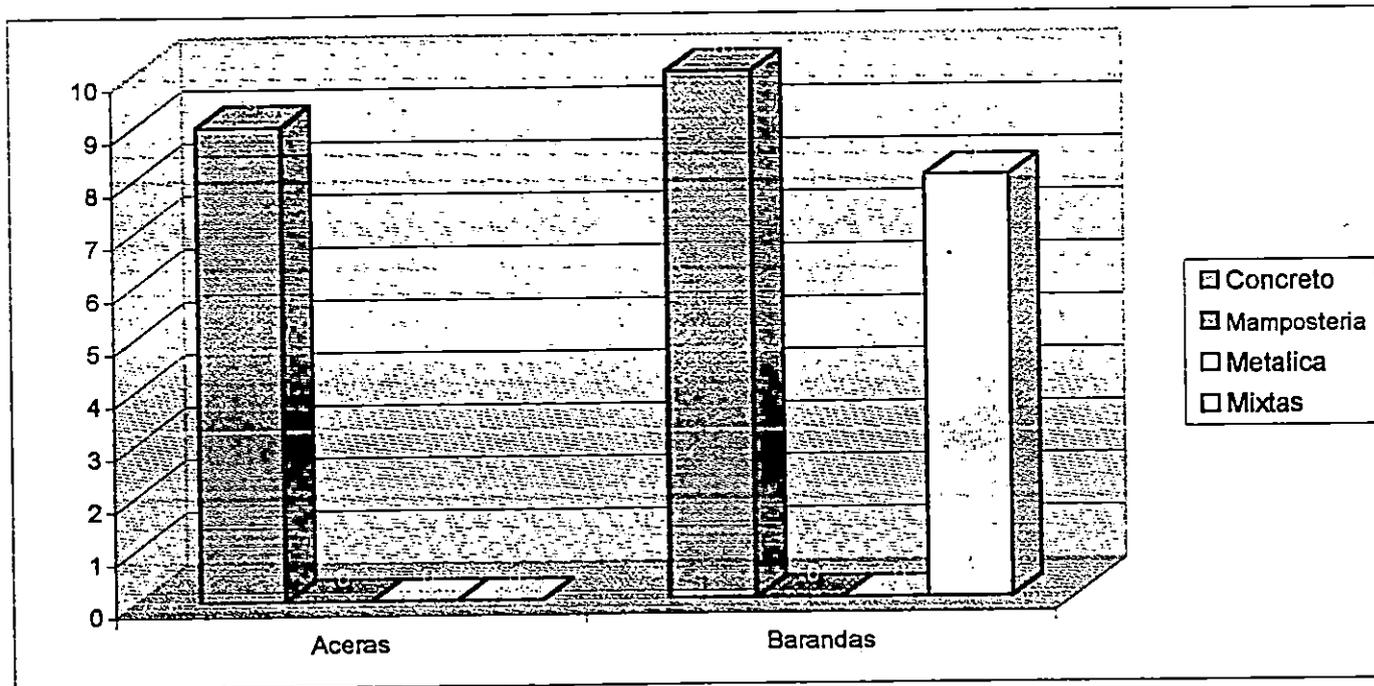


Fig. 4.14 Tipos de Aceras y Barandas en Puentes del Departamento de San Vicente

HIDRÁULICO

Tipo	Drenajes	Protecciones
SI	5	3
NO	15	17

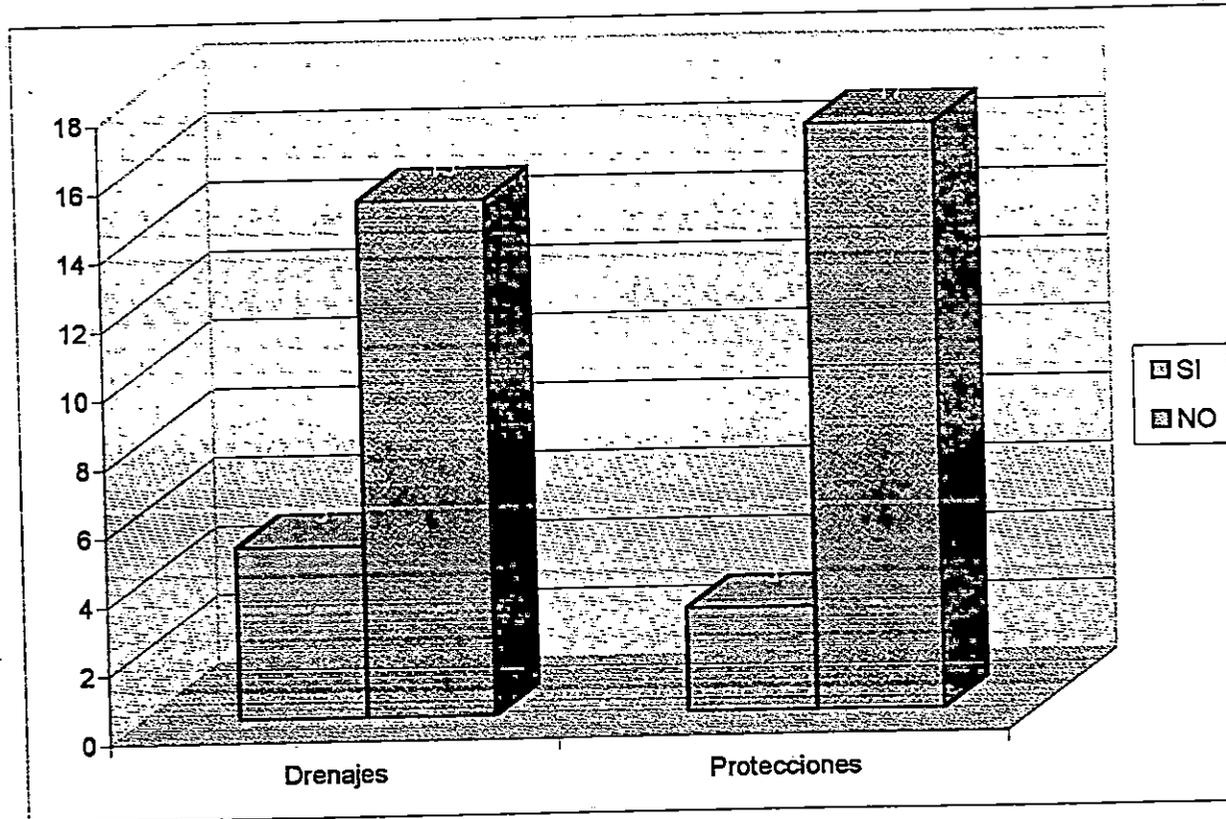


Fig. 4.15 Presencia de Drenajes y Protecciones en Puentes del Departamento de San Vicente

### 4.5 Resumen de daños encontrados en los Puentes del Departamento de Usulután.

#### JUNTAS DE EXPANSIÓN

Tipo	Despegues y fallos en el sistema	Defectos en el funcionamiento	Irregularidades en su alzado
Elastomerico	2	2	2
Asfalto	13	13	13
Libre	1	7	0

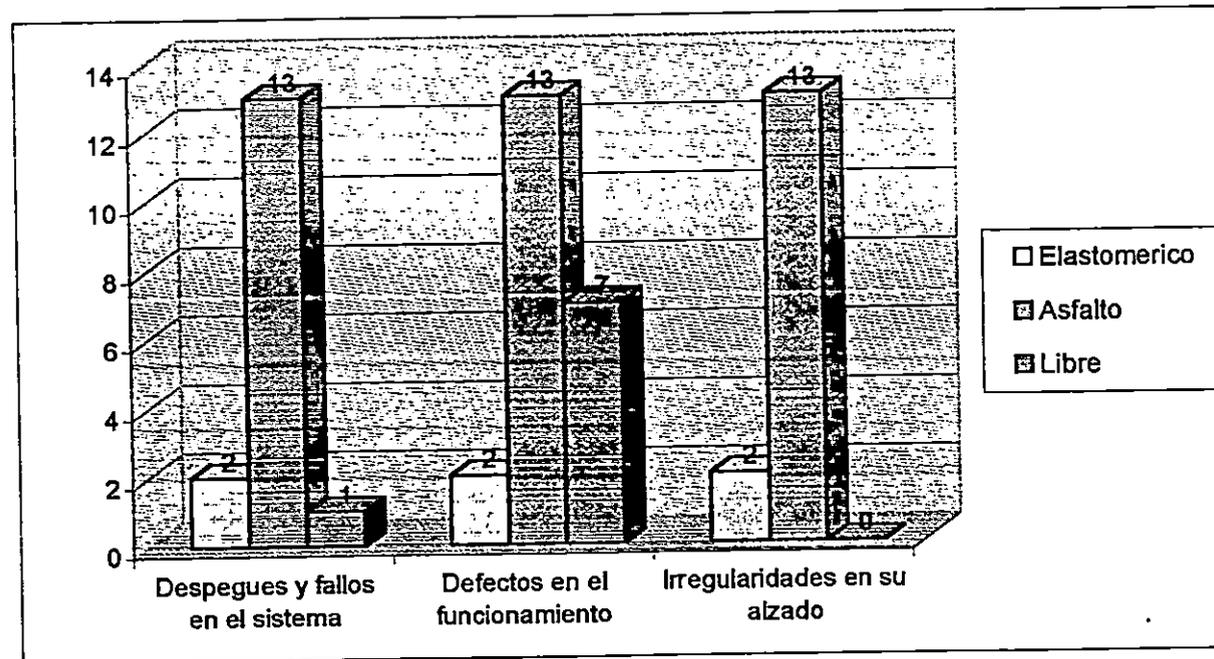


Fig. 4.16 Daños encontrados en juntas de expansión. Departamento de Usulután

APARATOS DE APOYOS

Tipo	Desplazamientos o Separaciones	Corrosión	Suciedad
Elastomerico	4	0	0
Acero	8	8	8
Deslizantes	1	1	1

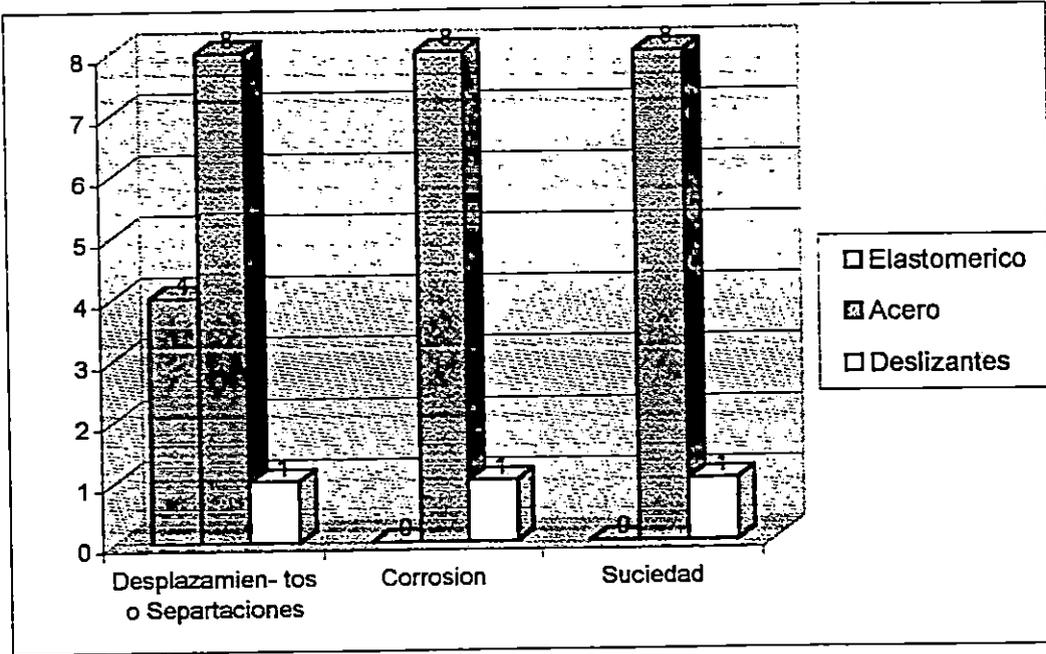


Fig. 4.17 Daños encontrados en Aparatos de Apoyo. Departamento de Usulután

**SUPERESTRUCTURA**

Tipo	Tablero, Longitudinal, Diafragma				
	Corrosión	Pandeo Local	Fisuras	Eflorescencia	Deflexiones
Acero	8	1	1	0	0
Concreto	6	0	10	24	0

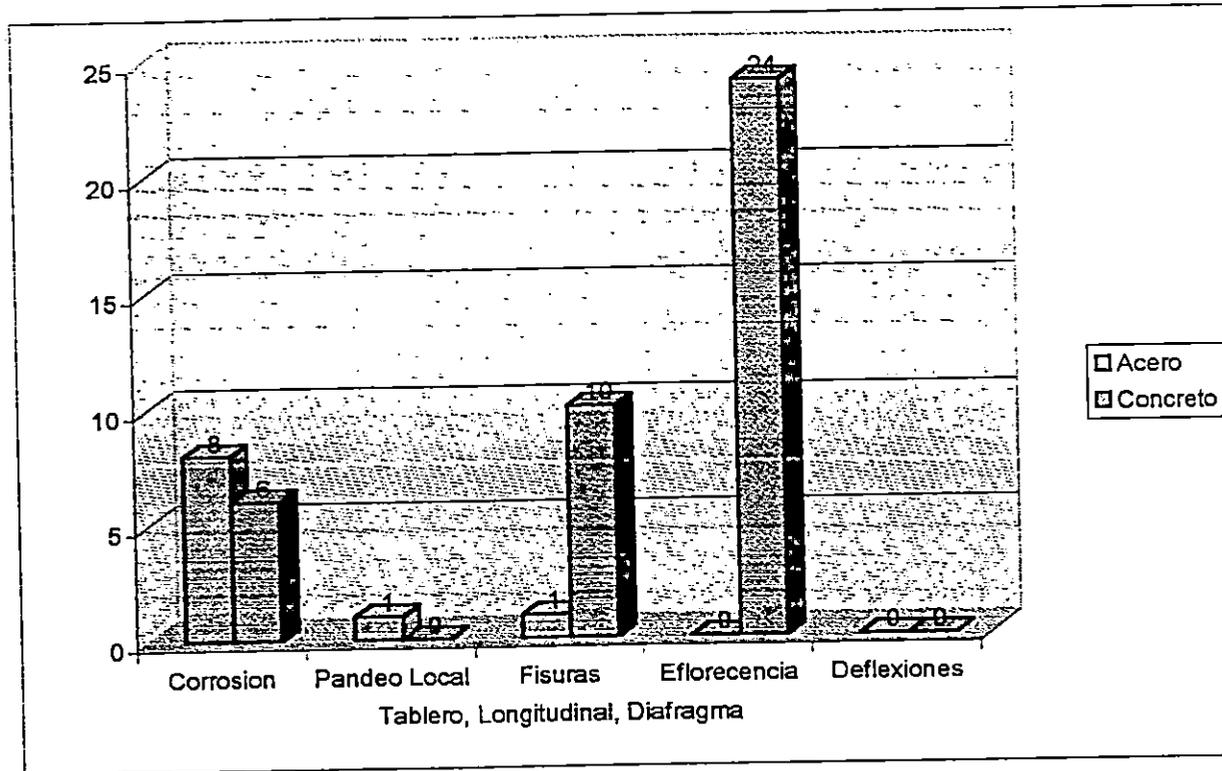


Fig. 4.18 Daños encontrados en Superestructura. Departamento de Usulután

**SUBESTRUCTURA**

Tipo	Capitel, Fuste, Pedestal, Muros			
	Fisuras	Perdidas	Corrosión	Humedad
Concreto	5	5	5	1
Mampostería	5	3	0	24

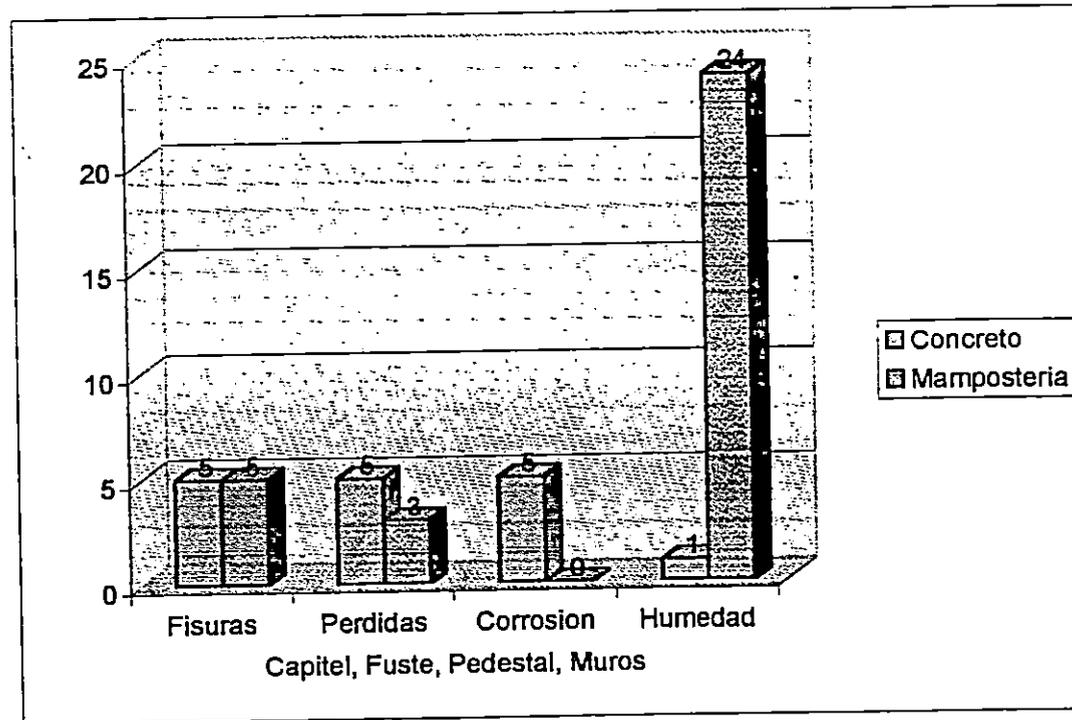


Fig. 4.19 Daños encontrados en Subestructura. Departamento de Usulután

**ACERAS Y BARANDAS**

Tipo	Aceras	Barandas	
		Interior	Exterior
Concreto	20	1	15
Mampostería	0	0	2
Metálica	0	0	1
Mixtas	0	0	3
Otros	1	0	4

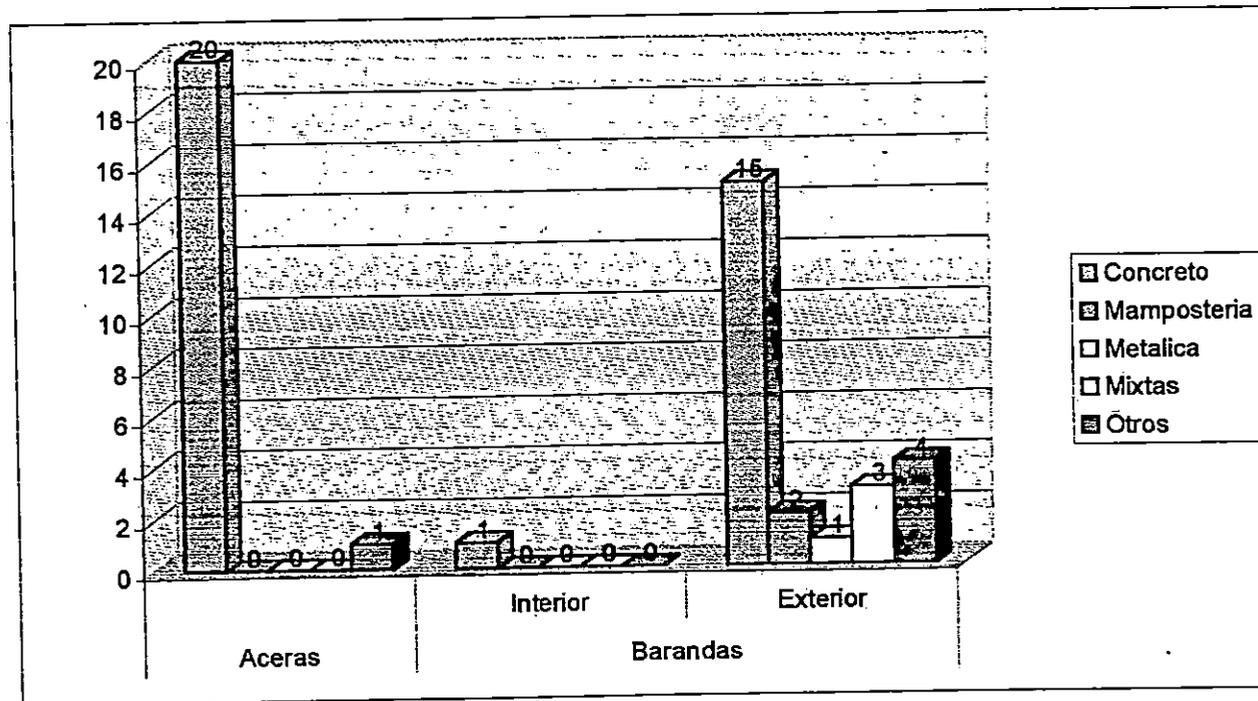


Fig. 4.20 Tipos de Aceras y Barandas en Puentes del Departamento de Usulután

HIDRÁULICO

Tipo	Drenajes	Protecciones
SI	2	10
NO	23	15

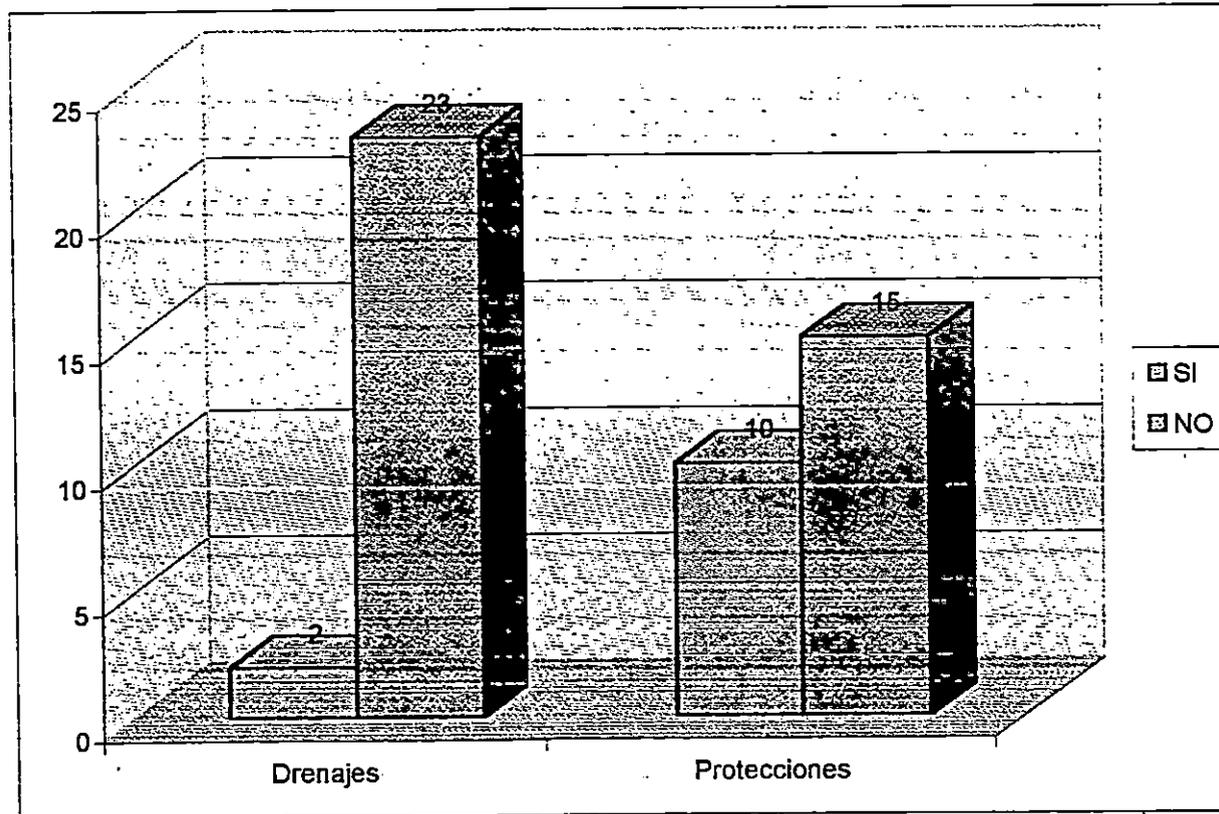


Fig. 4.21 Presencia de Drenajes y Protecciones en Puentes del Departamento de Usulután

### 4.6 Resumen de daños encontrados en los Puentes del Departamento de San Miguel.

#### JUNTAS DE EXPANSIÓN

Tipo	Despegues y fallos en el sistema	Defectos en el funcionamiento	Irregularidades en su alzado
Elastomerico	1	0	1
Asfalto	8	8	8
Deslizante	0	0	0

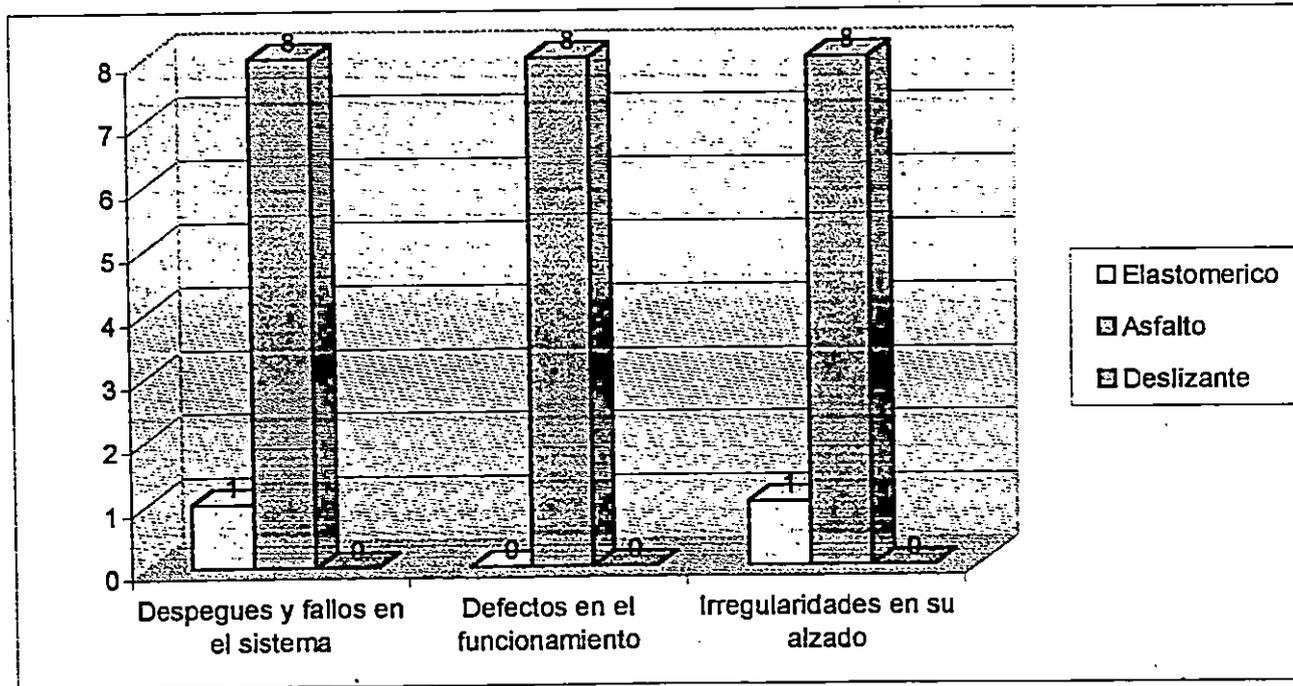


Fig. 4.22 Daños encontrados en juntas de expansión. Departamento de San Miguel

**APARATOS DE APOYOS**

Tipo	Desplazamientos o Separaciones	Corrosión	Suciedad
Acero	5	5	5
Deslizantes	1	1	1

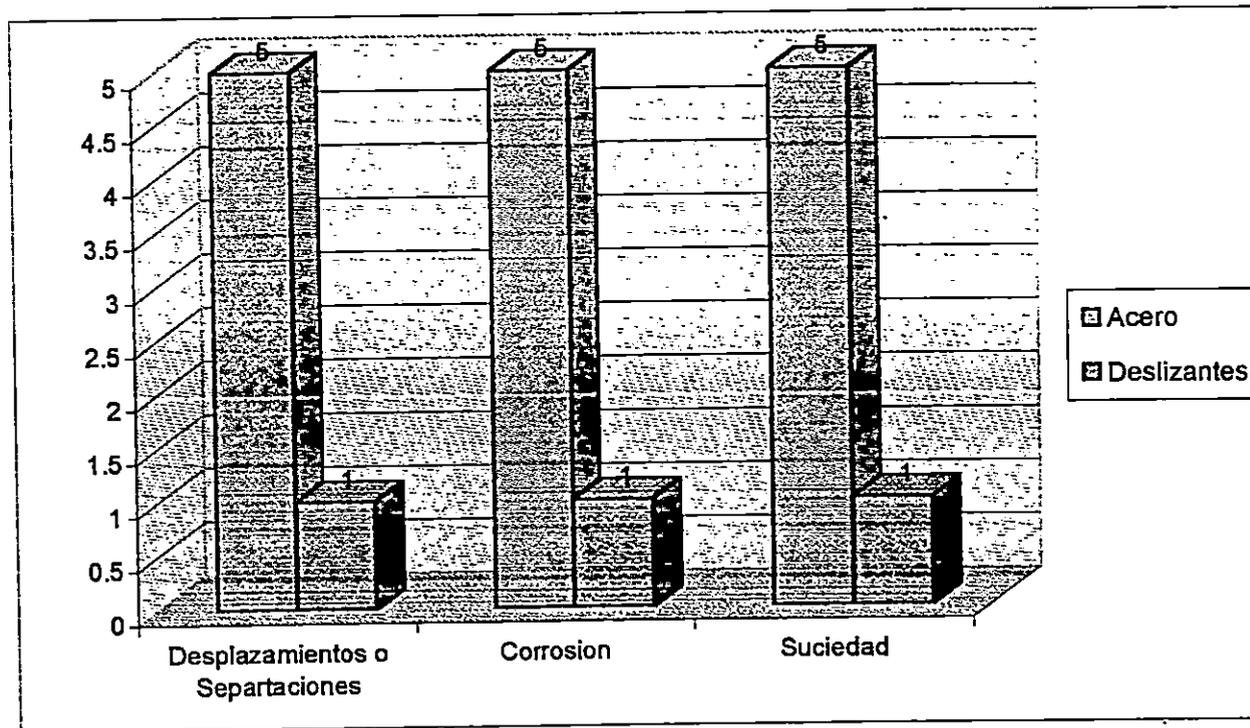


Fig. 4.23 Daños encontrados en Aparatos de Apoyo. Departamento de San Miguel

**SUPERESTRUCTURA**

Tipo	Tablero, Longitudinal, Diafragma				
	Corrosión	Pandeo Local	Fisuras	Eflorescencia	Deflexiones
Acero	3	0	0	0	0
Concreto	4	0	7	11	0

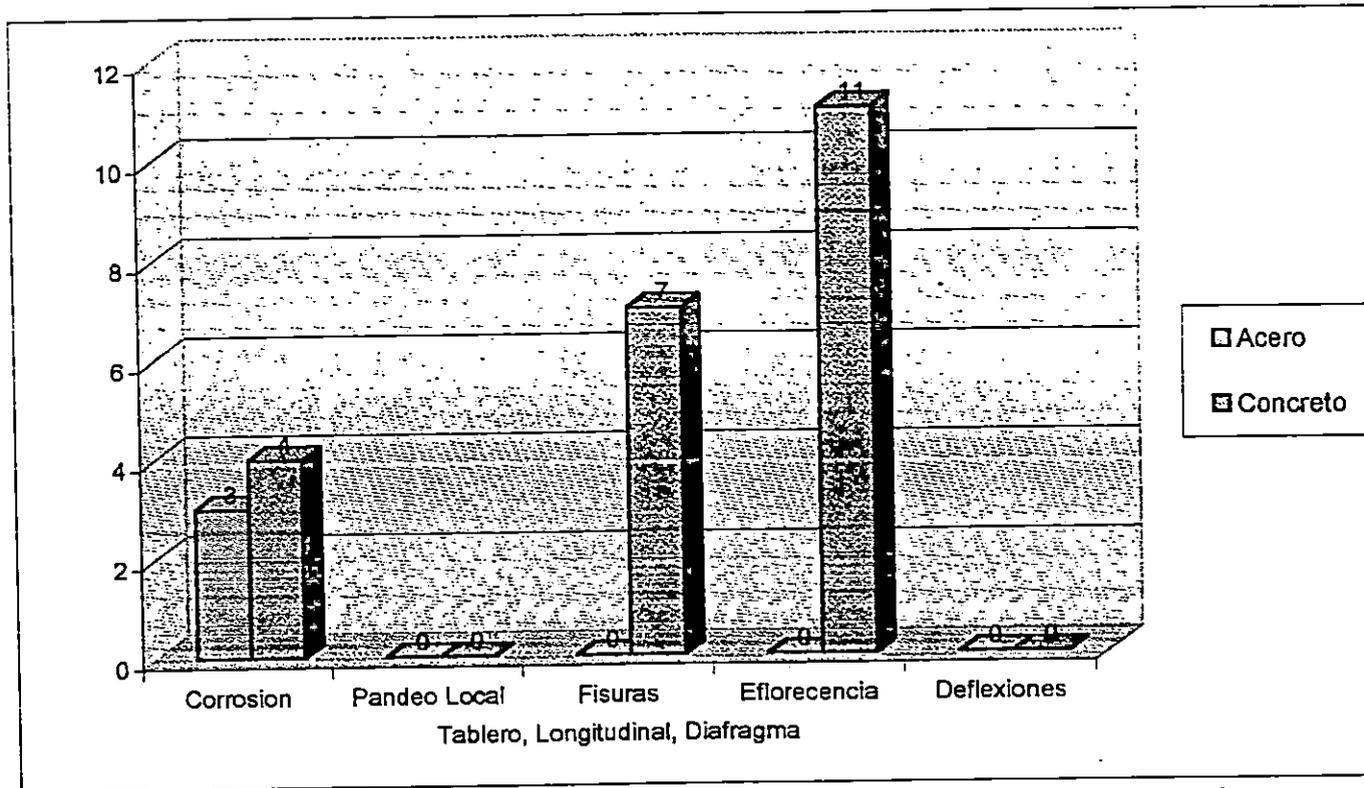


Fig. 4.24 Daños encontrados en Superestructura. Departamento de San Miguel

**SUBESTRUCTURA**

Tipo	Capitel, Fuste, Pedestal, Muros			
	Fisuras	Perdidas	Corrosión	Humedad
Concreto	1	2	0	9
Mampostería	0	0	0	9

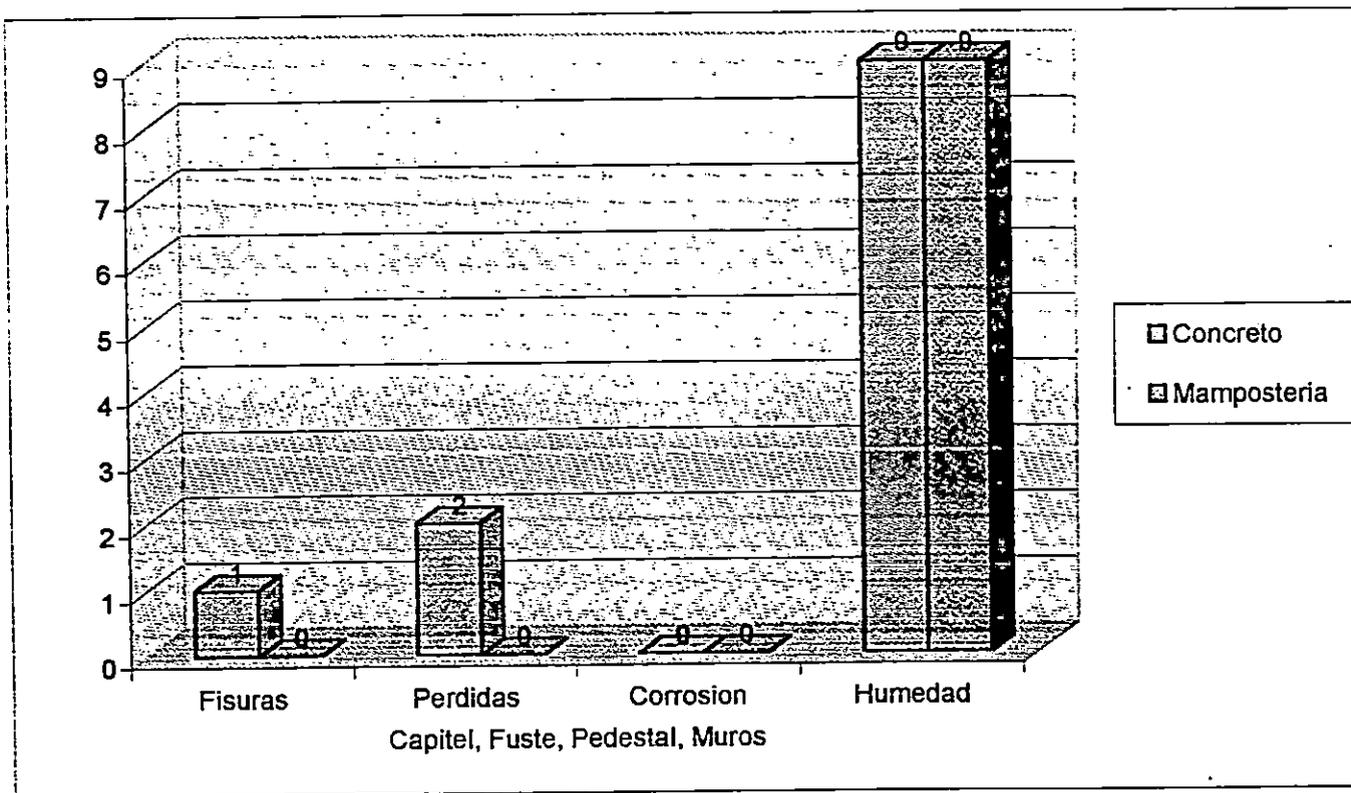


Fig. 4.25 Daños encontrados en Subestructura. Departamento de San Miguel

**ACERAS Y BARANDAS**

Tipo	Aceras	Barandas
Concreto	10	8
Mampostería	0	0
Metálica	0	0
Mixtas	0	3

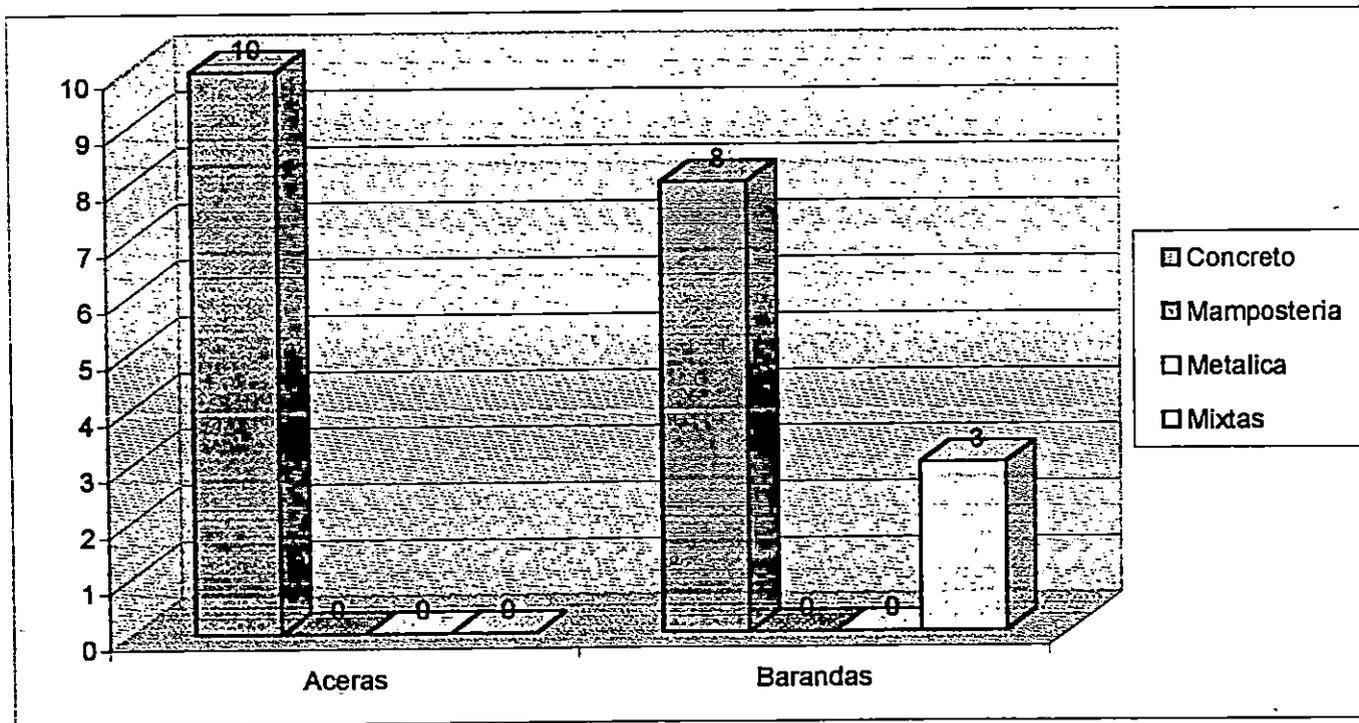


Fig. 4.26 Tipos de Aceras y Barandas en Puentes del Departamento de San Miguel

HIDRÁULICO

Tipo	Drenajes	Protecciones
SI	1	2
NO	10	9

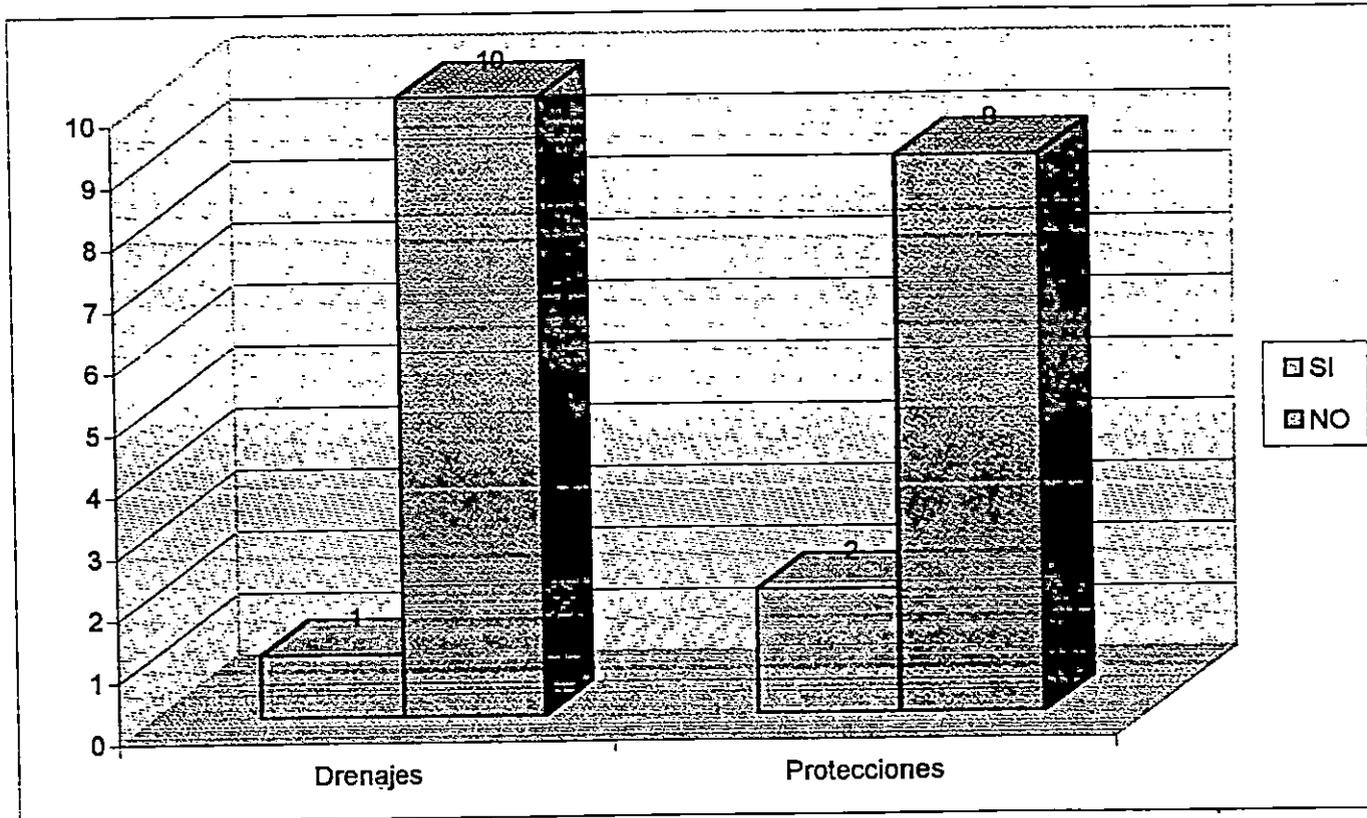


Fig. 4.27 Presencia de Drenajes y Protecciones en Puentes del Departamento de San Miguel

### 4.7 Resumen de daños encontrados en los Puentes del Departamento de La Unión.

#### JUNTAS DE EXPANSIÓN

Tipo	Despegues y fallos en el sistema	Defectos en el funcionamiento	Irregularidades en su alzado
Asfalto	5	5	5
Deslizante	0	0	0

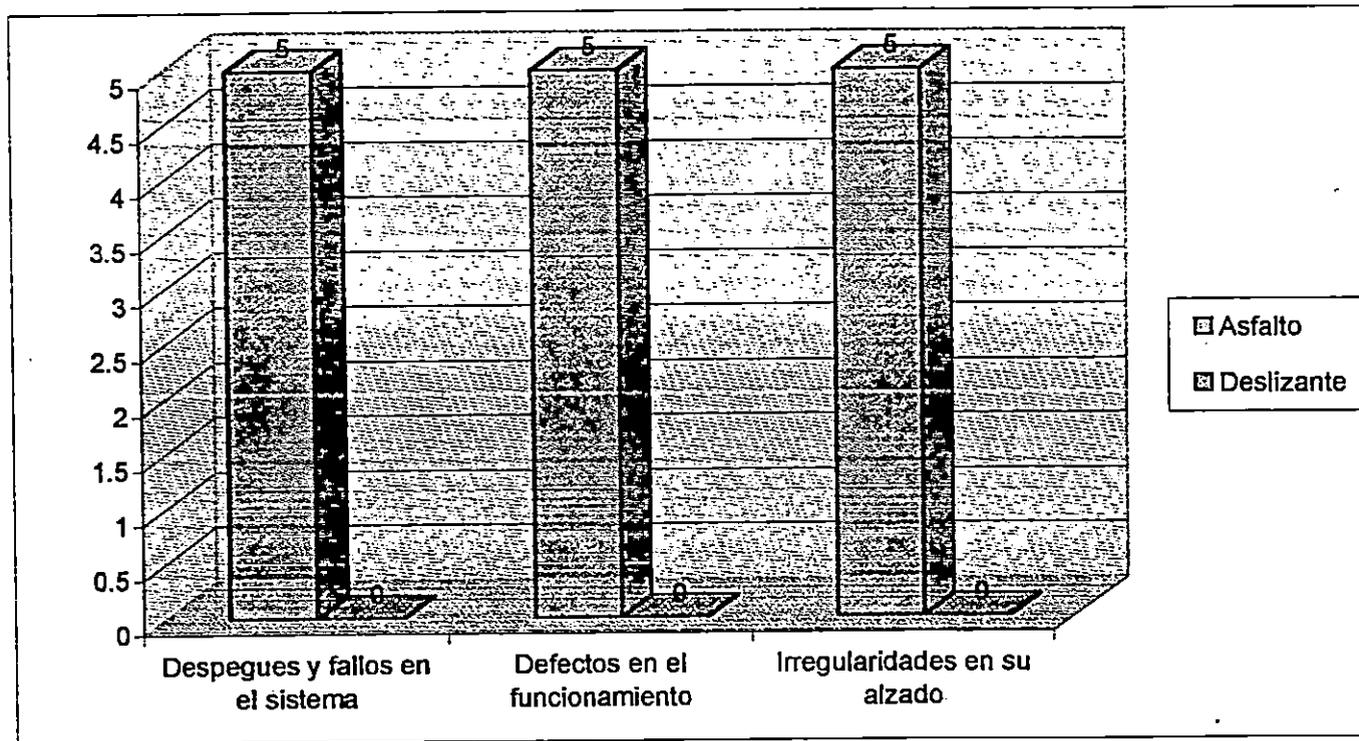


Fig. 4.28 Daños encontrados en juntas de expansión. Departamento de La Unión

**Aparatos de apoyos**

Tipo	Desplazamientos o Separaciones	Corrosión	Suciedad
Acero	3	3	3
Deslizantes	0	0	0

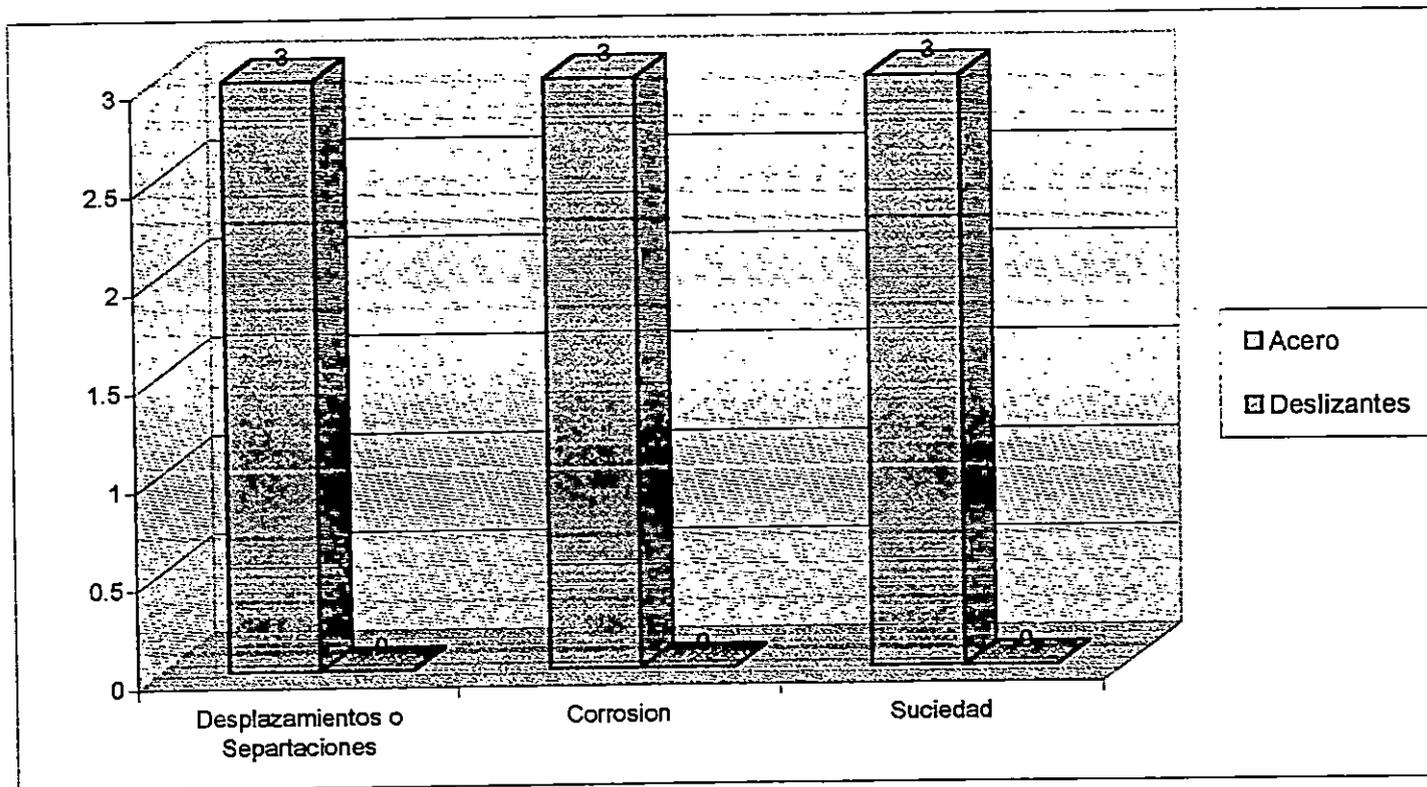


Fig. 4.29 Daños encontrados en Aparatos de Apoyo. Departamento de La Unión

**SUPERESTRUCTURA**

Tipo	Tablero, Longitudinal, Diafragma				
	Corrosión	Pandeo Local	Fisuras	Eflorescencia	Deflexiones
Acero	3	0	0	0	0
Concreto	3	0	8	11	0

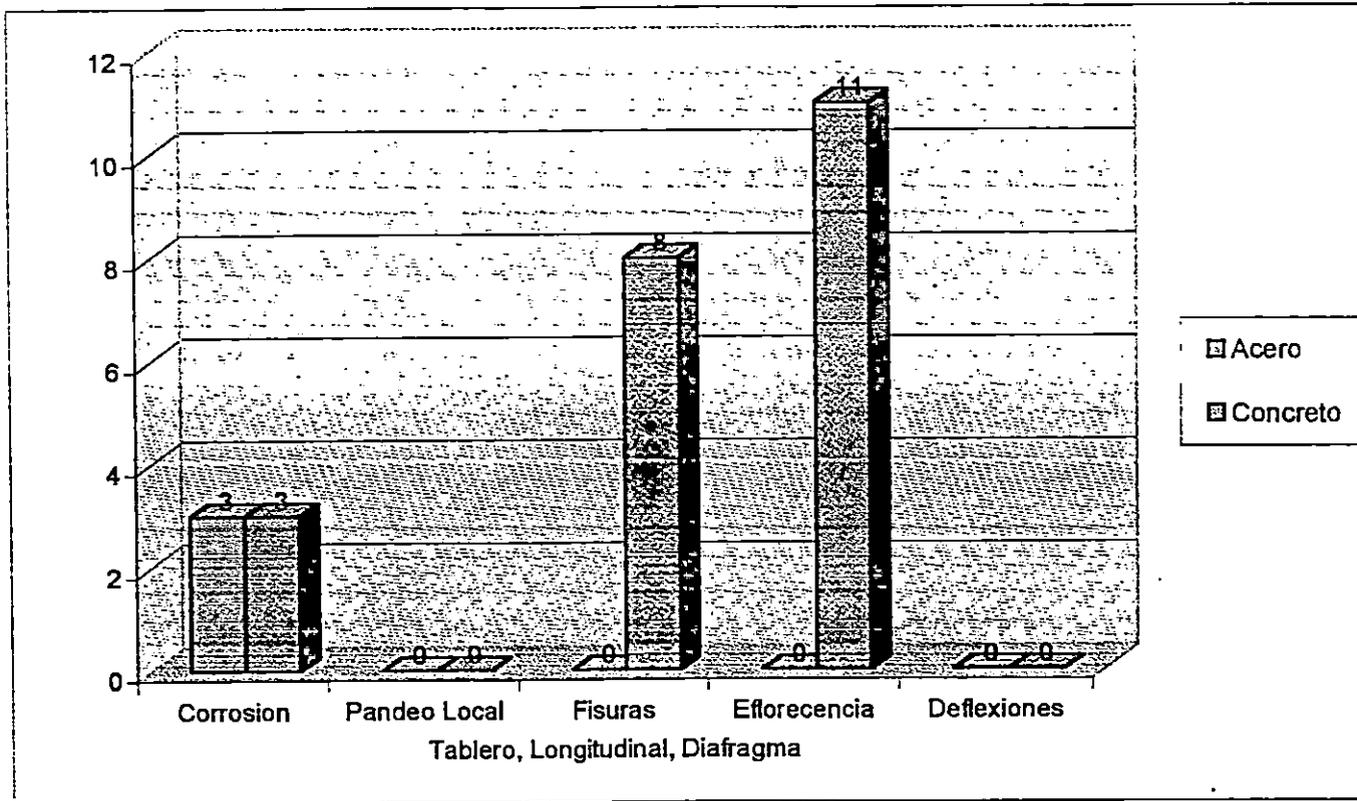


Fig. 4.30 Daños encontrados en Superestructura. Departamento de La Unión

**SUBESTRUCTURA**

Tipo	Capitel, Fuste, Pedestal, Muros			
	Fisuras	Perdidas	Corrosión	Humedad
Concreto	4	1	1	11
Mampostería	0	2	0	11

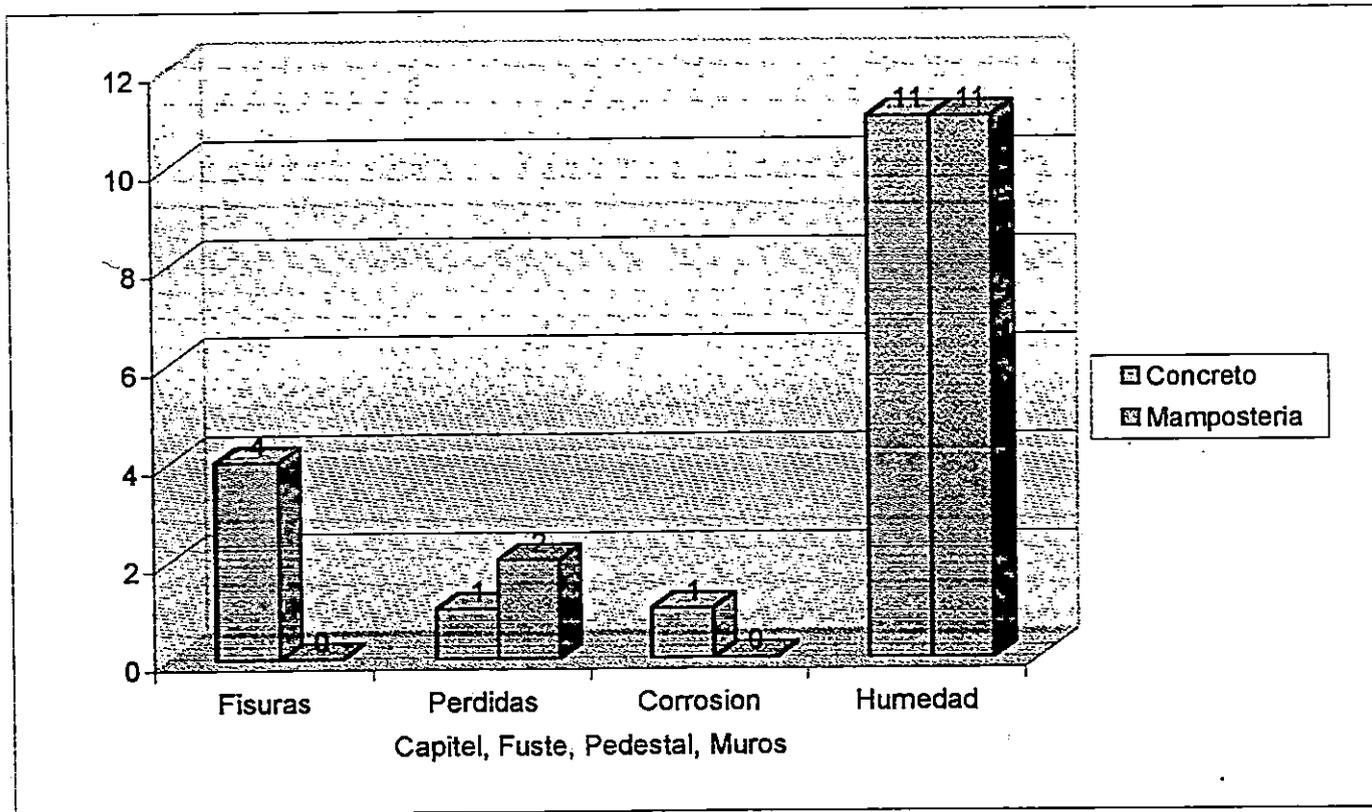


Fig. 4.31 Daños encontrados en Subestructura. Departamento de La Unión

**ACERAS Y BARANDAS**

Tipo	Aceras	Barandas
Concreto	4	4
Mampostería	0	0
Metálica	0	0
Mixtas	0	0

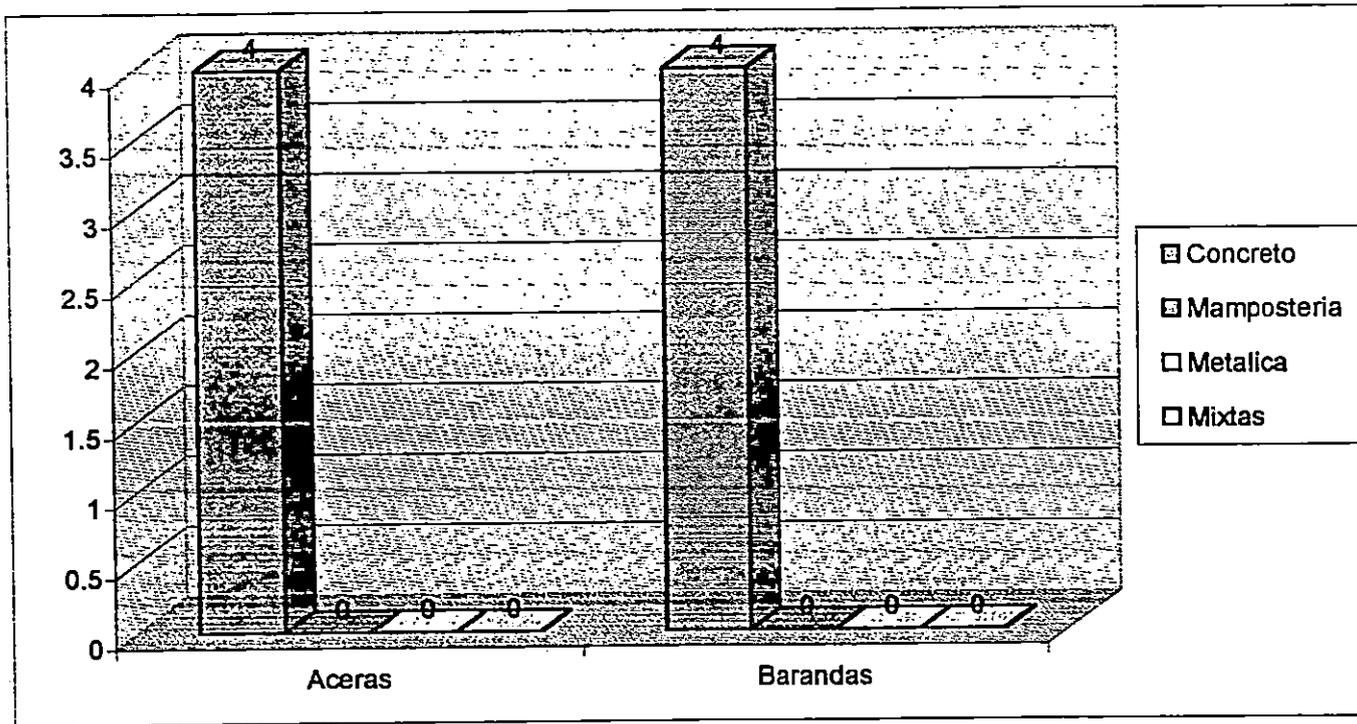


Fig. 4.32 Tipos de Aceras y Barandas en Puentes del Departamento de La Unión

HIDRÁULICO

Tipo	Drenajes	Protecciones
SI	0	7
NO	11	4

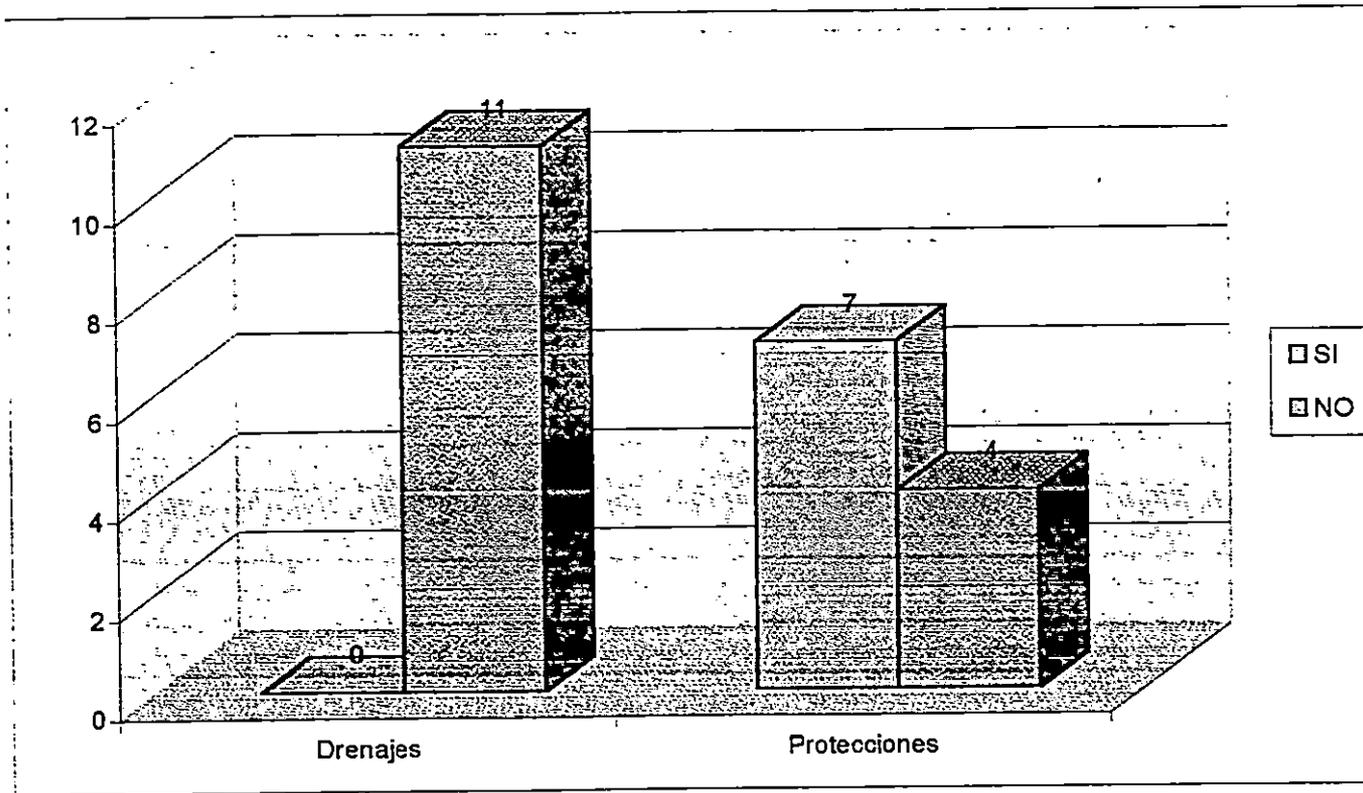


Fig. 4.33 Presencia de Drenajes y Protecciones en Puentes del Departamento de La Unión

#### **4.8 Manual del Usuario del Programa VIP – 02**

VIP - 02 es una aplicación creada en Microsoft Access 2000 Versión 9.0, para el almacenamiento, actualización y gestión de toda la información de los puentes carreteros proveniente de las inspecciones de campo. En VIP – 02 se gestionan datos generales de los puentes provenientes del Formato Básico de Puentes así como la información del estado de condición de los elementos del puente.

La aplicación hace uso de formularios para la introducción, actualización y consulta de información de los puentes inventariados, todo dentro de un ambiente amigable de fácil uso y navegación, con una interfaz de usuario estándar del ambiente Windows. VIP – 02 puede arrancar directamente desde el explorador de Windows o desde la pantalla de presentación de Microsoft Access 2000; posteriormente la aplicación presenta el Panel de Control donde el usuario puede explorar la aplicación por medio de una barra de menús o directamente utilizando los botones de control que se activan al iniciar el programa (ver Fig. 4.34)

VIP-02 gestiona cinco módulos que actúan de forma independiente, con el propósito de una futura ampliación de su potencialidad. Los cinco módulos son explicados brevemente a continuación:

##### **Módulo de Información General**

Este módulo gestiona toda la información proveniente del Formato Básico de Puentes. El usuario tiene a su disposición la información proveniente del Formato Básico de Puentes, incluyendo registros fotográficos de los puentes inventariados (Ver Figs. 4.35 y 4.36). La finalidad es mantener un banco de datos de toda la información general y características Geométricas de los puentes carreteros.

##### **Módulo de Información Complementaria**

El resultado de la inspección principal de los puentes carreteros, es almacenado en este módulo. El módulo gestiona el enlace propuesto por el trabajo de investigación y el Sistema de Inventario y Evaluación de Puentes (SIEP) propiedad del Ministerio de Obras Públicas (MOP) tal como se muestra en la Fig. 4.49

### **Módulo de Priorización**

La aplicación VIP-02, al igual que el SIEP posee un módulo de priorización que enlista los puentes para objeto de reparación, mantenimiento o rehabilitación.

Este módulo está programado internamente en lenguaje de programación Visual Basic Versión 6.0 . El módulo gestiona tres maneras diferentes en el proceso de priorización, entre las cuales se encuentra la fórmula que utiliza el Pontis para calcular el Índice de Salud (El Pontis es un Sistema de Manejo de Puentes utilizado en Estados Unidos<sup>25,27,28,29,30</sup> ) y la utilizada por el SIEP ver Fig. 4.49 Es importante mencionar que estos procesos de priorización están condicionados al proceso de inspección de puentes, debido a que en el cálculo de los índices de priorización se utilizan las calificaciones hechas en el campo a cada uno de los elementos del puente que posteriormente son registradas en los Formatos de Evaluación Principal.

### **Módulo de Estudio de Vulnerabilidad**

En este módulo se almacena toda la información del estudio de Vulnerabilidad realizado a los puentes, de esta forma el usuario tiene a su disposición información adicional a la que se dispone en los módulos de información general y complementaria. Para acceder a esta información, el usuario tiene que explorar cada uno de los botones de índices de vulnerabilidad que se encuentran a su disposición desde el módulo de estudio de vulnerabilidad ver Fig. 4.51

### **Módulo de Informes**

En el manejo de información en una base de datos, las dos actividades más importantes son la introducción de datos y la extracción de los mismos. En este sentido la aplicación VIP - 02 posee este módulo para que el usuario pueda extraer la información tanto básica como los listados de priorización de los puentes inventariados ver Fig. 4.55 a 4.61.

La información puede extraerse de tres formas diferentes, las cuales son:

Extracción de informes por Carretera:

- CA-01
- CA-02
- CA-03
- CA-04
- CA-07



- CA-08
- CA-12

Extracción de informes por Zona:

- Zona Occidental
- Zona Central
- Zona Paracentral
- Zona Oriental

Extracción de informes por Departamentos:

En estos informes el usuario tiene a su disposición toda la información que gestiona la aplicación de acuerdo al departamento donde se encuentren los puentes requeridos.

También la aplicación genera y actualiza datos estadísticos y diversos tipos de gráficos con el objeto de analizar de una manera más eficiente toda la información almacenada en su banco de datos Ver Fig. 4.45,4.46,4.47 y 4.48. A continuación se describen algunas de las ventanas que presenta la aplicación.

## La Ventana: Panel de Control Principal

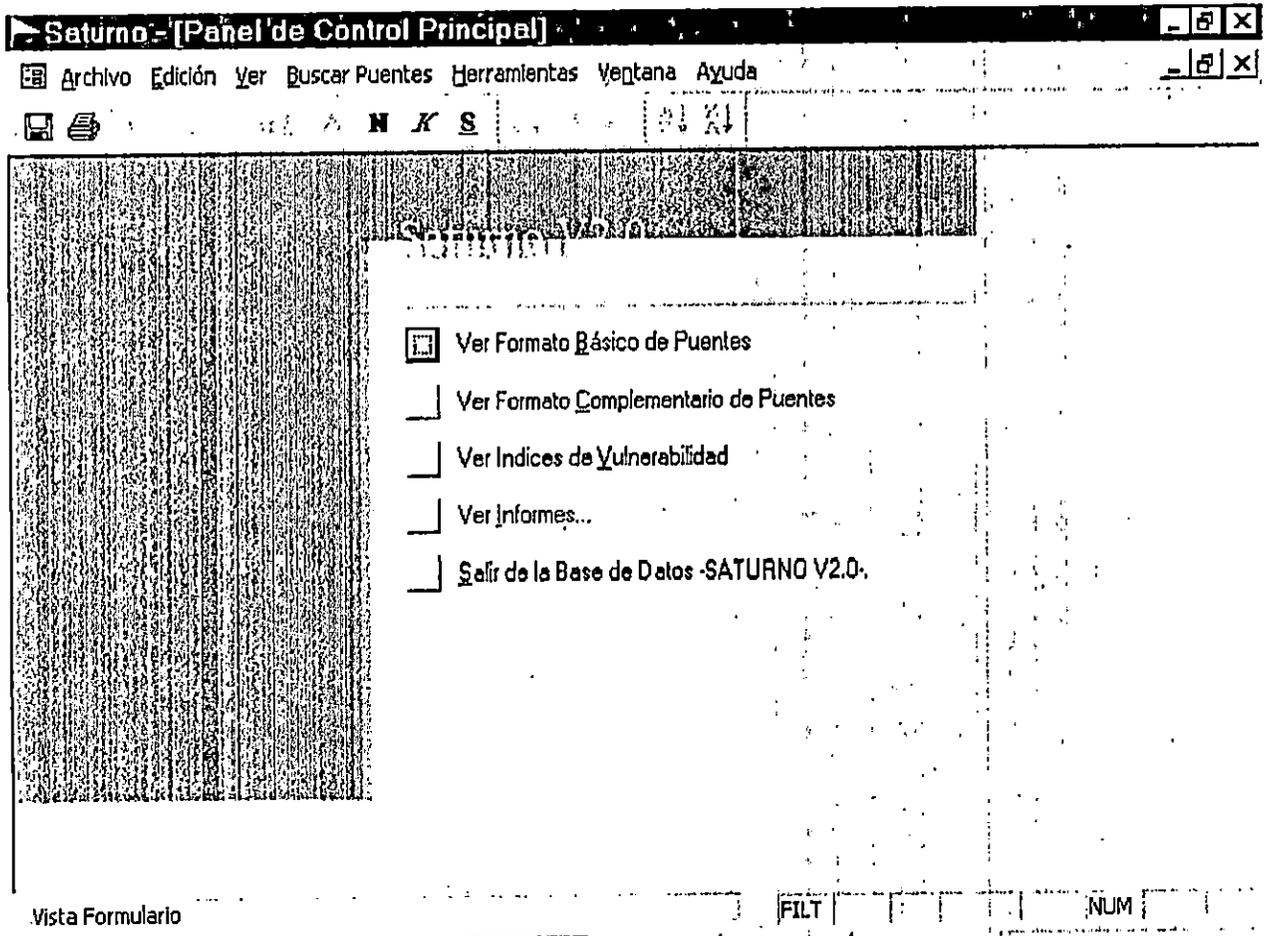


Fig. 4.34 La Ventana Panel de Control Principal

Esta es la primera ventana que presenta la aplicación para la gestión de la información de los puentes inventariados. El usuario tiene la posibilidad de explorar la aplicación desde la barra de menús o directamente desde los botones de control que se activan al iniciar el programa.

En la Fig 4.34 puede observarse que el botón de comando que se encuentra activado, es el que gestiona la información del Formato Básico de Puentes. Al entrar a este módulo el usuario tiene a su disposición toda la información general de los puentes inventariados tal como su ubicación, carretera, estacionamiento aproximado, tipo de puente, número de claros, material de capa de rodadura, longitud y ancho del puente, etc.

**La Ventana: Formato Básico de Puentes**

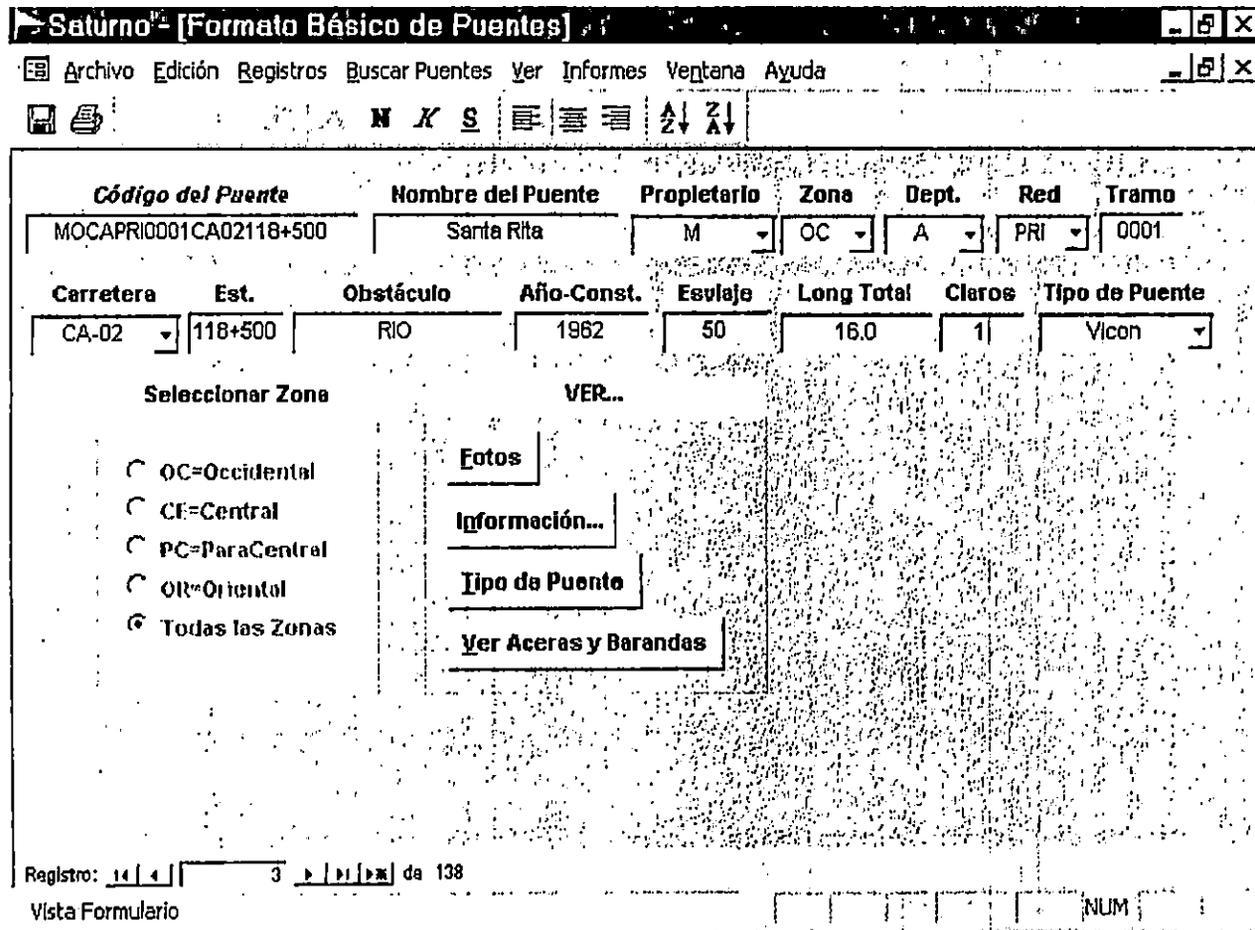


Fig. 4.35 La Ventana Formato Básico de Puentes

La Ventana de información general presenta los datos capturados de las inspecciones de campo realizada a los puentes como es la ubicación estacionamiento aproximado, tipo de puentes, etc. También en esta ventana el usuario tiene a su disposición un grupo de opciones para seleccionar la zona donde se encuentran ubicados los puentes de interés para su pronta localización dentro del banco de datos que se encuentra almacenado en Saturno.

LOS BOTONES: Fotos, Información..., Tipo de Puente, Ver Aceras y Barandas.

La ventana Formato Básico de Puentes también posee cuatro botones que sirven para proporcionar información adicional. Al activar el botón Fotos, la aplicación abre la ventana Registro Fotográficos (Ver Fig. 4.36) y automáticamente los registro fotográficos que se almacenan en el banco de datos son presentados.

Al activar el botón Información, se abre la ventana que contiene la información si el puente registrado tiene algún tipo de estudio realizado. El botón Tipo de Puente activa la Ventana que contiene la longitud y tipo de puente para cada uno de los claros que posee el puente (Ver Fig. 4.37)

### La Ventana: Registros Fotográficos

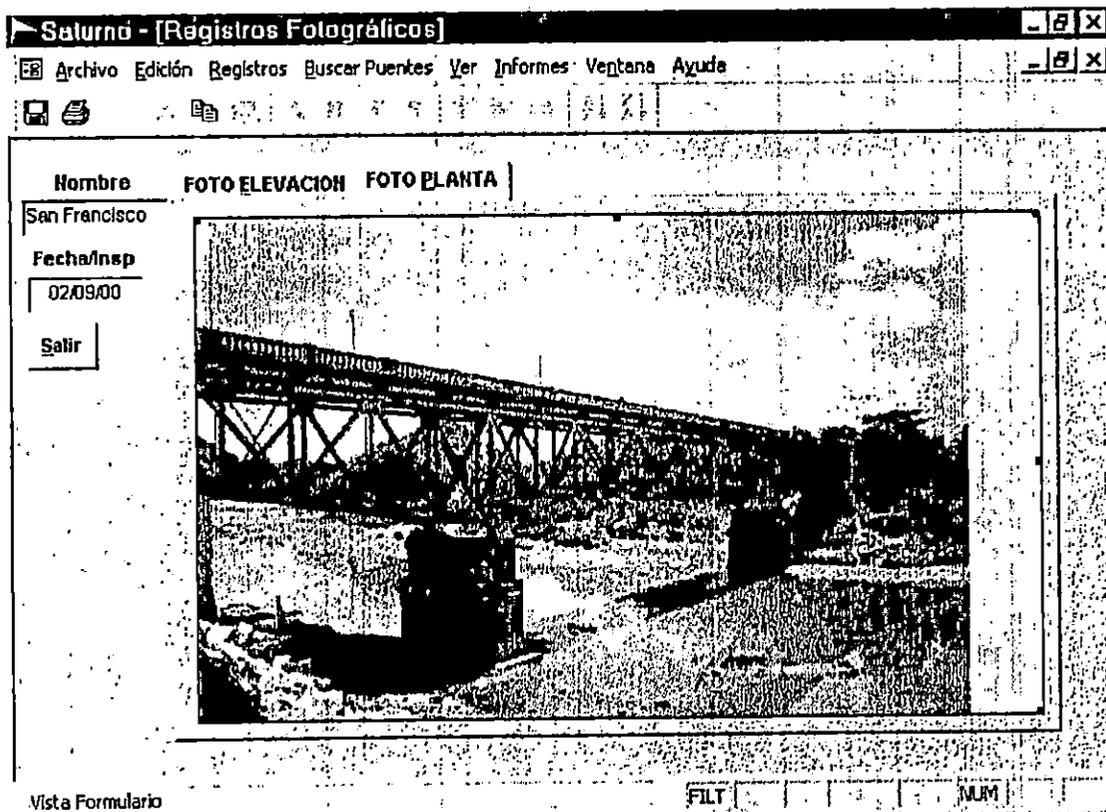


Fig. 4.36 La Ventana Registros Fotográficos

**La Ventana: Tipo de Puento**

Saturno - [Tipo de Puento]

Archivo Edición Registros Buscar Puentes Ver Informes Ventana Ayuda

N K S

Código del Puento	Nombre del Puento	Depto.	Red	Carretera
MCEDPRIO268CA02045+400	Tihuapa	D	PRI	CA-02

Tipo de Puento	N. Claros	Longitud Total	Ancho de Calzada
Vipres	5	112.83	8.55

Tipos y Longitudes de los Claros del Puento					
TipoClaro1	LongClaro1	TipoClaro2	LongClaro2	TipoClaro3	LongClaro3
Vicajon	21.5	Vicajon	21.35	Vipres	21.5

Vista Formulario

FILT

NUM

Fig. 4.37 La Ventana Tipo de Puento

**LA BARRA DE MENUS**

VIP - 02 posee su propia barra de menús, la cual facilita la introducción de la información y navegación por aplicación.

**El Menú Archivo:**

Este menú contiene tres ítems, Guardar, Salir, Salir de Saturno.

El primer ítem sirve para Guardar los cambios realizados en la actualización de la información; Salir es el comando que le permite al usuario salirse de la ventana actual( esta operación también se

puede realizar desde el Menú ventana). Finalmente el ítem Salir de Saturno, cierra completamente la aplicación.

El Menú Edición:

Este Menú contiene grupos diferentes para la gestión de los registros almacenados en el banco de datos, entre éstos podemos mencionar los comandos que permiten modificar la información almacenada en el banco de datos de todos los puentes (Ver Fig. 4.38).

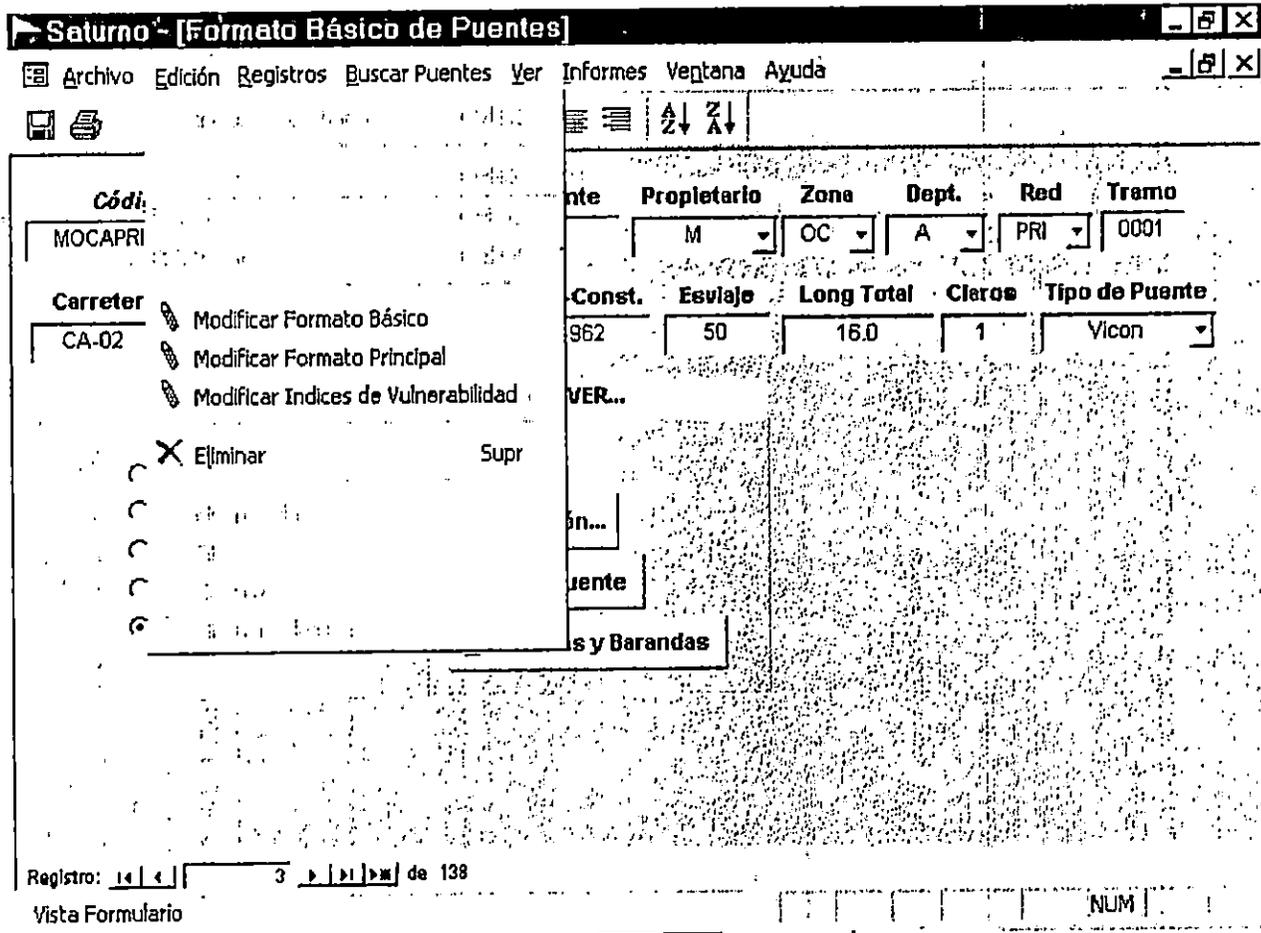


Fig. 4.38 El Menú Edición

Al activar los comandos Modificar Formato Básico se abre la ventana que permite la actualización de toda la información general (Ver Fig. 4.39), al activar las otras dos opciones también el usuario

puede actualizar la información correspondiente al estado de condición de los elementos del puente y del estudio de vulnerabilidad (ver Fig. 4.40 y 4.41)

También en este menú se pueden eliminar registros existentes.

**La Ventana: Modificar Formato Básico**

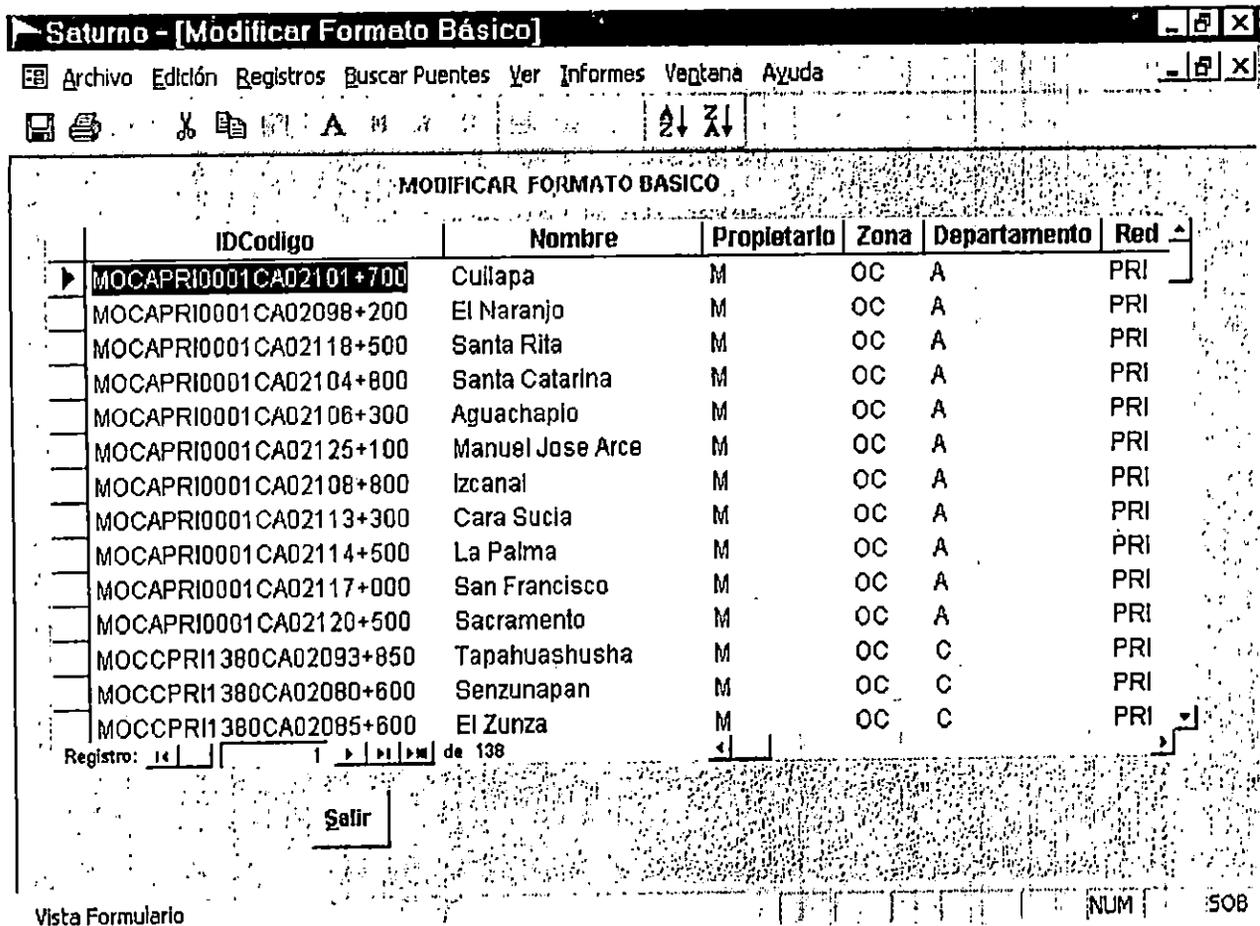


Fig. 4.39 La Ventana Modificar Formato Básico de Puentes

En esta ventana se tiene acceso a toda la información general de los puentes inventariados, la cual tiene como propósito la actualización de los registros.

**La Ventana: Modificar Formato Complementario**

Saturno - [Modificar Formato Complementario]

Archivo Edición Registros Buscar Puentes Ver Informes Ventana Ayuda

MODIFICAR FORMATO COMPLEMENTARIO

IDCodigo	Departamento	Zona	Carretera	Nombre
MORNPRI1231CA02166+200	N	OR	CA-02	s/n
MORNPRI1231CA02160+490	N	OR	CA-02	s/n
MORNPRI1231CA02163+020	N	OR	CA-02	s/n
MORNPRI1231CA02171+200	N	OR	CA-02	s/n
MORNPRI1231CA02173+100	N	OR	CA-02	s/n
MORNPRI1231CA02173+450	N	OR	CA-02	s/n
MORNPRI1231CA02173+800	N	OR	CA-02	s/n
MORNPRI1231CA02174+040	N	OR	CA-02	s/n
MORNPRI1231CA02176+560	N	OR	CA-02	Las Guamas
MORNPRI1231CA02180+750	N	OR	CA-02	s/n(Bóveda)
MORNPRI1231CA02181+800	N	OR	CA-02	s/n
MORNPRI1231CA02164+660	N	OR	CA-02	El Amatal
MORNPRI1231CA02175+420	N	OR	CA-02	s/n
MORNPRI1231CA02168+950	N	OR	CA-02	s/n

Registro: 14 de 111

Salir

Vista Formulario NUM SOB

Fig. 4.40 La Ventana Modificar Formato Complementario de Puentes

**La Ventana: Modificar Estudio de Vulnerabilidad**

Saturno - [Modificar Estudio de Vulnerabilidad]

Archivo Edición Registros Buscar Puentes Ver Informes Ventana Ayuda

MODIFICAR ESTUDIO DE VULNERABILIDAD

ZI	CT	IC	NormaUsada	FSP	FSB	FCA	FD	FLA	To	Ts	Un <sup>a</sup>
0.3	0.4	0.5	0.2	0.5	0.7	0.5	0.2	0.2	0.2	0.18	
1	0.6	1	0.5	1	0.9	0.75	0.8	0.8	0.2	0.18	
0.3	0.9	0.8	0.2	1	0.9	0.75	0.2	0.2	0.2	0.18	
0.3	0.4	0.5	0.2	0.5	0.7	0.5	0.2	0.2	0.2	0.18	
0.3	0.4	0.5	0.2	0.5	0.7	0.5	0.2	0.2	0.2	0.18	
0.3	0.8	0.5	1	1	0.9	0.5	0.2	0.8	0.2	0.18	
0.3	0.6	0.8	1	0.5	0.8	1	0.8	0.2	0.2	0.18	
0.3	0.9	0.8	0.8	0.5	0.7	0.5	0.8	0.8	0.2	0.18	
0.3	0.6	0.8	1	0.5	0.8	1	0.8	0.2	0.2	0.18	
0.3	0.9	0.5	0.8	0.5	0.9	0.75	0.2	0.8	0.2	0.18	
0.3	0.9	0.8	0.2	1	0.8	0.75	0.2	0.2	0.2	0.18	
0.3	0.4	0.5	0.2	0.5	0.7	0.5	0.2	0.2	0.2	0.18	
0.3	0.9	0.8	0.2	1	0.8	0.75	0.2	0.2	0.2	0.18	
0.3	0.4	0.5	0.2	0.5	0.7	0.5	0.2	0.2	0.2	0.18	

Registro: 14 de 111

Salir

Vista Formulario NUM

Fig. 4.41 La Ventana Modificar Estudio de Vulnerabilidad

El Menú Registro:

Este menú posee todos los ítems encargados de la gestión de todos los registros almacenados en el banco de datos.

Los ítems que se muestran en este menú también están a disposición del usuario en la parte inferior de la ventana Formato Básico de Puentes (Ver Fig. 4.42)

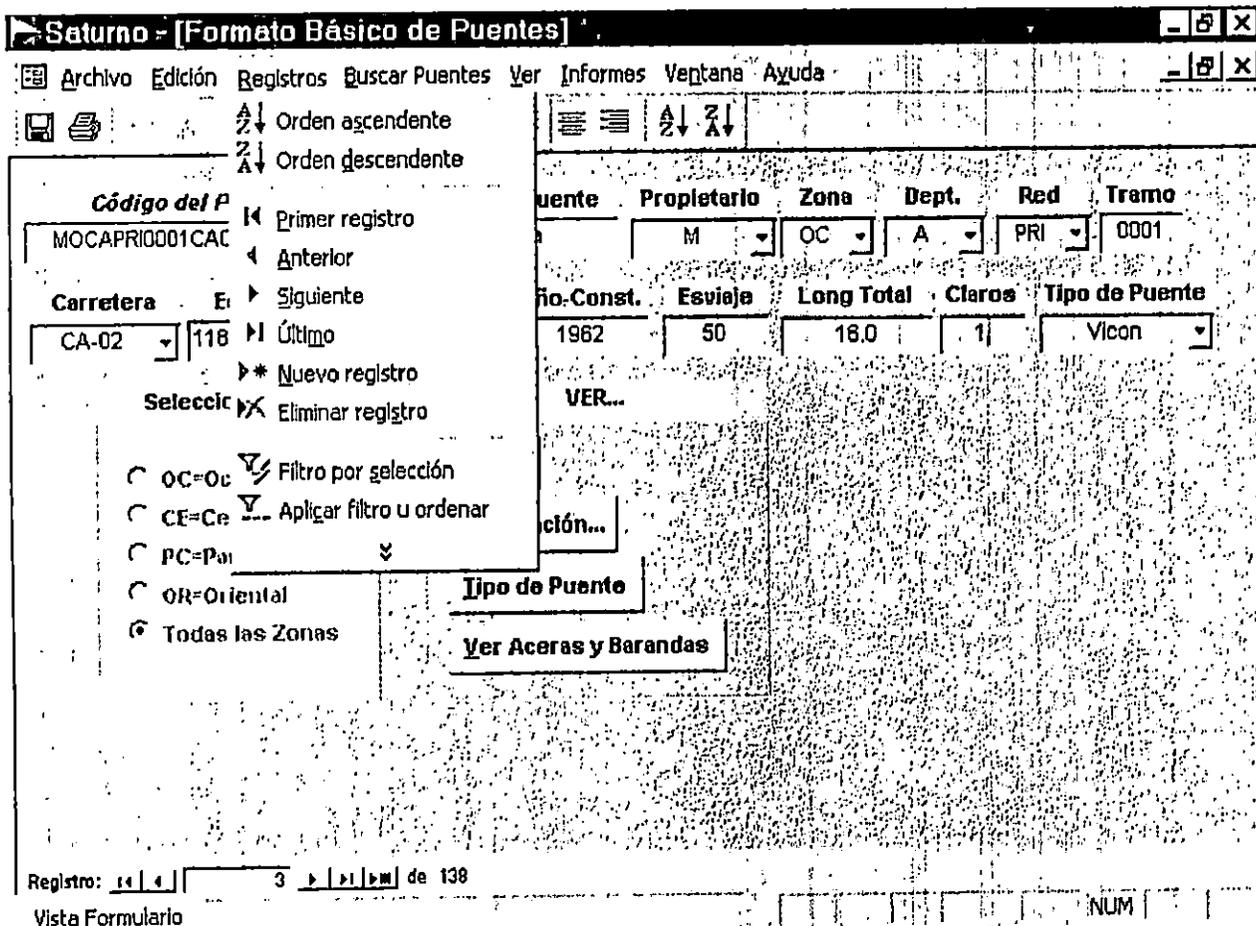


Fig. 4.42 El Menú Registros

El usuario también tiene la posibilidad de ordenar los registros en orden ascendente o descendentes para su mejor localización dentro del banco de datos.

El Menú Buscar Puentes:

Dentro de un banco de datos que contenga información de muchísimos puentes, es de vital importancia que una aplicación posea la capacidad de realizar una búsqueda de información de manera eficiente, en este contexto VIP - 02 posee un sistema de búsqueda de la información a través de los criterios mostrados en el menú Buscar Puentes (Ver Fig. 4.43)

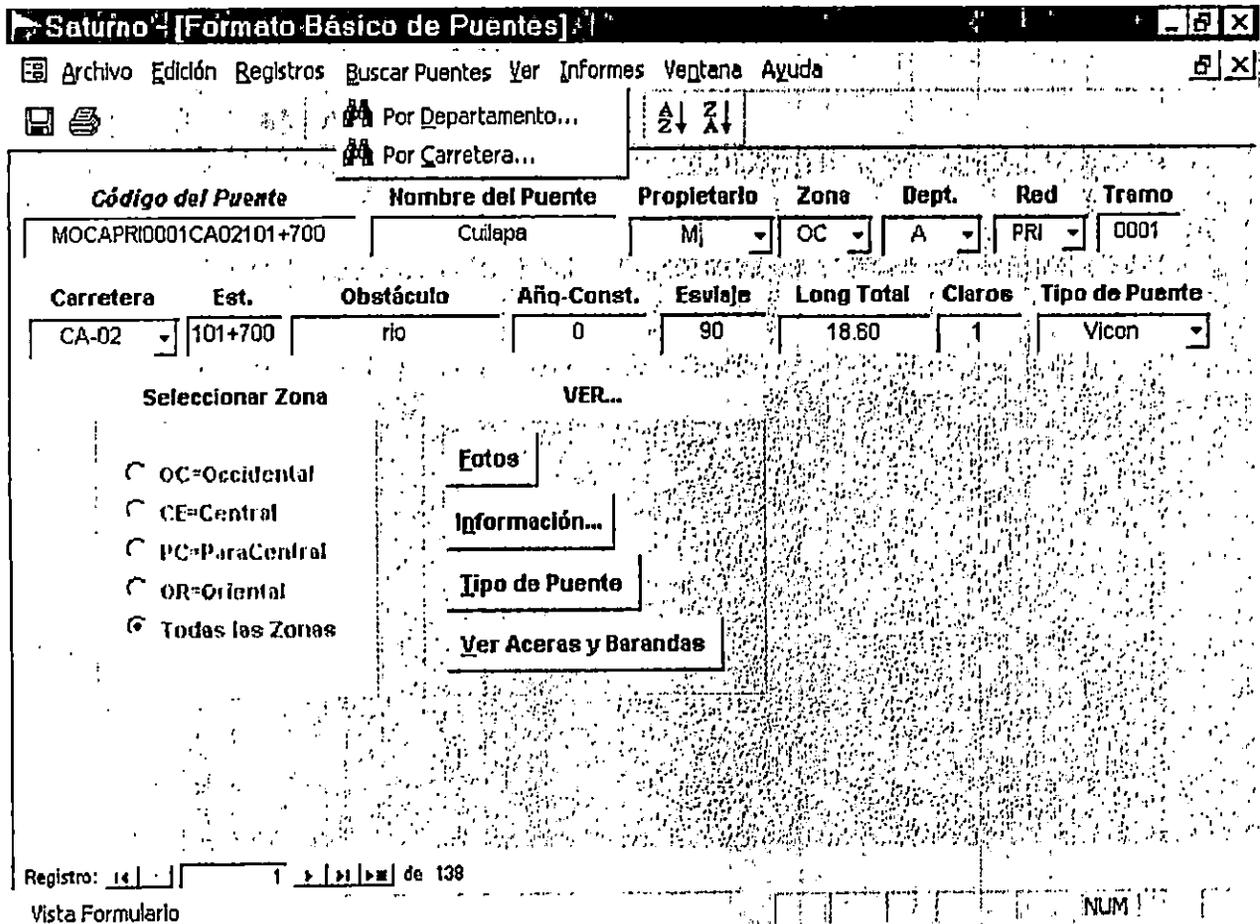


Fig. 4.43 El Menú Buscar Puentes

Al activar el ítem Por Departamento..., el usuario tiene la posibilidad de buscar los puentes de acuerdo al departamento donde se encuentran ubicados, esto dentro de la ventana Búsqueda por Departamento (Ver Fig. 4.44). También puede observarse en esta ventana que el usuario puede acceder a los módulos de información básica, información complementaria y información del estudio

de vulnerabilidad, todo esto a través de los botones que aparecen a un lado del grupo de opciones por departamento tal como se muestra en la Fig. 4.44

Al igual que el ítem Por Departamento, el ítem Por Carretera activa una ventana parecida a la mostrada en la Fig. 4.44.

Las opciones de Búsqueda para esta ventana son las carreteras CA-01, CA-02, CA-03, CA-04, CA-07, CA-08, CA-12.

### La Ventana: Búsqueda por Departamento

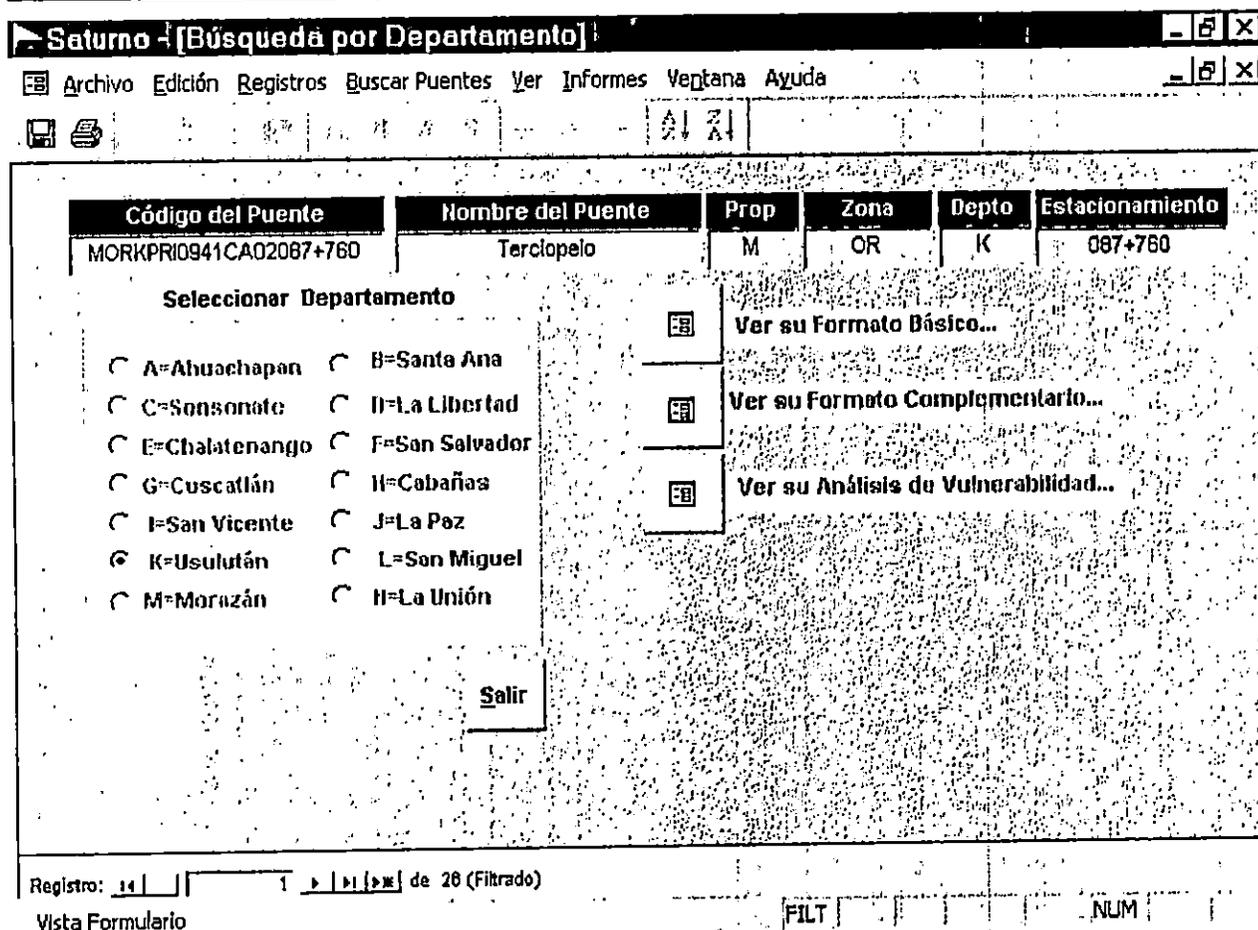


Fig. 4.44 La Ventana Búsqueda por Departamento

El Menú Ver:

Este menú es un acceso directo a los cinco módulos mencionados anteriormente.

El Menú Informes:

Este menú proporciona parte de la información estadística generada por la aplicación, consistentes en gráficos como los que se muestran en Fig. 4.45, 4.46, 4.47 y 4.48.

**Informe Gráfico: Tipo de Puentes en Carretera El Litoral (CA-02)**

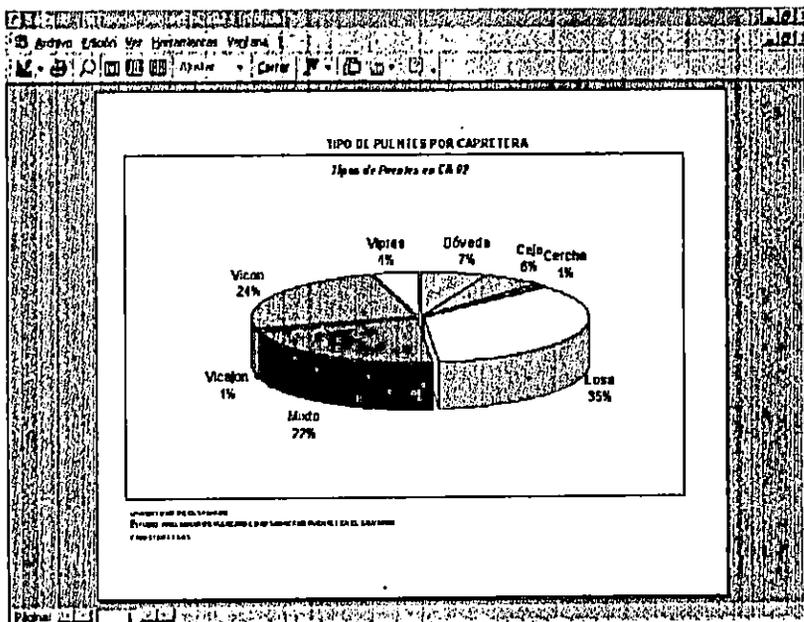


Fig. 4.45 Informe Gráfico de los Tipos de Puentes en la Carretera CA-02

Si los registros almacenados en el banco de datos son actualizados, VIP - 02 también actualiza los resultados estadísticos presentándolos en informes Gráficos.

**Informe Gráfico: % de Puentes por Departamento En Carretera El Litoral (CA-02)**

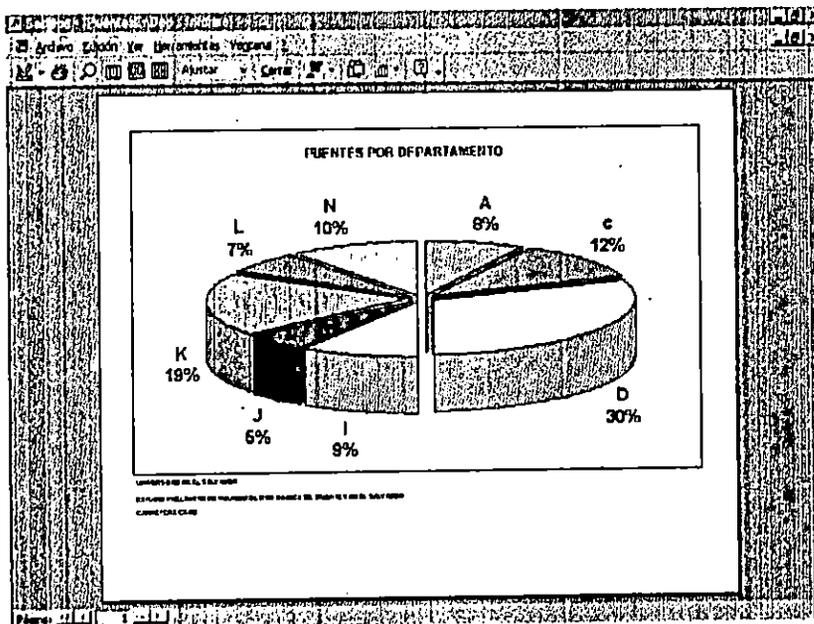


Fig. 4.46 Informe Gráfico de % de Puentes Por Departamento en la Carretera CA-02

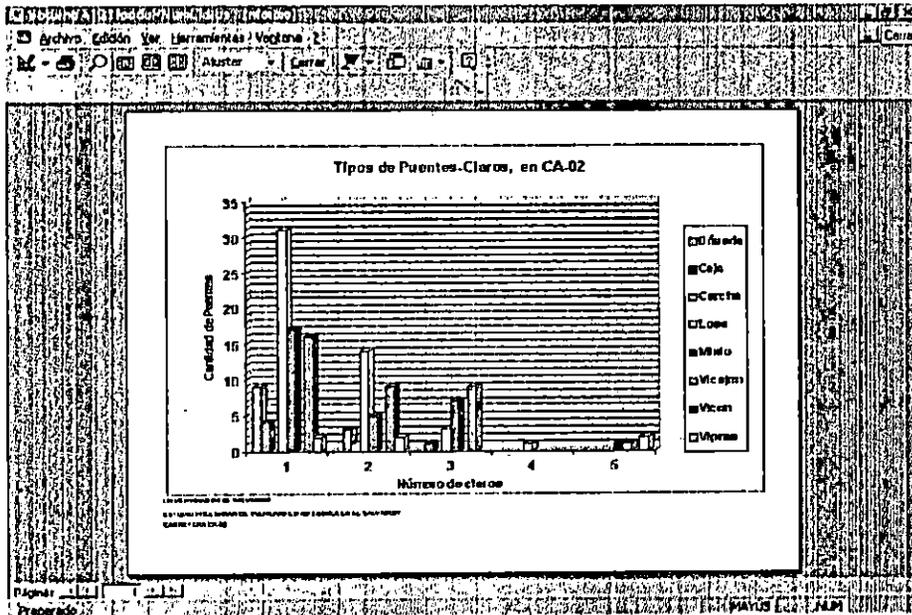


Fig. 4.47 Informe Gráfico del Tipo de Puentes vrs número de claros en la Carretera CA-02

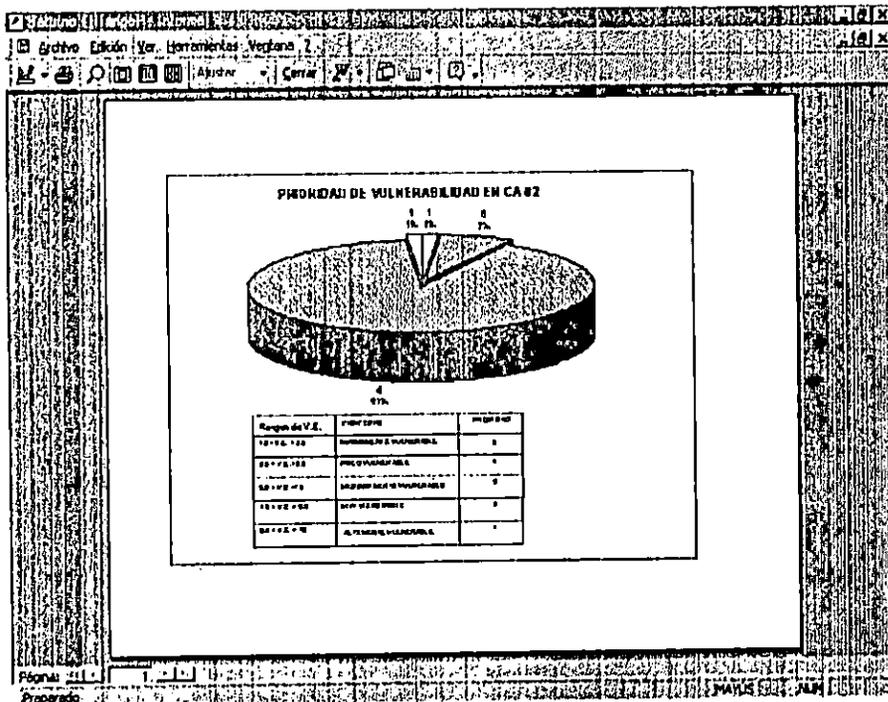


Fig. 4.48 Informe Gráfico del rango de Vulnerabilidad Estructural los Puentes en la Carretera CA-02

VIP-02 genera más 10 informes Gráficos con el objeto de facilitar el análisis de la información almacenada en su banco de datos.

LOS MENUS VENTANA Y AYUDA:

Estos dos menús son similares a los menús integrados que vienen en cualquier software de ambiente Windows.

La Ventana: Formato Complementario

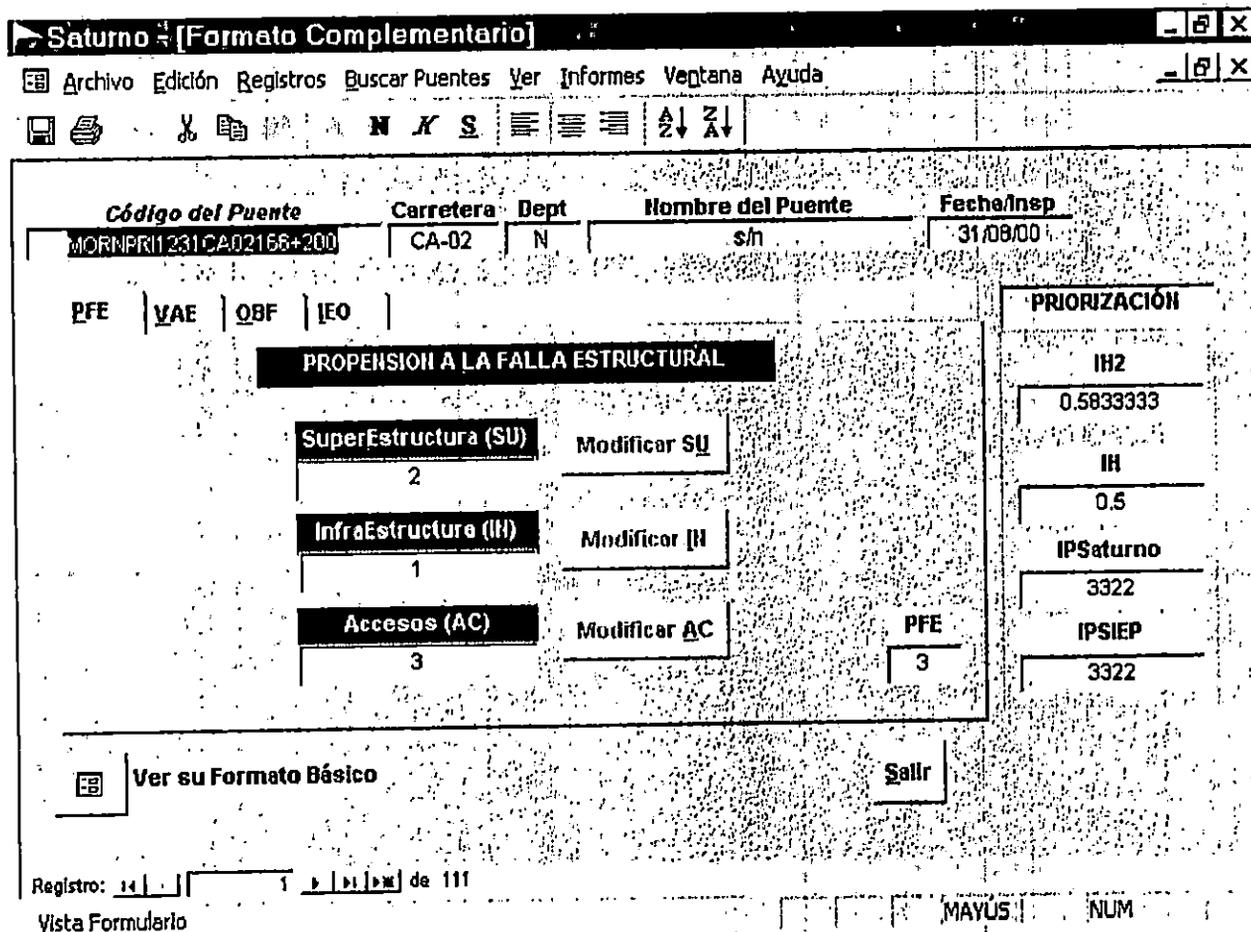


Fig. 4.49 La Ventana Formato Complementario

Esta Ventana presenta dos de los módulos mencionados, los cuales son el módulo de información complementaria y el módulo de priorización. Se puede observar en la figura 16 cuatro fichas con los nombres PFE, VAE, OBF, IEO, correspondientes a las variables del tercer nivel del Sistema de

Inventario y Evaluación de Puentes (SIEP); aquí se está mostrando el enlace propuesto por el trabajo de graduación y el SIEP (ver Fig. 4.49).

El estado de condición, evaluado con los manuales de inspección principal propuestos por el trabajo de graduación, están registrados en las ventanas que se activan al presionar los botones que se encuentran dentro de las respectivas fichas (Ver Fig. 4.50).

**La Ventana: Propensión a la Falla Estructural**

Código del Puente	Nombre del Puente	SU	III	AC
MORKPRI0941CA02104+200	El Bambú	3	1	3

$SU = 40\%T7 + 5\%T11 + 15\%T1 + 20\%T4 + 5\%T13 + 15\%T3$

T7	T11	T1
3	3	3
T4	T13	T3
2	4	3

$III = 70\%T8 + 30\%T9$

T8
2
T9
0

$AC = 100\%T10$

T10
3

Fecha/Insp

**T7=Condición de Superestructura**  
**T11=Condición de Aceras y Barandas**  
**T1=Condición de Capa de Rodamiento**  
**T4=Condición de Aparatos de Apoyo**  
**T13=Condición de Complementarios**  
**T3=Condición de Juntas de Expansión**

**T8=Condición de Subestructura**  
**T9=Condición de Fundaciones**  
**T10=Condición de Accesos**

Vista Formulario      FILT      NUM

Fig. 4.50 La Ventana Propensión a la falla estructural

En la ventana anterior se puede observar el enlace antes mencionado, la ventana fue activada al presionar cualquiera de los botones que se muestran dentro de la ficha PFE. En la parte superior de esta ventana, se observa los valores de las variables del tercer nivel correspondiente al SIEP.

De la misma forma pueden desplegarse todas las ventanas correspondientes a la propuesta del trabajo de graduación, simplemente presionando los botones que se encuentran dentro de cada ficha. Otro aspecto importante de la ventana presentada en la Fig. 4.49, es el módulo de priorización que se encuentra a un lado de las cuatro fichas ya mencionadas.

### La Ventana: Índices de Vulnerabilidad

Código del Puente	Nombre del Puente	Dept.	Carretera	Índice Global (Iv)
mocapri0001ca02101+700	Cuilapa	A	CA-02	5.1998299659184

I1	I2	I3
0.64999998	0.70000005	1
I4	I5	I6
0	0.76666665	0.5
I7	I8	I9
0.90000004	0.8	0.81649858

I1	I2	I3
I4	I5	I6
I7	I8	I9

Salir

Registro: 14 de 111

Vista Formulario

Fig. 4.51 La Ventana Índices de Vulnerabilidad

En esta ventana se puede observar la información referente al estudio de vulnerabilidad, almacenado dentro del banco de datos que posee VIP - 02.

En la Fig. 4.52 se observan dos marcos, el de índices de vulnerabilidad y el de historia de los índices. El primero contiene el registro de estudio de vulnerabilidad realizado al puente, y el segundo contiene información importante adicional a la que se gestiona en los formatos básicos y complementarios de puentes tal como se muestra en las figuras 4.53, 4.54 y 4.55.

**La Ventana: Índices de Tráfico y Norma Usada**

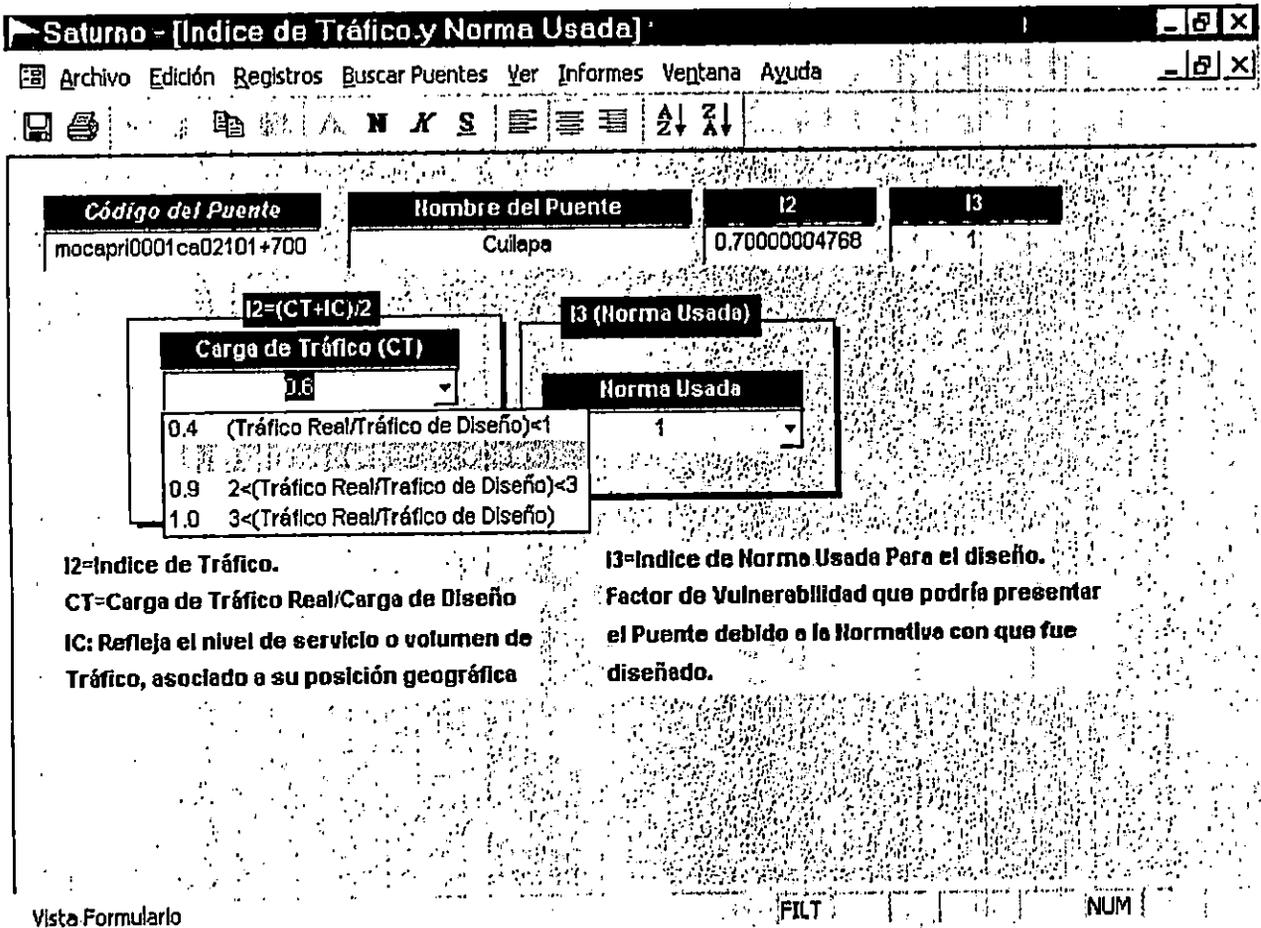


Fig. 4.52 La Ventana Índices de Tráfico y Norma Usada

En estas ventanas (todas las ventanas que almacenan los nueve Índices de Vulnerabilidad) se encuentra la información correspondiente a los factores que influyen en el análisis de Vulnerabilidad propuesto en el Trabajo de Graduación.

**La Ventana: Índice de Tipo de Sistema Estructural**

Fig. 4.53 La Ventana Índice de Tipo de Sistema Estructural

**La Ventana: Índice de Funcionalidad y de Período de Vibración**

Fig. 4.54 La Ventana Índice de Funcionalidad y de Período de Vibración

**La Ventana: Informe de Puentes**

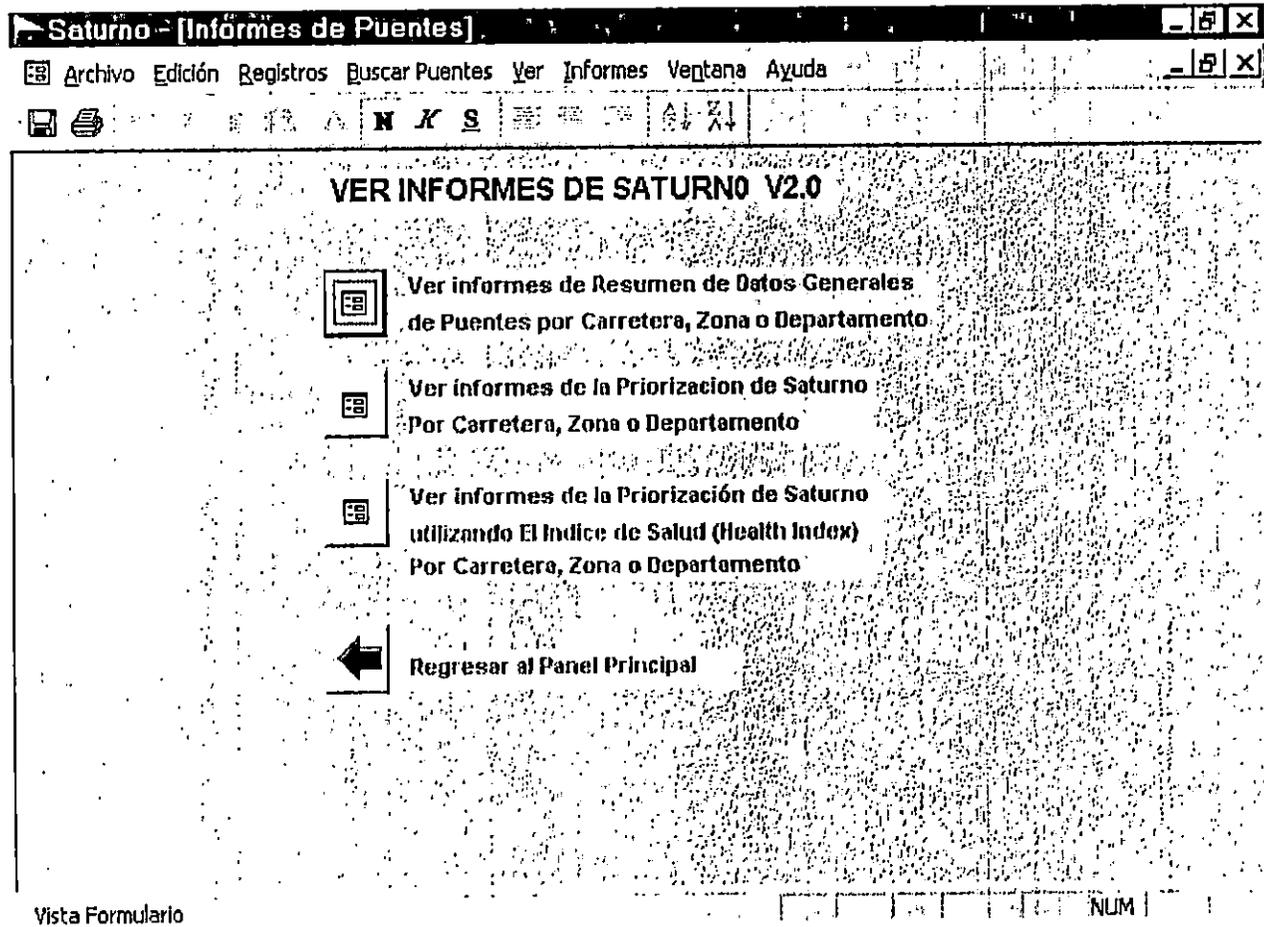


Fig. 4.55 La Ventana Informes de Puentes

Esta ventana muestra el quinto módulo de VIP - 02, el cual tiene por finalidad la extracción de toda la información almacenada dentro del banco de datos de Saturno. Al igual a todas las ventanas antes mencionadas, el usuario puede hacer uso de la barra de menús o de los botones que se activan automáticamente al presentarse las ventanas.

Al presionar alguno de los botones que se muestran en esta ventana se presentan las opciones para que el usuario seleccione el grupo de puentes que necesita tal como se explicó en el Módulo Informes al inicio de este manual (ver Fig. 4.56 y 4.57 )

**La Ventana: Índice de Salud (IH)**

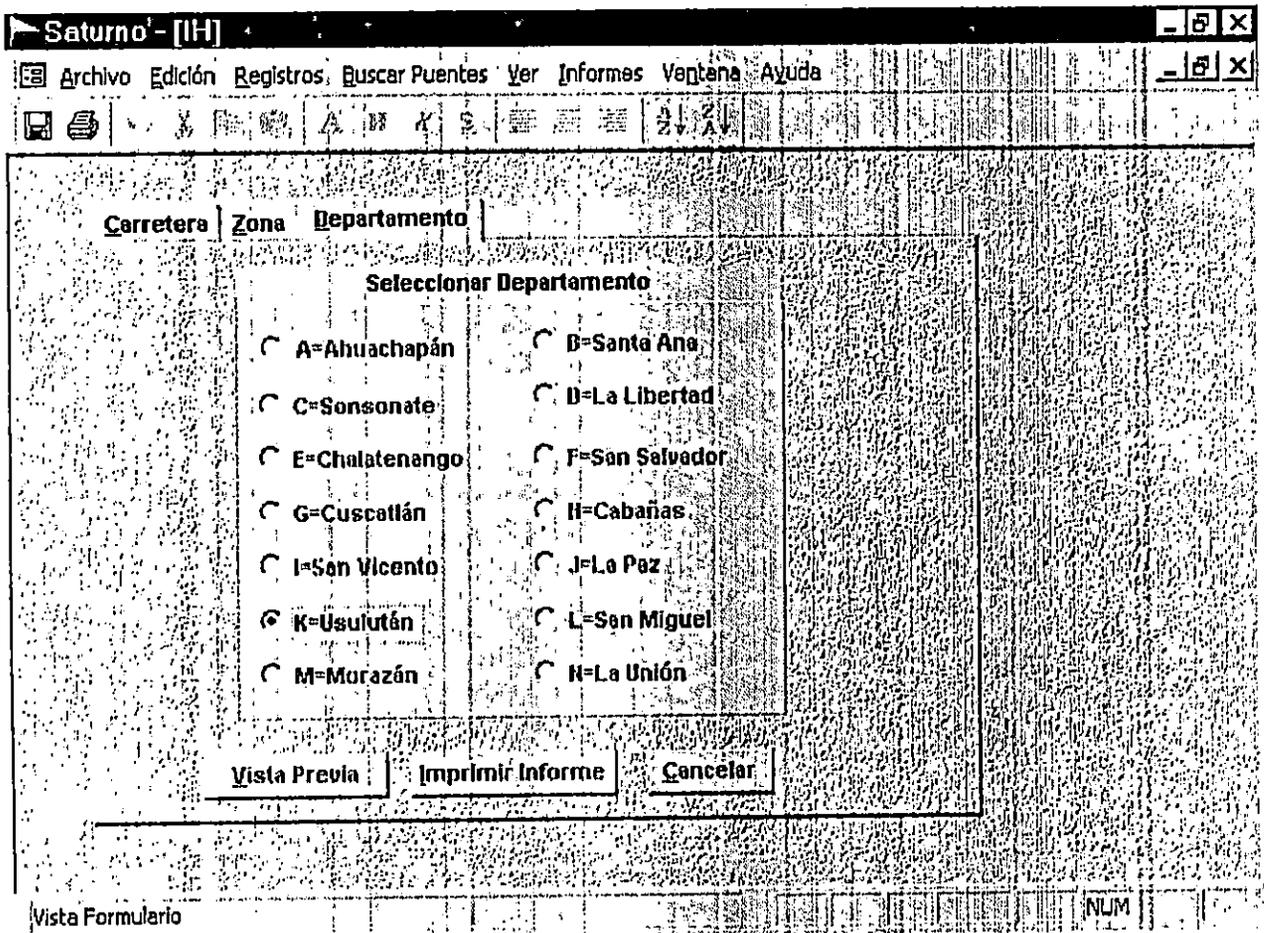


Fig. 4.56 La Ventana Índice de Salud

Como puede observarse en esta aparecen tres fichas con opciones de extracción de información por Carretera, Zona y por Departamento que es la ficha activa en la Fig. 4.56, También puede observarse tres botones en la parte inferior del grupo de opciones por departamento los cuales son: La vista previa al informe para que el usuario pueda ver las opciones de impresión con que cuenta (Ver Fig. 4.57 y 4.58); el botón imprimir informe que al presionarlo imprime el informe actual y por último el botón cancelar, que cierra la presente ventana.

La Ventana: Vista Previa al Índice de Salud (IH)

Archivo Edición Ver Herramientas Volver 100% Salir

Resumen de Datos Generales de Puentes

Departamento	Clasificación	Total	Ancho/Calzada	Número	Zona	Red	Carretera	Tipo	Material
C	1	15.0	7.45	San Francisco	OC	pri	CA-02	Meon	concreto
	1	15.60	7.45	La Palma	OC	pri	CA-02	VICON	concreto
	1	16.0	7.45	Renta Pá	OC	PRI	CA-02	Meon	Concreto
	1	18.60	7.3	Quilpa	OC	PRI	CA-02	Meon	concreto
	1	18.60	7.45	Sacramento	OC	PRI	CA-02	Meon	CONCRE
	1	18.70	7.45	braval	OC	pri	CA-02	Meon	concreto
	2	25.0	7.45	Ora Guich	OC	pri	CA-02	Meon	concreto
	2	31.40	7.5	El Nariño	OC	PRI	CA-02	VICON	Concreto
	2	32.20	7.45	Santa Clara	OC	pri	CA-02	Meon	concreto
	2	37.30	7.45	Ayuchapio	OC	PRI	CA-02	Meon	concreto
	2	61.70	7.55	Manuel José Piro	OC	PRI	CA-02	Carcbe	CONCRE
	1	10	7.3	Cimadaya	OC	pri	CA-02	Ribaida	Concreto
	1	12.50	7.45	Las Meritas	OC	pri	CA-02	Meon	Concreto
	1	16.60	7.87	Pudajaya	OC	pri	CA-02	Meon	Concreto
	1	23.10	7.45	Sirizayapan	OC	pri	CA-02	Mato	Concreto
1	6	7.3	La Man	OC	pri	CA-02	Divada	Concreto	
2	12.40	7.45	Meseca	OC	pri	CA-02	Lora	Concreto	
2	19.25	7.9	Tapanabusha	OC	pri	CA-02	Lora	Concreto	

Página 1 de 1 Preparado

Fig. 4.57 Vista Previa al Resumen de los datos Generales de los Puentes en CA-02

Archivo Edición Ver Herramientas Volver 100% Salir

Health Index (IH)

IH	Longitud	Código del Puente	Dept	Zona	Carretera	Membre
0.416667	65.7	MORRPR1379 CA02 118-010	K	OR	CA-02	Betas
	49.7	MORRPR1379 CA02 116-750	K	OR	CA-02	Enguayupán
	44	MORRPR1056 CA02 143-750	L	OR	CA-02	El Dabío
	39.1	MORRPR1379 CA02 114-800	K	OR	CA-02	La Constanza
	33.4	MPRPR0721 CA02 2080-600	I	PC	CA-02	La Cabrita
	23.5	MPRPR0721 CA02 2076-800	I	PC	CA-02	San Jerónimo
	24.5	MPRPR0721 CA02 2073-450	I	PC	CA-02	San Pedro
	21	MORRPR1379 CA02 118-300	K	OR	CA-02	San Diego
	20.9	MPRPR0721 CA02 2081-950	I	PC	CA-02	Tres Obisps
	17.55	MORRPR1721 CA02 173-100	N	OR	CA-02	sin
	17	MORRPR1231 CA02 176-560	N	OR	CA-02	Las Guarnas
	16	MORRPR1056 CA02 110-000	L	OR	CA-02	Ola Nueva
	14.85	MORRPR0941 CA02 105-550	K	OR	CA-02	Guarumbó
	12.5	MORRPR1231 CA02 171-200	N	OR	CA-02	sin
	11.35	MPRPR0721 CA02 2072-800	I	PC	CA-02	Las Vegas
	9.85	MORRPR1231 CA02 181-800	N	OR	CA-02	sin
	8.7	MPRPR0721 CA02 2074-900	I	PC	CA-02	El Gordo

Página 1 de 1 Preparado

Fig. 4.58 Vista Previa al listado de priorización de los puentes en CA-02



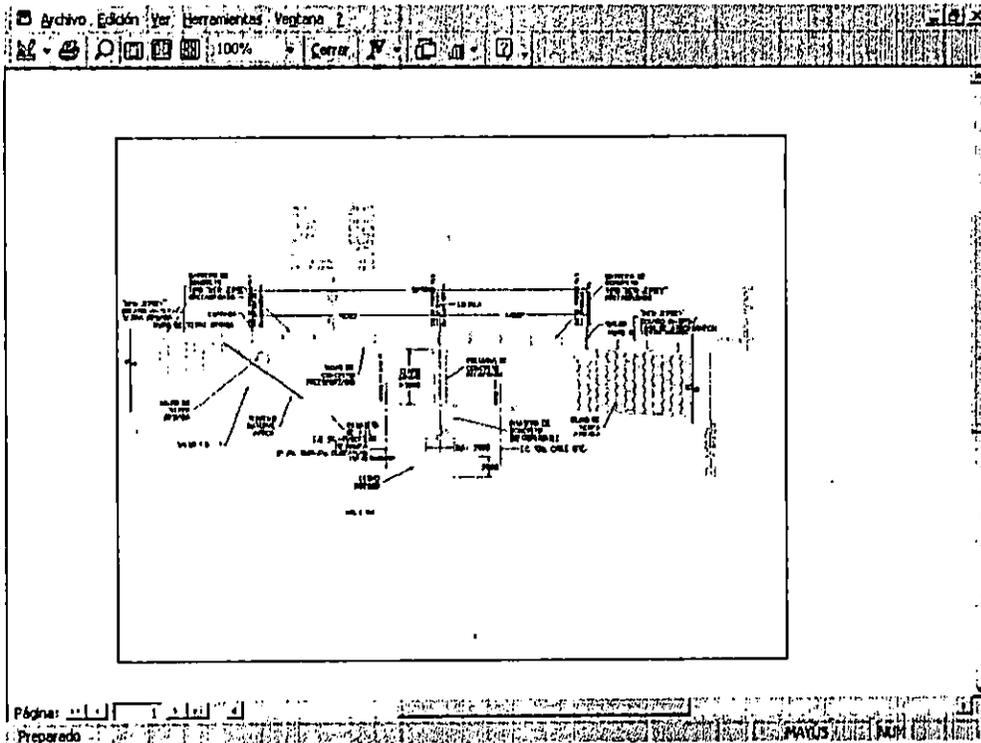


Fig. 4.61 Vista Previa de Planos estructurales. Elevación del Puente 2Av. Sur

#### 4.9 ASPECTOS DE PROGRAMACIÓN DEL PROGRAMA VIP – 02

Una base de datos es un sistema informático cuyo propósito principal es almacenar información y hacer que esté disponible en el momento requerido.

Los sistemas de base de datos se diseñan para manejar grandes cantidades de información, como los mecanismos para el manejo de la misma. Una base de datos en Microsoft Access puede estar compuesta básicamente por tablas, consultas, formularios, informes, módulos, etc.

Las tablas son una colección de datos sobre un tema específico, como la longitud del puente, tipo de puente, departamento de ubicación, etc. La utilización de una tabla diferente para cada tema significa que se almacenan los datos sólo una vez, lo cual hace aumentar la eficiencia de la base de datos y reduce los errores en la entrada de datos.

Las consultas son las solicitudes de información a la base de datos. Los formularios son las interfaces de ambiente Windows (ventanas) que maneja Access para la interacción con el usuario; en un formulario se puede presentar, eliminar, cambiar e introducir la información de una o mas tablas (ver Figs. 4.39, 4.40 y 4.41).

Un informe es un método eficaz de presentar los datos en formato impreso.

Un módulo es una colección de declaraciones, código y procedimientos en el lenguaje de programación que utilice la base de datos.



# CAPÍTULO V

# EJEMPLOS DE APLICACIÓN

## 5.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se realiza el estudio de vulnerabilidad a cuatro puentes. Los puentes tienen características similares.

Se realizó la inspección principal a cada uno de los puentes; debido a que son puentes relativamente nuevos, la inspección no reveló daños significativos y se espera que estén en excelentes condiciones tal como lo refleja el índice del estado del sistema estructural, el cual resultó ser el mismo para la muestra de puentes considerada en el presente estudio.

Los puentes se encuentran ubicados en el área metropolitana y han sido construidos recientemente, por lo que los índices de ubicación (zona sísmica y de inundación) y de norma usada para el diseño resultaron ser los mismos.

Para el cálculo del índice de funcionalidad, es necesario medir en campo las deflexiones producidas bajo intervalos de tráfico intenso; sin embargo, en el presente estudio se realiza un modelo simplificado de la superestructura, posteriormente se calculan las deflexiones realizando un análisis estructural básico.

Para el análisis dinámico no lineal, sólo se utilizaron los registros más destructivos del sismo ocurrido en El Salvador, el año de 1986.

El grado de vulnerabilidad de los claros del puente, es presentado. Finalmente se realiza una comparación del grado de vulnerabilidad presentado por cada uno de los puentes analizados.

**5.2 Evaluación de Vulnerabilidad para el Puente Superior Blvd. Venezuela y 49 Av. Sur.**

**11. ÍNDICE DE UBICACIÓN.**

Para evaluar este índice se considerarán dos aspectos. El primero se refiere a la localización del puente dentro de una zona sísmica de El Salvador. Las zonas sísmicas se definen en la tabla 1 de la Norma Técnica para Diseño por Sismo (NTDS). El segundo aspecto lo constituye la peligrosidad que presenta un puente al encontrarse en una zona inundable.

**11.1 Factor Zona Sísmica (FZS)**

El Puente Superior se encuentra en la zona I, de la tabla 2.1 se tiene:

ZONA SÍSMICA	FZS
Zona I	1.00
Zona II	0.75

$$FZS = 1.00$$

**11.2 Factor Zona Inundable (FZI)**

Se refiere a la localización del puente en lugares clasificados como zonas de inundación en El Salvador; siendo éstas de dos tipos, de la Tabla 2.2:

ZONA DE INUNDACIÓN	FZI
Zona Inundable ( ZI )	1.00
Zona No Inundable ( ZNI )	0.30

El Puente Superior se encuentra en una zona no inundable

Entonces:

$$FZI = 0.30$$

El índice de ubicación se calcula de la siguiente forma:

$$I1 = \frac{FZS + FZI}{2}$$

Para El Punte Superior:

$$I1 = \frac{1.0 + 0.3}{2}$$

$I1 = 0.6500$
---------------

## 12. ÍNDICE DE TRÁFICO

### 12.1 Factor Carga de Tráfico (FCT)

Para evaluar este índice es necesario calcular la relación de carga de tráfico(CT).

$$\text{Carga de Tráfico (CT)} = \frac{\text{Carga de Tráfico Real}}{\text{Carga de Tráfico de Diseño}}$$

Donde:

Carga de Tráfico Real = 362.6 KN ( Peso medido a un vehículo T3-S2: 37 Ton)

Asumiendo Carga de Tráfico de Diseño = 320.26 KN ( Peso de un vehículo HS-20-44)

$$CT = \frac{362.6}{320.26}$$

1.13

De acuerdo a la tabla 2.3 se tiene:

CT	FCT
$CT \leq 1$	0.4
$1 < CT \leq 2$	0.6
$2 < CT \leq 3$	0.9
$3 < CT$	1.0

$$FCT = 0.6$$

### 12.2 Factor Importancia de la Carretera (FIC)

Esta importancia refleja el nivel de servicio o volumen de tráfico, asociado a su posición geográfica en una región o su particularidad en el diseño.

El Puente Superior se encuentra en una carretera clasificada como especial, según la tabla 2.4 tenemos:

TIPO DE VIA	CLASIFICACION	FIC
Especial Primaria	Vías principales	1.00
Secundarias Terciarias	Vías importantes	0.80
Camino rural a, Camino rural b Otros...	Vías de menor Importancia	0.50

$$FIC = 1.0$$

El Índice de Tráfico sería entonces:

$$I2 = (0.70 * FCT + 0.30 * FIC)$$

$$I2 = (0.70 * 0.60 + 0.30 * 1.00) = 0.72$$

$I2 = 0.7200$
---------------

### 13. ÍNDICE DE NORMA USADA PARA EL DISEÑO

Según información registrada en los planos estructurales finales, el diseño del puente fue realizado con los lineamientos posteriores a los de la norma AASHTO-92 (Standard Specifications for Highway Bridges, "AASHTO"-1996 E INTERIM 1997)

Basándose en lo anterior el índice se establecería de acuerdo a la tabla 2.5 se tiene:

AÑO DE NORMA	I3
Antes de 1965	1.00
1965-1983	0.80
1983-1992	0.50
Después de 1992	0.20

$$I3 = 0.2000$$

#### 14. ÍNDICE DEL ESTADO DEL SISTEMA ESTRUCTURAL.

Para la evaluación de este parámetro es necesario realizar una inspección principal al puente. Para este propósito fue que se elaboró el formato para inspecciones principales(ver Anexo A2)

El valor correspondiente de cada componente, se obtiene de las tablas del formato de inspecciones principales (FIP, ver Anexo A3).

$$I_4 = 3\% \frac{JE}{4} + 5\% \frac{AP}{4} + 40\% \frac{SP}{4} + 40\% \frac{SB}{4} + 5\% \frac{FU}{4} + 5\% \frac{AC}{4} + 2\% \frac{CA}{4}$$

Componente de la Estructura	Importancia (%)
Juntas de expansión (Tabla3)	3
Aparatos de apoyo (Tabla4)	5
Superestructura (Tabla7)	40
Subestructura (Tabla8)	40
Fundaciones (Tabla9)	5
Accesos (Tabla10)	5
Cauce (Tabla18)	2

De la inspección principal realizada se tiene:

Elemento	JE	AP	SP	SB	FU	AC	CA
Condición	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

$$I_4 = 0.0200$$

## 15. ÍNDICE DE TIPO DE SISTEMA ESTRUCTURAL

15.1 Factor de Superestructura (FSP), de la Tabla 2.6 se tiene:

CATEGORIA	FSP
Puentes Viaductos	1.0
Puentes soportados por estribos	0.5

El Puente está compuesto de 3 columnas aisladas y un sistema de marco, por lo que su factor de Superestructura es:

De lo anterior FSP = 1.0

15.2 Factor de Subestructura (FSB) , de la Tabla 2.7 se tiene:

CATEGORÍA	FSB
Columna simple	1.0
Dos o más columnas con viga de cabezal continua	0.9
Armadura	0.8
Estructura de marco	0.7
Columna tipo pared	0.7

De lo anterior FSB = 1.0

15.3 Factor de condiciones de apoyo (FCA) , de la Tabla 2.8 se tiene:

CATEGORÍA	FCA
Puentes integrales	0.2
Puentes en condiciones de apoyo intermedio	0.75
Puentes simplemente apoyados	1.0

De lo anterior  $FCA = 1.0$

$$I5 = \frac{FSP + FSB + FCA}{3}$$

$$I5 = \frac{1.0 + 1.0 + 1.0}{3}$$

$$I5 = 1.000$$

## 16. ÍNDICE DE FUNCIONALIDAD

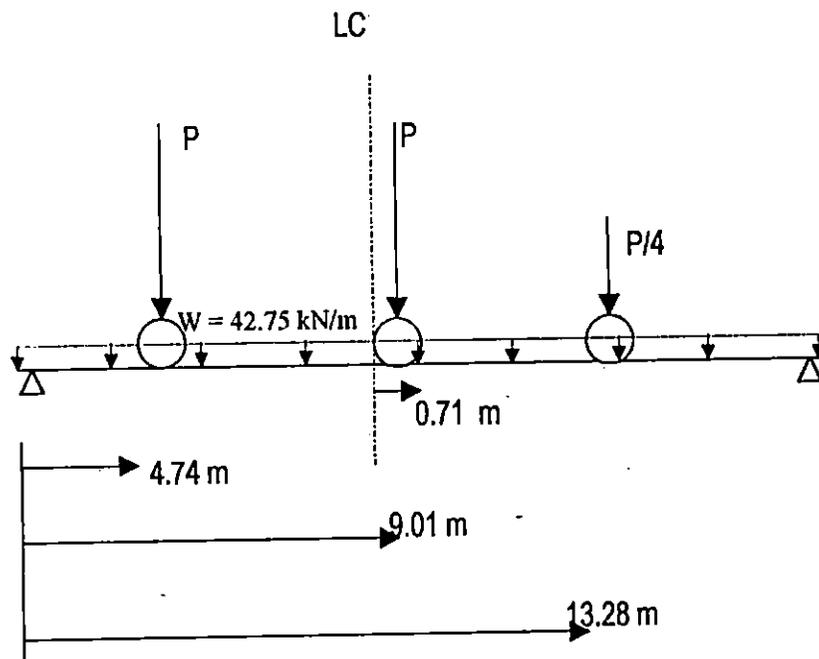
### 16.1 Factor de Deflexión Relativa (FDR).

Para evaluar este factor es necesario conocer las deflexiones reales en el puente (deflexión actuante) y las deflexiones permitidas por las normas (deflexión permitida).

- Deflexión Actuante:

Longitud	16.60 m
Area Equivalente	2.0179 m <sup>2</sup>
Inercia	0.56723 m <sup>4</sup>
Módulo de Elasticidad (E <sub>c</sub> )	24761790.34 KN/m <sup>2</sup>
Asumiendo un Vehículo de diseño	HS-20-44

El modelo se presenta a continuación:



Donde:  $P = 142.34 \text{ KN}$

Se modeló el sistema de vigas con el Software *SOL.FOR* y la deflexión fue de **0.4771** cm en la posición de la carga de 142.34 KN, que se encuentra a 0.71 m de la línea central.

- Deflexión permitida

Para el cálculo de la deflexión permitida, se utilizarán los criterios propuestos en la sección 8.9.3 de AASHTO S.D., de Tabla 2.9:

SISTEMA ESTRUCTURAL UBICACIÓN	CLARO SIMPLE O CONTINUO	BRAZOS EN VOLADIZO
Puente en áreas urbanas	$(1/1000)*L$	$(1/375)*L$
Puente fuera de áreas urbanas	$(1/800)*L$	$(1/800)*L$

El Puente se encuentra en área urbana de claro continuo.

De lo anterior  $\Delta = 16.60/1000 = 0.0166$  m (1.66 cm)

La deflexión relativa es:

$$DR = \frac{0.4771}{1.6600} = 0.2874$$

El factor de deflexión relativa se calcula de acuerdo a la siguiente tabla 2.10:

DR	FDR
$DR \leq 1$	0.2
$1 < DR \leq 2$	0.8
$2 < DR$	1.0

Por lo tanto FDR = 0.2

## 16.2 Factor de Longitud de apoyo (FLA)

Al igual que el factor de deflexión, para este factor se necesita la longitud de apoyo actuante (real) y la longitud de apoyo requerida por las normas.

- Longitud de apoyo actuante (se tomó de los planos estructurales)

$$N = 96.0 \text{ cms.}$$

- Longitud de apoyo permitida

El cálculo de la longitud de apoyo permitida, se basará en criterios definidos en la sección 7.3 de AASHTO SD.

$$N = (30.5 + 0.25L + H) (1 + 0.000125 S^2)$$

Donde:

- N : es la longitud de apoyo permitida perpendicular al ángulo de inclinación (en cms).
- L : longitud del claro entre apoyos (en m).
- H : altura promedio de la(s) pila(s) (en m).
- S : ángulo de inclinación del soporte medido desde una línea normal al eje longitudinal del claro (en grados).

De los planos finales:

$$N = 44.85 \text{ cm}$$

De lo anterior, la longitud de apoyo relativa es:

$$LAR = \frac{\text{Longitud de apoyo actuante}}{\text{Longitud de apoyo permitida}}$$

$$LAR = \frac{96.00 \text{ cm}}{44.85 \text{ cm}}$$

$$LAR = 2.14$$

De la tabla 2.11 se obtiene el factor de longitud de apoyo (FLA)

LAR	FLA
$LAR \leq 1$	1.0
$1 < LAR \leq 2$	0.8
$2 < LAR$	0.2

De lo anterior FLA = 0.2

El índice de funcionalidad (I6) se define como:

$$I6 = \frac{FDR + FLA}{2}$$

$$I6 = \frac{(0.2 + 0.2)}{2}$$

$$I6 = 0.2000$$

## 17. ÍNDICE DE PERÍODO DE VIBRACIÓN

Para conocer las propiedades mecánicas y dinámicas del suelo es necesario un estudio completo de suelos, en este caso asumiremos una velocidad de cortante de 165 m/s .

Cálculo del período del suelo:

$$T_s = \frac{4D}{V_{so}}$$

Donde:

$T_s$  = período del suelo, seg.

$D$  = espesor del desplante de cimentación, m.

$$T_s = \frac{4(11.25)}{165} = 0.27273$$

El período de la estructura es de 0.7773 seg. ( De NONLIN ).

La evaluación del índice de periodo de vibración se realiza de la siguiente manera:

$$\text{Índice de Período de Vibración } I7 = 1 - \frac{(T_e - T_s)}{T_e}$$

$$I7 = 1 - \frac{(0.7773 - 0.27273)}{0.7773}$$

$$I7 = 0.3509$$

$$I7 = 0.3509$$

## 18. ÍNDICE DE DUCTILIDAD

La **Ductilidad Demandada** por el sismo se calculará de la manera siguiente:

$$\mu = \frac{\Delta_{\text{máx}}}{\Delta_y}$$

donde:

$\Delta_{\text{máx}}$  = Desplazamiento Post-Elástico.

$\Delta_y$  = Desplazamiento al ocurrir la fluencia.

$\mu$  = Ductilidad Demandada

Para evaluar la ductilidad demandada será necesario utilizar un software de análisis dinámico no lineal. El software NONLIN será utilizado con los registros de sismos más destructivos registrados en El Salvador.

### CÁLCULO DE LAS PROPIEDADES PARA NONLIN

En NONLIN el sistema portante del puente (la columna en análisis) se idealiza como un sistema de un solo grado de libertad. Para el **Análisis Lineal**, se requieren las propiedades:

- Masa
- Amortiguamiento
- Rigidez Inicial

Para el **Análisis No Lineal** se requieren dos propiedades adicionales:

- Rigidez Secundaria  $K_2$
- Fuerza de Fluencia,  $F_y$

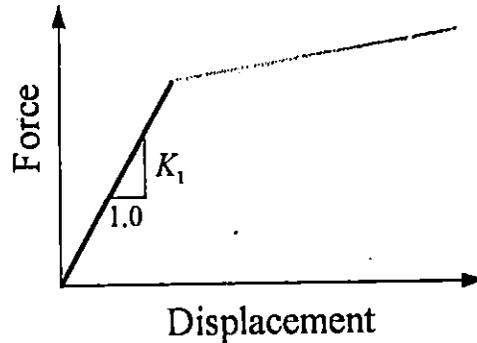
### CÁLCULO DE LA MASA

La masa entra como el peso que soporta el sistema portante, para este propósito se ha analizado todos los elementos que contribuyen en peso al sistema (en este caso a la columna).

El peso total es el dato de entrada para NONLIN( Masa = W/g; g = aceleración de la gravedad).

### CÁLCULO DE LAS RIGIDEZES (K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub>)

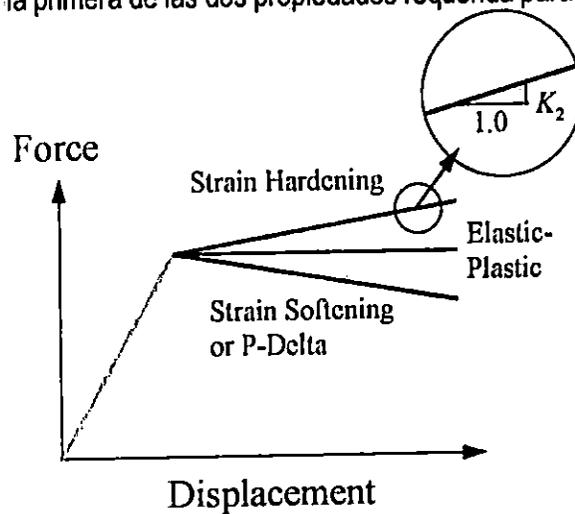
La rigidez inicial K<sub>1</sub> se ilustra en la gráfica. K<sub>1</sub> tienen unidades de fuerza/longitud. Para el Análisis No Lineal, la rigidez de la descarga se asume igual a la rigidez inicial.



$$K_1 = \frac{3E_c I_e}{l}$$

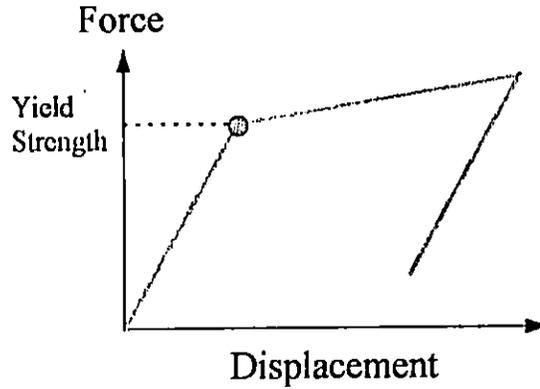
### CÁLCULO DE LA RIGIDEZ SECUNDARIA K<sub>2</sub>

La rigidez secundaria es la primera de las dos propiedades requerida para el Análisis No Lineal.



### CÁLCULO DE LA FUERZA DE FLUENCIA $F_y$

La fuerza de fluencia del sistema es la segunda de las dos propiedades requeridas para el Análisis No Lineal.



La fuerza de fluencia es aquella que produce la plastificación de la sección del sistema portante del puente ( En este caso, de la columna).

Para la obtención de esta fuerza ( $F_y$ ), es necesario calcular el momento plástico de la sección  $M_p$ .

$$F_y = M_p/h$$

#### RESUMEN DE LAS PROPIEDADES PARA NONLIN

Peso Total	1234.36 KN
Rigidez Inicial	8230.80 KN/m
Rigidez Secundaria	164.62 KN/m
Fuerza de Fluencia	623.89 KN

Con los datos anteriores se puede modelar el sistema en el software NONLIN

RESULTADOS

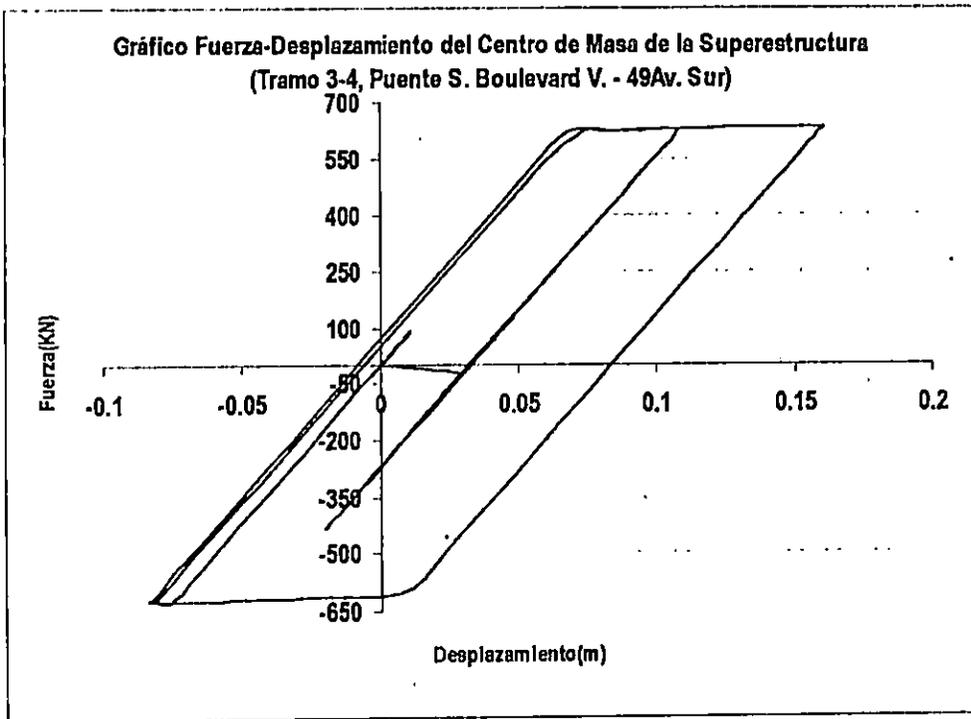


Fig. 5.1 Historia Fuerza – Desplazamiento del Centro de Masa de la Superestructura.

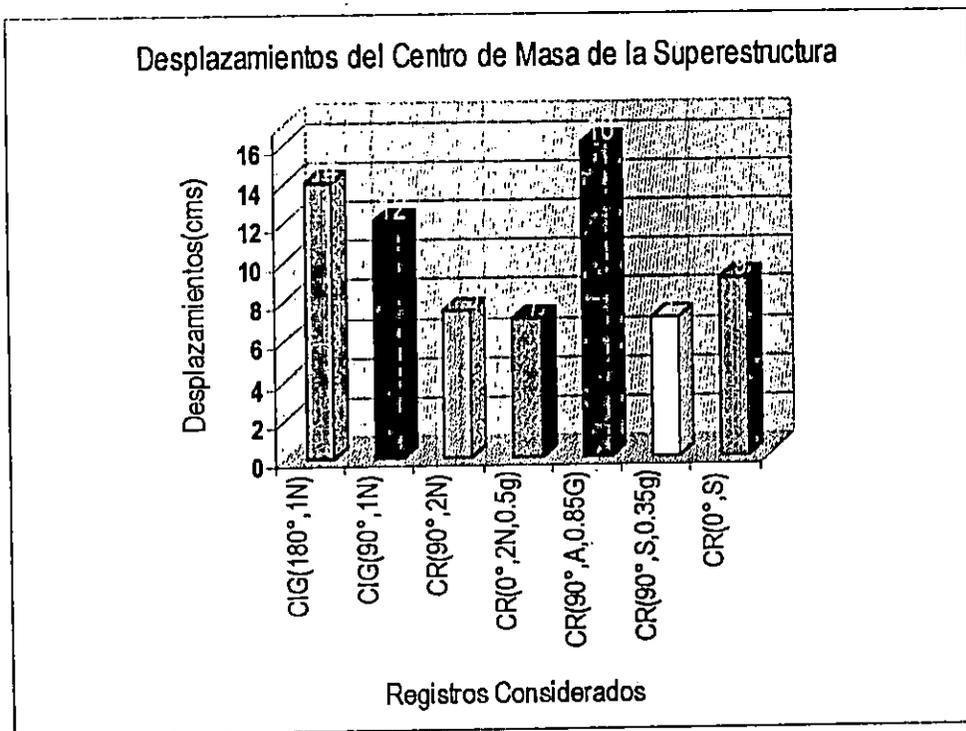


Fig. 5.2 Desplazamientos del Centro de Masa de la Superestructura.

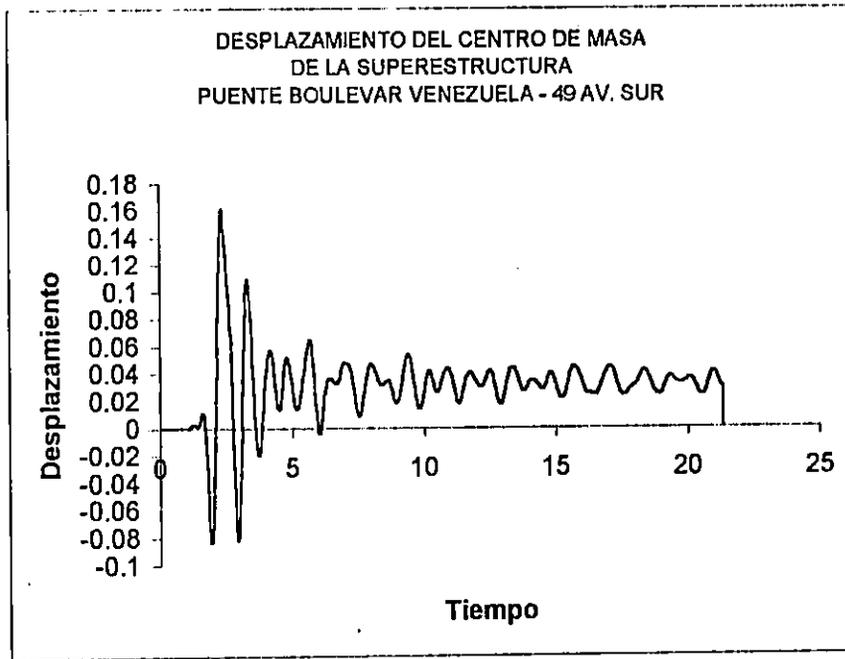


Fig. 5.3 Historia de Desplazamiento en el tiempo.

Al evaluar el sistema, el registro del Hotel Camino Real del sismo de 1986, lleva a fluencia al sistema en 4 ocasiones con un desplazamiento máximo Post-Elástico de 16 cms.

Entonces **la Ductilidad Demandada** es  $\mu_{Demandada} = \frac{\Delta_{máx}}{\Delta_y} = \frac{16.00}{7.58} = 2.11$  y se asociará

a la tabla 2.13 ( $\mu = 0.6000$ ):

Ductilidad Demandada ( $\mu$ )	$\mu$
Estructuras Elásticas	0.0000
$1 \leq \mu < 2$	0.4000
$2 \leq \mu < 3$	0.6000
$3 \leq \mu < 4$	0.7000
$4 \leq \mu < 5$	0.8000
$5 \leq \mu < 6$	0.9000
$\mu \geq 6$	1.0000

$$\mu = 0.6000$$

### 19. ÍNDICE DE COLAPSO POR PANDEO GEOMÉTRICO

Este índice está en función del factor  $\alpha$  que determina la magnitud de la carga crítica que provoca que el sistema portante de un puente, colapse debido a falla por estabilidad.

El factor  $\alpha$  resulta de un análisis de estabilidad definido para  $\alpha > 0$ .

El factor  $\alpha$  es calculado con el software **SOL.FOR**, para ello necesita de las propiedades siguientes:

Altura de columna	10.03 m
Área de sección	1.7672 m <sup>2</sup>
Inercia de sección	0.2485 m <sup>4</sup>
Módulo de Elasticidad	24761790.34 KN/m <sup>2</sup>
Carga	1234.36 KN

Entonces el Índice de Colapso por Pandeo Geométrico se calcula de la siguiente forma:

$$I9 = \frac{1}{\sqrt{\alpha}}$$

De los resultados del Análisis de Estabilidad Lineal, realizado por **SOL.FOR** se tiene:

$$\alpha = 123.18$$

De lo anterior el índice I9 será:

$$I9 = \frac{1}{\sqrt{123.18}} = 0.0901$$

$I9 = 0.0901$
---------------

5.2.1 VULNERABILIDAD POR TRAMOS

INDICES	FACTORES	E1		P1		P2		P3		P4		E2	
		TRAMO 1		TRAMO 2		TRAMO 3		TRAMO 4		TRAMO 5			
11	FZS	1.00	0.65	1.00	0.65	1.00	0.65	1.00	0.65	1.00	0.65	0.65	
	FZI	0.30		0.30		0.30		0.30		0.30			0.30
12	FCT	0.60	0.72	0.60	0.72	0.60	0.72	0.60	0.72	0.60	0.72	0.72	
	FIC	1.00		1.00		1.00		1.00		1.00			
13	0.20		0.20		0.20		0.20		0.20		0.20		
	JE	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
	AP	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
	SP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	SB	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	
14	FU	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.02	
	AC	0.00		0.00		0.00		0.00		0.00			
	CA	0.00		0.00		0.00		0.00		0.00			0.00
	FSP	1.00		1.00		1.00		1.00		1.00			1.00
15	FSB	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
	FCA	1.00		1.00		1.00		1.00		1.00			
	FDR	0.20		0.20		0.20		0.20		0.20			0.20
16	FLA	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	
17			0.4300		0.3600		0.7320		0.3509				
18			0.4000		0.400		0.0000		0.600				
19			0.0928		0.114		0.0282		0.0901				
INDICE GLOBAL POR TRAMO		2.88		2.90		3.35		3.63		3.10		3.10	
INDICE GLOBAL POR PILA		2.88		2.79		2.67		3.10		3.10		3.10	

5.2.2 INDICE DE VULNERABILIDAD GLOBAL

Puente: Puente Superior en el Paso a desnivel de la intersección Boulevard Venezuela y 49 Av. Sur		
I1. Índice de Ubicación	FZS = 1.00	I1 = 0.6500
	FZI = 0.30	
I2. Índice de Tráfico	FCT = 0.60	I2 = 0.7200
	FIC = 1.00	
I3. Índice de Norma Usada para el Diseño	AASTHO-1996	I3 = 0.2000
I4. Índice del Estado del Sistema Estructural	Índice del Estado del Sistema Estructural = 0.02	I4 = 0.0200
I5. Índice de Tipo de Sistema Estructural	FSP = 1.00	I5 = 1.000
	FSB = 1.00	
	FCA = 1.00	
I6. Índice de Funcionalidad	FDR = 0.20	I6 = 0.2000
	FLA = 0.20	
I7. Índice de Periodo de Vibración	Índice de Periodo de Vibración = 0.3509	I7 = 0.3509
I8. Índice de Ductilidad	Ductilidad Demandada = 2.11	I8 = 0.6000
I9. Índice de Colapso por Pandeo Geométrico	Factor Alfa ( $\alpha$ ) = 119.11	I9 = 0.0901
Vulnerabilidad Estructural ( $V_E$ )	Vulnerabilidad Nivel 1 = 2.57	$V_E = 0.6VN1 + 0.4VN2$ $V_E = 3.10$
	Vulnerabilidad Nivel 2 = 3.80	
Vulnerabilidad Estructural ( $V_E$ ) $V_E = 3.10$		Vulnerabilidad Proyectada ( $V_P$ ) 2.30

### 5.3 Evaluación de Vulnerabilidad para el Viaducto Superior Hermano Lejano

#### 11. ÍNDICE DE UBICACIÓN.

Para evaluar este índice se considerarán dos aspectos. El primero se refiere a la localización del puente dentro de una zona sísmica de El Salvador. Las zonas sísmicas se definen en la tabla 1 de la Norma Técnica para Diseño por Sismo (NTDS). El segundo aspecto lo constituye la peligrosidad que presenta un puente al encontrarse en una zona inundable.

##### 11.1 Factor Zona Sísmica (FZS)

El Puente Superior del Paso a Desnivel Hermano Lejano se encuentra en la zona I, de la tabla 2.1 se tiene:

ZONA SÍSMICA	FZS
Zona I	1.00
Zona II	0.75

$$FZS = 1.00$$

##### 11.2 Factor Zona Inundable (FZI)

Se refiere a la localización del puente en lugares clasificados como zonas de inundación en El Salvador; siendo éstas de dos tipos, de la Tabla 2.2:

ZONA DE INUNDACIÓN	FZI
Zona Inundable ( ZI )	1.00
Zona No Inundable ( ZNI )	0.30

El Puente Superior del Paso a Desnivel Hermano Lejano se encuentra en una zona no inundable  
Entonces:

$$FZI = 0.30$$

El índice de ubicación se calcula de la siguiente forma:

$$I1 = \frac{FZS + FZI}{2}$$

Para El Punte Superior del Paso a desnivel Hermano Lejano:

$$I1 = \frac{1.0 + 0.3}{2}$$

$$I1 = 0.6500$$

## 12. ÍNDICE DE TRÁFICO

### 12.1 Factor Carga de Tráfico (FCT)

Para evaluar este índice es necesario calcular la relación de carga de tráfico (CT).

$$\text{Carga de Tráfico (CT)} = \frac{\text{Carga de Tráfico Real}}{\text{Carga de Tráfico de Diseño}}$$

Donde:

Carga de Tráfico Real = 362.6 KN ( Peso medido a un vehículo T3-S2: 37 Ton)

Asumiendo Carga de Tráfico de Diseño = 320.26 KN ( Peso de un vehículo HS-20-44)

$$CT = \frac{362.6}{320.26}$$

De acuerdo a la tabla 2.3 se tiene:

CT	FCT
$CT \leq 1$	0.4
$1 < CT \leq 2$	0.6
$2 < CT < 3$	0.9
$3 < CT$	1.0

$$FCT = 0.6$$

### 12.2 Factor Importancia de la Carretera (FIC)

Esta importancia refleja el nivel de servicio o volumen de tráfico, asociado a su posición geográfica en una región o su particularidad en el diseño.

El Puente Superior del Paso a Densivel se encuentra en una carretera clasificada como especial, según la tabla 2.4 tenemos:

TIPO DE VIA	CLASIFICACION	FIC
Especial Primaria	Vías principales	1.00
Secundarias Terciarias	Vías importantes	0.80
Camino rural a, Camino rural b Otros...	Vías de menor Importancia	0.50

$$FIC = 1.0$$

El índice de Tráfico sería entonces:

$$I2 = (0.70 * FCT + 0.30 * FIC)$$

$$I2 = (0.70 * 0.60 + 0.30 * 1.00) = 0.72$$

$I2 = 0.7200$
---------------

### 13. ÍNDICE DE NORMA USADA PARA EL DISEÑO

Según información registrada en los planos estructurales finales, el diseño del puente fue realizado con los lineamientos posteriores a los de la norma AASHTO-92

Basándose en lo anterior el índice se establecería de acuerdo a la tabla 2.5 se tiene:

AÑO DE NORMA	I3
Antes de 1965	1.00
1965-1983	0.80
1983-1992	0.50
Después de 1992	0.20

$$I3 = 0.2000$$

#### 14. ÍNDICE DEL ESTADO DEL SISTEMA ESTRUCTURAL.

Para la evaluación de este parámetro es necesario realizar una inspección principal al puente. Para este propósito fue que se elaboró el formato para inspecciones principales.

El valor correspondiente de cada componente, se obtiene de las tablas del formato de inspecciones principales (FIP, ver Anexo A3).

$$I4 = 3\% \frac{JE}{4} + 5\% \frac{AP}{4} + 40\% \frac{SP}{4} + 40\% \frac{SB}{4} + 5\% \frac{FU}{4} + 5\% \frac{AC}{4} + 2\% \frac{CA}{4}$$

Componente de la Estructura	Importancia (%)
Juntas de expansión (Tabla3)	3
Aparatos de apoyo (Tabla4)	5
Superestructura (Tabla7)	40
Subestructura (Tabla8)	40
Fundaciones (Tabla9)	5
Accesos (Tabla10)	5
Cauce (Tabla18)	2

De la inspección principal realizada se tiene:

Elemento	JE	AP	SP	SB	FU	AC	CA
Condición	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

$$I4 = 0.0200$$

## 15. ÍNDICE DE TIPO DE SISTEMA ESTRUCTURAL

15.1 Factor de Superestructura (FSP), de la Tabla 2.6 se tiene:

CATEGORIA	FSP
Puentes Viaductos	1.0
Puentes soportados por estribos	0.5

El Puente está compuesto de 8 columnas, por lo que su factor de Superestructura es:

De lo anterior  $FSP = 1.0$

15.2 Factor de Subestructura (FSB), de la Tabla 2.7 se tiene:

CATEGORÍA	FSB
Columna simple	1.0
Dos o más columnas con viga de cabeza continua	0.9
Armadura	0.8
Estructura de marco	0.7
Columna tipo pared	0.7

El Puente está soportado por columnas circulares simples (ver planos).

De lo anterior  $FSB = 1.0$

15.3 Factor de condiciones de apoyo (FCA), de la Tabla 2.8 se tiene:

CATEGORÍA	FCA
Puentes integrales	0.2
Puentes en condiciones de apoyo intermedio	0.75
Puentes simplemente apoyados	1.0

El Puente está apoyado con condiciones intermedias

De lo anterior  $FCA = 0.75$

$$I5 = \frac{FSP + FSB + FCA}{3}$$

$$I5 = \frac{1.0 + 1.0 + 0.75}{3}$$

$$I5 = 0.9167$$

## 16. ÍNDICE DE FUNCIONALIDAD

### 16.1 Factor de Deflexión Relativa (FDR).

Para evaluar este factor es necesario conocer las deflexiones reales en el puente (deflexión actuante) y las deflexiones permitidas por las normas (deflexión permitida).

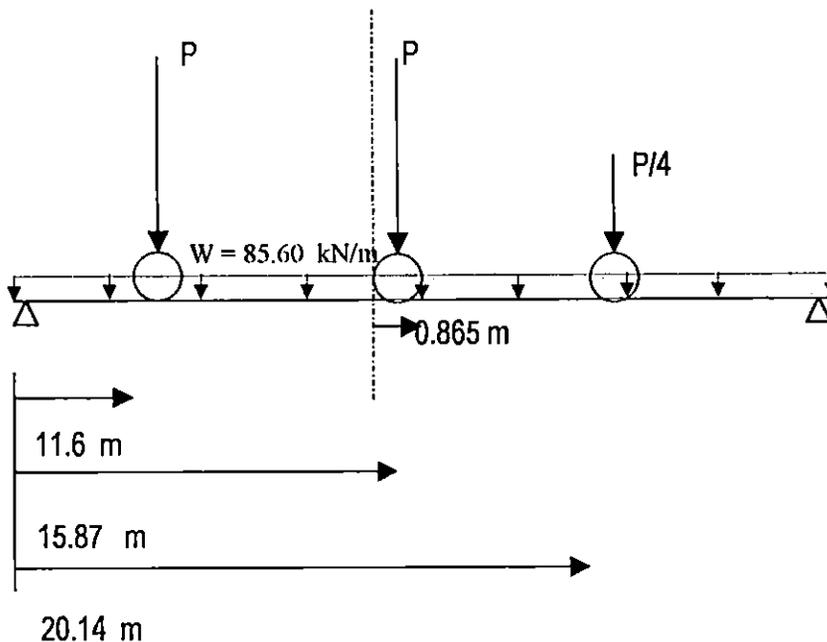
- Deflexión Actuante:

Estas deflexiones se calcularán basándose en una modelación del sistema de Vigas-Tablero y el peso por eje de los vehículos y peso propio del sistema, realizando previamente un análisis de líneas de influencia para cargas móviles y poder detectar la posición del vehículo que proporcione la condición más desfavorable.

Longitud	30 m
Area Equivalente	3.5680 m <sup>2</sup>
Inercia	0.823758 m <sup>4</sup>
Módulo de Elasticidad (E <sub>c</sub> )	23397692.4 KN/m <sup>2</sup>
Asumiendo Vehículo de diseño	HS-20-44 (En dos bandas de circulación)

El modelo de carga por eje para un vehículo HS-20-44 se presenta a continuación:

LC



Donde:  $P = 284.6 \text{ KN}$

Del Análisis de líneas de influencia se determinó que el momento máximo se alcanza cuando las cargas se encuentran en la posición mostrada en la figura anterior y es la carga de 284.6 KN que está a 0.865 m de la línea central, la que produce esta respuesta máxima.

Se modeló la viga con el Software **SOL.FOR** y la deflexión fue de **4.095** cm en la posición de la carga de 284.6 KN, que se encuentra a 0.865 m de la línea central.

- Deflexión permitida

Para el cálculo de la deflexión permitida, se utilizarán los criterios propuestos en la sección 8.9.3 de AASHTO S.D., de la Tabla 2.9 tenemos:

SISTEMA ESTRUCTURAL UBICACIÓN	CLARO SIMPLE O CONTINUO	BRAZOS EN VOLADIZO
	Puente en áreas urbanas	$(1/1000)*L$
Puente fuera de áreas urbanas	$(1/800)*L$	$(1/800)*L$

El paso a desnivel se encuentra en área urbana de claro continuo.

De lo anterior  $\Delta = 30/1000 = 0.03 \text{ m (3 cm)}$

La deflexión relativa es:

$$DR = \frac{4.0950}{3.0000} = 1.3650$$

El factor de deflexión relativa se calcula de acuerdo a la tabla 2.10:

DR	FDR
$DR \leq 1$	0.2
$1 < DR \leq 2$	0.8
$2 < DR$	1.0

Por lo tanto  $FDR = 0.8$

## 16.2 Factor de Longitud de apoyo (FLA)

Al igual que el factor de deflexión, para este factor se necesita la longitud de apoyo actuante (real) y la longitud de apoyo requerida por las normas.

- Longitud de apoyo actuante (se tomó de los planos estructurales)

$N = 71\text{cm}$  (esta fue la longitud más desfavorable correspondiente a la Pila P6; Tramos 5-6, 6-7)

- Longitud de apoyo permitida

El cálculo de la longitud de apoyo permitida, se basará en criterios definidos en la sección 7.3 de AASHTO SD.

$$N = (30.5 + 0.25L + H) (1 + 0.000125 S^2)$$

Donde:

- N : es la longitud de apoyo permitida perpendicular al ángulo de inclinación (en cms).
- L : longitud del claro entre apoyos (en m).
- H : altura promedio de la(s) pila(s) (en m).
- S : ángulo de inclinación del soporte medido desde una línea normal al eje longitudinal del claro (en grados).

De los planos finales:

$$N = 49.16 \text{ cm}$$

De lo anterior, la longitud de apoyo relativa es:

$$LAR = \frac{\text{Longitud de apoyo actuante}}{\text{Longitud de apoyo permitida}}$$

$$LAR = \frac{71.00\text{cm}}{49.16\text{cm}}$$

$$\text{LAR} = 1.44$$

De la tabla 2.11 se obtiene el factor de longitud de apoyo (FLA)

LAR	FLA
$\text{LAR} \leq 1$	1.0
$1 < \text{LAR} \leq 2$	0.8
$2 < \text{LAR}$	0.2

De lo anterior  $\text{FLA} = 0.8$

El índice de funcionalidad ( $I_6$ ) se define como:

$$I_6 = \frac{\text{FDR} + \text{FLA}}{2}$$

$$I_6 = \frac{0.80 + 0.80}{2} = 0.80$$

$$I_6 = 0.8000$$

## 17. ÍNDICE DE PERÍODO DE VIBRACIÓN

Para conocer las propiedades mecánicas y dinámicas del suelo es necesario un estudio completo de suelos, en este caso asumiremos una velocidad de cortante de 214 m/s que son los valores aproximados tomados de la tabla 2.12 propiedades dinámicas del suelo de San Salvador para un desplante de pilotes de 14.80 metros de profundidad.

Descripción	Profundidad	di	Vs	Vd	$\Delta T$	$\Sigma \Delta T$
Limo poco arenoso, ocre claro, semicompacto	4.15	4.15	140	242	0.12	0.12
Limo poco arenoso, ocre claro, semicompacto	5.75	1.60	123	213	0.05	0.17
Limo arenoso, café compacto	7.55	1.80	128	221	0.06	0.23
Limo arenoso, café oscuro semicompacto	10.05	2.50	103	178	0.10	0.33
Arena fina limosa, café rojizo, compacta	11.60	1.55	165	285	0.04	0.37
Arena fina limosa, café rojizo, compacta con poca gravilla	14.60	3.00	214	370	0.06	0.43

Cálculo del periodo del suelo:

$$T_s = \frac{4D}{V_{so}}$$

Donde:

$T_s$  = periodo del suelo, seg.

$D$  = espesor del desplante de cimentación, m.

$$T_s = \frac{4 * 14.80}{214} = 0.2766 \text{ Seg.}$$

El período de la estructura es de 1.17 seg. ( De NONLIN ).

La evaluación del índice de período de vibración se realiza de la siguiente manera:

$$\text{Índice de Período de Vibración } I7 = 1 - \frac{(T_e - T_s)}{T_e}$$

$$I7 = 1 - \frac{(1.17 - 0.2766)}{1.17} = 0.2364 \text{ Seg.}$$

$$I7 = 0.2364$$

## 18. ÍNDICE DE DUCTILIDAD

La **Ductilidad Demandada** por el sismo se calculará de la manera siguiente:

$$\mu = \frac{\Delta_{\text{máx}}}{\Delta_y}$$

donde:

$\Delta_{\text{máx}}$  = Desplazamiento Post-Elástico.

$\Delta_y$  = Desplazamiento al ocurrir la fluencia.

$\mu$  = Ductilidad Demandada

Para evaluar la ductilidad será necesario utilizar un software de análisis dinámico no lineal. El software NONLIN será utilizado con los registros de sismos más destructivos registrados en El Salvador.

### CÁLCULO DE LAS PROPIEDADES PARA NONLIN

En NONLIN el sistema portante del puente (la columna en análisis) se idealiza como un sistema de un solo grado de libertad. Para el **Análisis Lineal**, se requieren las propiedades:

- Masa
- Amortiguamiento
- Rigidez Inicial

Para el **Análisis No Lineal** se requieren dos propiedades adicionales:

- Rigidez Secundaria  $K_2$
- Fuerza de Fluencia,  $F_y$

### CÁLCULO DE LA MASA

La masa entra como el peso que soporta el sistema portante, para este propósito se ha analizado todos los elementos que contribuyen en peso al sistema (en este caso a la columna).

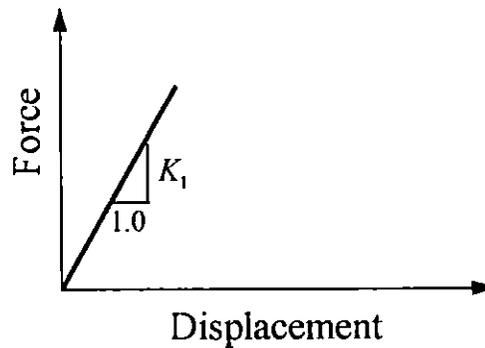
De los planos estructurales se calculó el peso de cada uno de los elementos y se resumen en la siguiente tabla.

Peso de las Trabes pretensadas de 25 m	613.70 KN
Peso de las Trabes pretensadas de 30 m	792.76 KN
Peso de Losa + Capa de desgaste del Tramo 5-6	491.20 KN
Peso de Losa + Capa de desgaste del Tramo 6-7	410.94 KN
Peso de viga de cabezal	752.64 KN
Peso Total	3061.24 KN

El peso total es el dato de entrada para NONLIN( Masa = W/g; g = aceleración de la gravedad).

### CÁLCULO DE LAS RIGIDECES ( $K_1$ , $K_2$ )

La rigidez inicial  $K_1$  se ilustra en la gráfica.  $K_1$  tienen unidades de fuerza/longitud. Para el análisis de No Lineal, la rigidez de la descarga se asume igual a la rigidez inicial.



$$K_1 = \frac{3E_c I_e}{L^3}$$

Donde:

$$E_c = 23397692.4 \text{ KN/m}^2$$

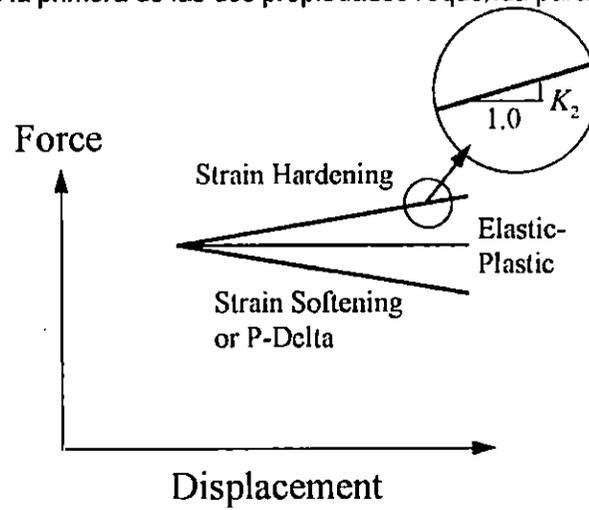
$$I = 0.2319 \text{ m}^4$$

$$L = 12.19 \text{ m}$$

$$K_1 = 8986.36 \text{ KN/m}$$

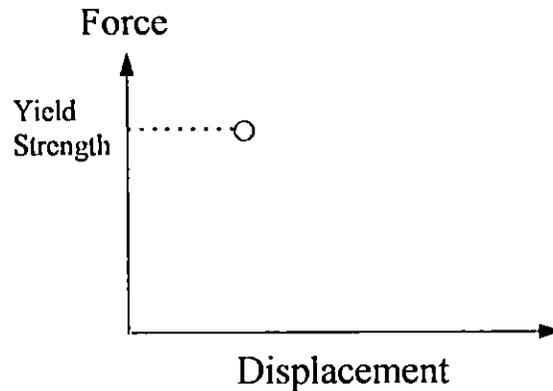
### CÁLCULO DE LA RIGIDEZ SECUNDARIA $K_2$

La rigidez secundaria es la primera de las dos propiedades requerida para el análisis No Lineal.



### CÁLCULO DE LA FUERZA DE FLUENCIA $F_y$

La fuerza de fluencia del sistema es la segunda de las dos propiedades requeridas para el Análisis No Lineal.



La fuerza de fluencia es aquella que produce la plastificación de la sección del sistema portante del puente ( En este caso, de la columna).

Para la obtención de esta fuerza ( $F_y$ ), es necesario calcular el momento plástico de la sección  $M_p$ .

$$F_y = M_p/h$$

Las propiedades geométricas y mecánicas se obtuvieron de los planos estructurales(ver planos).

$$\begin{aligned} M_p &= 15236.80 \text{ KN-m} \\ h &= 12.19 \text{ m} \\ F_y &= 1249.94 \text{ KN} \end{aligned}$$

Con los datos anteriores se puede modelar el sistema en el software NONLIN

Al evaluar el sistema, el registro del Hotel Camino Real del sismo de 1986, lleva a fluencia al sistema en 8 ocasiones con un desplazamiento máximo Post-Elástico de 21 cms.

Entonces **la Ductilidad Demandada** es  $\mu_{Demandada} = \frac{\Delta_{m\acute{a}x}}{\Delta_y} = \frac{21.00cm}{13.10cm} = 1.60$  y se

asociará a la tabla 2.13( $\mu = 0.4000$ ):

Ductilidad Demandada ( $\mu$ )	18
Estructuras Elásticas	0.0000
$1 \leq \mu < 2$	0.4000
$2 \leq \mu < 3$	0.6000
$3 \leq \mu < 4$	0.7000
$4 \leq \mu < 5$	0.8000
$5 \leq \mu < 6$	0.9000
$\mu \geq 6$	1.0000

### 19. ÍNDICE DE COLAPSO POR PANDEO GEOMÉTRICO

Este índice está en función del factor  $\alpha$  que determina la magnitud de la carga crítica que provoca que el sistema portante de un puente, colapse debido a falla por estabilidad.

El factor  $\alpha$  resulta de un análisis de estabilidad definido para  $\alpha > 0$ .

El factor  $\alpha$  es calculado con el software **SOL.FOR**, para ello necesita de las propiedades siguientes:

Altura de columna	12.19 m
Área de sección	2.5447 m <sup>2</sup>
Inercia de sección	0.2319 m <sup>4</sup>
Módulo de Elasticidad	23397692.4 KN/m <sup>2</sup>
Carga	3061.24 KN

Entonces el Índice de Colapso por Pandeo Geométrico se calcula de la siguiente forma:

$$I_9 = \frac{1}{\sqrt{\alpha}}$$

De los resultados del Análisis de Estabilidad Lineal, realizado por **SOL.FOR** se tiene:

$$\alpha = 29.65$$

De lo anterior el índice  $I_9$  será:

$$I_9 = \frac{1}{\sqrt{29.65}} = 0.1836$$

$I_9 = 0.1836$
----------------

**5.3.1 INDICE DE VULNERABILIDAD GLOBAL**

**Puente Superior Paso a Desnivel Hermano Lejano**

<b>Puente: Puente Superior Paso a Desnivel Hermano Lejano</b>		
11. Índice de Ubicación	FZS = 1.00	I1 = 0.6500
	FZI = 0.30	
12. Índice de Tráfico	FCT = 0.60	I2 = 0.7200
	FIC = 1.00	
13. Índice de Norma Usada para el Diseño	AASTHO-1996	I3 = 0.2000
14. Índice del Estado del Sistema Estructural	Índice del Estado del Sistema Estructural = 0.02	I4 = 0.0200
15. Índice de Tipo de Sistema Estructural	FSP = 1.0	I5 = 0.9167
	FSB = 1.0	
	FCA = 0.75	
16. Índice de Funcionalidad	FDR = 0.80	I6 = 0.8000
	FLA = 0.80	
17. Índice de Período de Vibración	Índice de Período de Vibración = 0.2364	I7 = 0.2364
18. Índice de Ductilidad	Ductilidad Demandada = 1.60	I8 = 0.4000
19. Índice de Colapso por Pandeo Geométrico	Factor Alfa ( $\alpha$ ) = 29.65	I9 = 0.1836
Vulnerabilidad Estructural ( $V_E$ )	Vulnerabilidad Nivel 1 = 3.48	$V_E = 0.6V_{N1} + 0.4V_{N2}$ $V_E = 3.23$
	Vulnerabilidad Nivel 2 = 2.85	
Vulnerabilidad Estructural ( $V_E$ ) $V_E = 3.23$		Vulnerabilidad Proyectada ( $V_P$ ) 2.84

## 5.4 Evaluación de Vulnerabilidad para el Puente 2Av. Sur, San Salvador.

### 11. ÍNDICE DE UBICACIÓN.

#### 11.1 Factor Zona Sísmica (FZS)

El Puente 2 Av. Sur se encuentra en la zona I, de la tabla 2.1 se tiene:

ZONA SÍSMICA	FZS
Zona I	1.0
Zona II	0.75

$$FZS = 1.0$$

#### 11.2 Factor Zona Inundable (FZI)

Se refiere a la localización del puente en lugares clasificados como zonas de inundación en El Salvador; siendo éstas de dos tipos, de la Tabla 2.2:

ZONA DE INUNDACIÓN	FZI
Zona Inundable ( ZI )	1.0
Zona No Inundable ( ZNI )	0.3

El Puente 2 Av. Sur se encuentra en una zona no inundable.

Entonces:

$$FZI = 0.3$$

El índice de ubicación se calcula de la siguiente forma:

$$I1 = \frac{FZS + FZI}{2}$$

Para El Puente 2 Av. Sur:

$$I1 = \frac{1.0 + 0.3}{2}$$

$I1 = 0.6500$
---------------

## 12. ÍNDICE DE TRÁFICO

### 12.1 Factor Carga de Tráfico (FCT)

Para evaluar este índice es necesario calcular la relación de carga de tráfico(CT).

$$\text{Carga de Tráfico ( CT )} = \frac{\text{Carga de Tráfico Real}}{\text{Carga de Tráfico de Diseño}}$$

Donde:

Carga de tráfico real = 362.60 KN ( Peso medido a un vehículo T3-S2: 37 Ton)

Carga de Tráfico de Diseño = 320.26 KN (peso de un vehículo HS-20-44)

$$CT = \frac{362.60}{320.26}$$

$$CT = 1.13$$

De acuerdo a la tabla 2.3 se tiene:

CT	FCT
$CT \leq 1$	0.4
$1 < CT \leq 2$	0.6
$2 < CT \leq 3$	0.9
$3 < CT$	1.0

$$FCT = 0.6$$

### 12.2 Factor Importancia de la Carretera (FIC)

Esta importancia refleja el nivel de servicio o volumen de tráfico, asociado a su posición geográfica en una región o su particularidad en el diseño.

El Puente 2 Av. Sur se encuentra en una carretera clasificada como especial, según la tabla 2.4 tenemos:

TIPO DE VIA	CLASIFICACION	FIC
Especial Primaria	Vías principales	1.00
Secundarias Terciarias	Vías importantes	0.80
Camino rural a, Camino rural b Otros...	Vías de menor Importancia	0.50

$$FIC = 1.0$$

El índice de Tráfico sería entonces:

$$I2 \doteq (0.70 * FCT + 0.30 * FIC)$$

$$I2 = (0.70 * 0.60 + 0.30 * 1.00) = 0.7200$$

$I2 = 0.7200$
---------------

### 13. ÍNDICE DE NORMA USADA PARA EL DISEÑO

Según información registrada en los planos estructurales finales, el diseño del puente fue realizado con los lineamientos posteriores a los de la norma AASHTO-92 (Standard Specifications for Highway Bridges, "AASHTO"-1996 E INTERIM 1997)

Basándose en lo anterior el índice se establecería de acuerdo a la tabla 2.5:

AÑO DE NORMA	I <sub>3</sub>
Antes de 1965	1.00
1965-1983	0.80
1983-1992	0.50
Después de 1992	0.20

$$I_3 = 0.20$$

$I_3 = 0.2000$
----------------

#### 14. ÍNDICE DEL ESTADO DEL SISTEMA ESTRUCTURAL.

Para la evaluación de este parámetro es necesario realizar una inspección principal al puente. Para este propósito fue que se elaboró el formato para inspecciones principales.

El valor correspondiente de cada componente, se obtiene de las tablas del formato de inspecciones principales (FIP).

$$I_4 = 3\% \frac{JE}{4} + 5\% \frac{AP}{4} + 40\% \frac{SP}{4} + 40\% \frac{SB}{4} + 5\% \frac{FU}{4} + 5\% \frac{AC}{4} + 2\% \frac{CA}{4}$$

De la inspección principal realizada (ver Anexos A3) se tiene:

Elemento	JE	AP	SP	SB	FU	AC	CA
Condición	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

$$I_4 = 0.0200$$

#### 15. ÍNDICE DE TIPO DE SISTEMA ESTRUCTURAL

15.1 Factor de Superestructura (FSP) , de la Tabla 2.6 se tiene:

CATEGORÍA	FSP
Puentes Viaductos	1.0
Puentes soportados por estribos	0.5

El Puente 2 Av. Sur está compuesto por dos claros, por lo tanto

$$FSP = 1.0$$

15.2 Factor de Subestructura (FSB) , de la Tabla 2.7 se tiene:

CATEGORÍA	FSB
Columna simple	1.0
Dos o más columnas con viga de cabezal continua	0.9
Armadura	0.8
Estructura de marco	0.7
Columna tipo pared	0.7

El Puente 2 Av. Sur está soportado por una sola columna rectangular simple (ver planos).

De lo anterior  $FSB = 1.0$

15.3 Factor de condiciones de apoyo (FCA), de la Tabla 2.8 se tiene:

CATEGORÍA	FCA
Puentes integrales	0.2
Puentes en condiciones de apoyo intermedio	0.75
Puentes simplemente apoyados	1.0

El Puente está apoyado con condiciones intermedias

De lo anterior  $FCA = 0.75$

$$I_5 = \frac{FSP + FSB + FCA}{3}$$

$$I_5 = \frac{1.0 + 1.0 + 0.75}{3}$$

$$I_5 = 0.9167$$

$$I_5 = 0.9167$$

## 16. ÍNDICE DE FUNCIONALIDAD

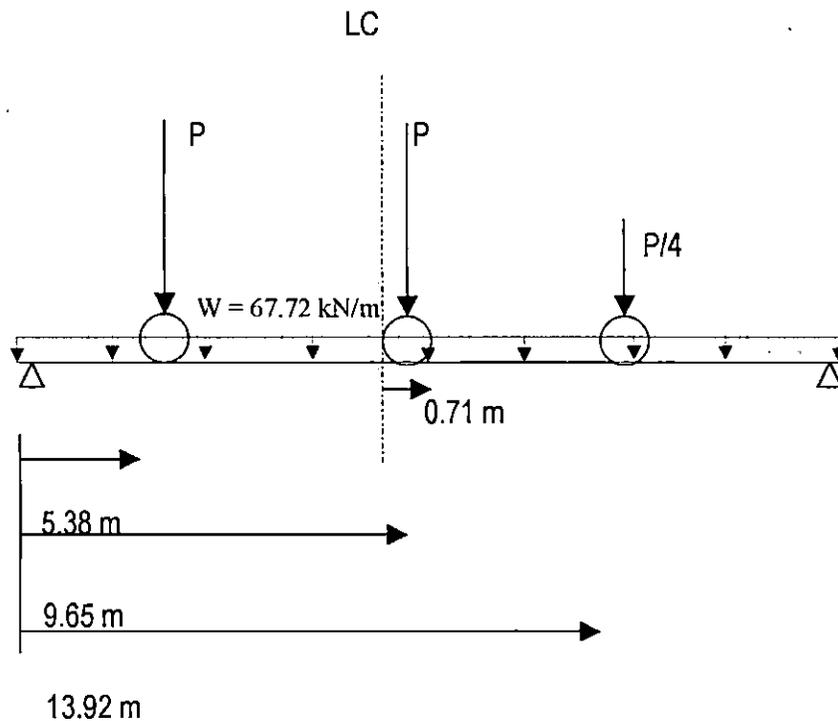
### 16.1 Factor de Deflexión Relativa (FDR).

Para evaluar este factor es necesario conocer las deflexiones reales en el puente (deflexión actuante) y las deflexiones permitidas por las normas (deflexión permitida).

- Deflexión Actuante:

Longitud	17.565 m
Área Equivalente	1.6140 m <sup>2</sup>
Inercia	0.1201 m <sup>4</sup>
Módulo de Elasticidad ( $E_c$ )	24761790.34 KN/m <sup>2</sup>
Vehículo de diseño	HS-20-44

El modelo se presenta a continuación:



Donde:  $P = 142.34 \text{ KN}$

Del Análisis de líneas de influencia se determinó que el momento máximo se alcanza cuando las cargas se encuentran en la posición mostrada en la figura anterior y es la carga de 142.34 KN que está a 0.71 m de la línea central, la que produce esta respuesta máxima.

Se modeló el sistema de vigas con el Software **SOL.FOR** y la deflexión fue de **2.42** cm en la posición de la carga de 142.34 KN, que se encuentra a 0.71 m de la línea central.

- Deflexión permitida

Para el cálculo de la deflexión permitida, se utilizarán los criterios propuestos en la sección 8.9.3 de AASHTO S.D. , de la Tabla 2.9 tenemos:

SISTEMA ESTRUCTURAL \ UBICACIÓN	CLARO SIMPLE O CONTINUO	BRAZOS EN VOLADIZO
Puente en áreas urbanas	$(1/1000)*L$	$(1/375)*L$
Puente fuera de áreas urbanas	$(1/800)*L$	$(1/800)*L$

El Puente 2 Av. Sur se encuentra en área urbana de claro continuo.

De lo anterior  $\Delta = 17.565/1000 = 0.0175$  m (1.75 cm)

La deflexión relativa es:

$$DR = \frac{2.42}{1.75} = 1.38$$

El factor de deflexión relativa se calcula de acuerdo a la siguiente tabla 2.10:

DR	FDR
$DR \leq 1$	0.2
$1 < DR \leq 2$	0.8
$2 < DR$	1.0

Por lo tanto FDR = 0.80

### 16.2 Factor de Longitud de apoyo (FLA)

Al igual que el factor de deflexión, para este factor se necesita la longitud de apoyo actuante (real) y la longitud de apoyo requerida por las normas.

- Longitud de apoyo actuante (se tomó de los planos estructurales)

$$N = 45.6 \text{ cms.}$$

- Longitud de apoyo permitida

El cálculo de la longitud de apoyo permitida, se basará en criterios definidos en la sección 7.3 de AASHTO SD.

$$N = (30.5 + 0.25L + H) (1 + 0.000125 S^2)$$

Donde:

N : es la longitud de apoyo permitida perpendicular al ángulo de inclinación (en cms).

L : longitud del claro entre apoyos (en m).

H : altura promedio de la(s) pila(s) (en m).

S : ángulo de inclinación del soporte medido desde una línea normal al eje longitudinal del claro (en grados).

De los planos finales:

$$N = 42.03 \text{ cm}$$

De lo anterior, la longitud de apoyo relativa es:

$$LAR = \frac{\text{Longitud de apoyo actuante}}{\text{Longitud de apoyo permitida}}$$

$$LAR = \frac{45.60 \text{ cm}}{42.03 \text{ cm}}$$

$$LAR = 1.0849 \approx 1.1$$

De la tabla 2.11 se obtiene el factor de longitud de apoyo (FLA)

LAR	FLA
$LAR \leq 1$	1.0
$1 < LAR \leq 2$	0.8
$2 < LAR$	0.2

De lo anterior FLA = 0.8

El índice de funcionalidad (I6) se define como:

$$I_6 = \frac{FDR + FLA}{2}$$

$$I_6 = \frac{0.80 + 0.80}{2} = 0.8000$$

$I_6 = 0.8000$
----------------

### 17. ÍNDICE DE PERÍODO DE VIBRACIÓN

Para conocer las propiedades mecánicas y dinámicas del suelo es necesario un estudio completo de suelos, en este caso asumiremos una velocidad de cortante de 140 m/s.

Cálculo del período del suelo:

$$T_s = \frac{4D}{V_{so}}$$

Donde:

$T_s$  = período del suelo, seg.

$D$  = espesor del desplante de cimentación, m.

$$T_s = \frac{4 * 2.0}{140} = 0.057 \text{ Seg.}$$

El período de la estructura es de 0.1271 seg. ( De NONLIN ).

La evaluación del índice de período de vibración se realiza de la siguiente manera:

$$\text{Índice de Período de Vibración } I7 = 1 - \frac{(T_e - T_s)}{T_e}$$

$$I7 = 1 - \frac{(0.1271 - 0.057)}{0.1271}$$

$$I7 = 0.4485$$

## 18. ÍNDICE DE DUCTILIDAD

Para evaluar la ductilidad demandada será necesario utilizar un software de análisis dinámico no lineal. El software NONLIN será utilizado con los registros de sismos más destructivos registrados en El Salvador.

### CÁLCULO DE LAS PROPIEDADES PARA NONLIN

Peso Total	1307.71 KN
Rigidez Inicial	326177.63 KN/m
Rigidez Secundaria	6523.55 KN/m
Fuerza de Fluencia	2396.74 KN

Con los datos anteriores se puede modelar el sistema

Al evaluar el sistema con los registros más destructivos de El Salvador, el desplazamiento máximo fue de 0.5 cm y el desplazamiento de fluencia es de 0.73 cm, por lo que no existe una ductilidad demandada (**el sistema ni siquiera llegó a fluencia**). y se asociará a la tabla 2.13( $\mu = 0.0000$ ):

Ductilidad Demandada ( $\mu$ )	$\mu$
Estructuras Elásticas	0.0000
$1 \leq \mu < 2$	0.4000
$2 \leq \mu < 3$	0.6000
$3 \leq \mu < 4$	0.7000
$4 \leq \mu < 5$	0.8000
$5 \leq \mu < 6$	0.9000
$\mu \geq 6$	1.0000

Entonces la Ductilidad Demandada será:

$$\mu_{\text{Demandada}} = \frac{\Delta_{\text{máx}}}{\Delta_{\text{f}}} = 0.0$$

$\mu = 0.0000$
----------------

### 19. ÍNDICE DE COLAPSO POR PANDEO GEOMÉTRICO

Este índice está en función del factor  $\alpha$  que determina la magnitud de la carga crítica que provoca que el sistema portante de un puente, colapse debido a falla por estabilidad.

El factor  $\alpha$  resulta de un análisis de estabilidad definido para  $\alpha > 0$ .

El factor  $\alpha$  es calculado con el software **SOL.FOR**, para ello necesita de las propiedades siguientes:

Altura de columna	5.3 m
Área de sección	2.9768 m <sup>2</sup>
Inercia de sección	0.6537 m <sup>4</sup>
Módulo de Elasticidad	24761790.34 KN/m <sup>2</sup>
Carga	1307.71 KN

Entonces el Índice de Colapso por Pandeo Geométrico se calcula de la siguiente forma:

$$I_9 = \frac{1}{\alpha}$$

De los resultados del Análisis de Estabilidad Lineal, realizado por **SOL.FOR** se tiene:

$$\alpha = 1095.45$$

De lo anterior el índice  $I_9$  será:

$$I_9 = \frac{1}{1095.45} = 0.03021$$

$I_9 = 0.03021$
-----------------

**5.4.1 VULNERABILIDAD POR TRAMOS PARA EL PUENTE 2 AV. SUR**

INDICES	FACTORES	TRAMO 1		TRAMO 2	
I1	FZS	1.00	0.65	1.00	0.65
	FZI	0.30		0.30	
I2	FCT	0.60	0.72	0.60	0.72
	FIC	1.00		1.00	
I3		0.20		0.20	
I4	JE	1.00	0.02	1.00	0.02
	AP	1.00		1.00	
	SP	0.00		0.00	
	SB	0.00		0.00	
	FU	0.00		0.00	
	AC	0.00		0.00	
	CA	0.00		0.00	
I5	FSP	1.00	0.9167	1.00	0.9167
	FSB	1.00		1.00	
	FCA	0.75		0.75	
I6	FDR	0.80	0.80	0.80	0.80
	FLA	0.80		0.80	
I7	Ts	0.0570	0.4485	0.0570	0.4485
	Te	0.1271		0.1271	
I8		0.00		0.00	
I9		0.0302		0.0302	
<b>INDICE GLOBAL POR TRAMO</b>		2.79		2.79	

5.4.2 INDICE DE VULNERABILIDAD GLOBAL

Puente 2 Av. sur

Puente: Puente 2 Av. Sur		
11. Índice de Ubicación	FZS = 1.00	I1 = 0.6500
	FZI = 0.30	
12. Índice de Tráfico	FCT = 0.60	I2 = 0.7200
	FIC = 1.00	
13. Índice de Norma Usada para el Diseño	AASTHO-1996	I3 = 0.2000
14. Índice del Estado del Sistema Estructural	Índice del Estado del Sistema Estructural = 0.02	I4 = 0.0200
15. Índice de Tipo de Sistema Estructural	FSP = 1.0	I5 = 0.9167
	FSB = 1.0	
	FCA = 0.75	
16. Índice de Funcionalidad	FDR = 0.80	I6 = 0.8000
	FLA = 0.80	
17. Índice de Período de Vibración	Índice de Período de Vibración = 0.4485	I7 = 0.4485
18. Índice de Ductilidad	Ductilidad Demandada = 0.00	I8 = 0.0000
19. Índice de Colapso por Pandeo Geométrico	Factor Alfa ( $\alpha$ ) = 1095.45	I9 = 0.0302
Vulnerabilidad Estructural ( $V_E$ )	Vulnerabilidad Nivel 1 = 3.48	$V_E = 0.6V_{N1} + 0.4V_{N2}$ $V_E = 2.79$
	Vulnerabilidad Nivel 2 = 1.75	
Vulnerabilidad Estructural ( $V_E$ ) $V_E = 2.79$		Vulnerabilidad Proyectada ( $V_P$ ) 2.84

### 5.5 Evaluación de Vulnerabilidad para el Puente Túnel Blvd. Venezuela y 49 Av. Sur

#### I1. ÍNDICE DE UBICACIÓN.

##### 11.1 Factor Zona Sísmica (FZS)

El Puente Túnel se encuentra en la zona I, de la tabla 2.1 se tiene:

ZONA SÍSMICA	FZS
Zona I	1.0
Zona II	0.75

$$FZS = 1.0$$

##### 11.2 Factor Zona Inundable (FZI), Tabla 2.2:

ZONA DE INUNDACIÓN	FZI
Zona Inundable ( ZI )	1.0
Zona No Inundable ( ZNI )	0.3

Entonces:

$$FZI = 0.3$$

El índice de ubicación se calcula de la siguiente forma:

$$I1 = \frac{FZS + FZI}{2}$$

$$I1 = \frac{1.0 + 0.3}{2}$$

$$I1 = 0.65$$

$$I1 = 0.6500$$

## 12. ÍNDICE DE TRÁFICO

### 12.1 Factor Carga de Tráfico (FCT)

$$\text{Carga de Tráfico (CT)} = \frac{\text{Carga de Tráfico Real}}{\text{Carga de Tráfico de Diseño}}$$

Donde:

Carga de Tráfico Real = 362.60 KN (Peso medido a un vehículo T3-S2: 37 Ton)

Asumiendo Carga de Tráfico de Diseño = 320.26 KN (peso de un vehículo HS-20-44)

$$CT = \frac{362.60}{320.26}$$

$$CT = 1.13$$

De acuerdo a la tabla 2.3:

CT	FCT
$CT \leq 1$	0.4
$1 < CT \leq 2$	0.6
$2 < CT \leq 3$	0.9
$3 < CT$	1.0

$$FCT = 0.6$$

### 12.2 Factor Importancia de la Carretera (FIC)

El Puente Túnel se encuentra en una carretera clasificada como especial, según la tabla 2.4 siguiente tenemos:

TIPO DE VIA	CLASIFICACION	FIC
Especial Primaria	Vías principales	1.00
Secundarias Terciarias	Vías importantes	0.80
Camino rural a, Camino rural b Otros...	Vías de menor Importancia	0.50

$$FIC = 1.0$$

El índice de Tráfico sería entonces:

$$I2 = (0.70 * FCT + 0.30 * FIC)$$

$$I2 = (0.70 * 0.60 + 0.30 * 1.00).$$

$I2 = 0.7200$
---------------

### 13. ÍNDICE DE NORMA USADA PARA EL DISEÑO

Según información registrada en los planos estructurales finales, el diseño del puente fue realizado con los lineamientos posteriores a los de la norma AASHTO-92 (Standard Specifications for Highway Bridges, "AASHTO"-1996 E INTERIM 1997)

Basándose en lo anterior el índice se establecería de acuerdo a la tabla 2.5:

AÑO DE NORMA	I3
Antes de 1965	1.00
1965-1983	0.80
1983-1992	0.50
Después de 1992	0.20

$$I3 = 0.2000$$

#### 14. ÍNDICE DEL ESTADO DEL SISTEMA ESTRUCTURAL.

Para la evaluación de este parámetro es necesario realizar una inspección principal al puente. Para este propósito fue que se elaboró el formato para inspecciones principales.

El valor correspondiente de cada componente, se obtiene de las tablas del formato de inspecciones principales (FIP).

$$I_4 = 3\% \frac{JE}{4} + 5\% \frac{AP}{4} + 40\% \frac{SP}{4} + 40\% \frac{SB}{4} + 5\% \frac{FU}{4} + 5\% \frac{AC}{4} + 2\% \frac{CA}{4}$$

De la inspección principal realizada se tiene:

Elemento	JE	AP	SP	SB	FU	AC	CA
Condición	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

$I_4 = 0.0200$
----------------

#### 15. ÍNDICE DE TIPO DE SISTEMA ESTRUCTURAL

15.1 Factor de Superestructura (FSP), Tabla 2.6:

CATEGORÍA	FSP
Puentes Viaductos	1.0
Puentes soportados por estribos	0.5

El Puente Túnel está soportado sólo por estribos, por lo tanto

$$FSP = 0.5$$

15.2 Factor de Subestructura (FSB) , Tabla 2.7:

CATEGORÍA	FSB
Columna simple	1.0
Dos o más columnas con viga de cabezal continua	0.9
Armadura	0.8
Estructura de marco	0.7
Columna tipo pared	0.7

El Puente Túnel está soportado por estribos tipo pared.(ver planos).

$$FSB = 0.7$$

15.3 Factor de condiciones de apoyo (FCA) , Tabla 2.8:

CATEGORÍA	FCA
Puentes integrales	0.2
Puentes en condiciones de apoyo intermedio	0.75
Puentes simplemente apoyados	1.0

El Puente está empotrado en los estribos

$$FCA = 0.20$$

El índice de Tipo de Sistema Estructural es:

$$I5 = \frac{FSP + FSB + FCA}{3}$$

$$I5 = \frac{0.5 + 0.7 + 0.2}{3}$$

$$I5 = 0.4700$$

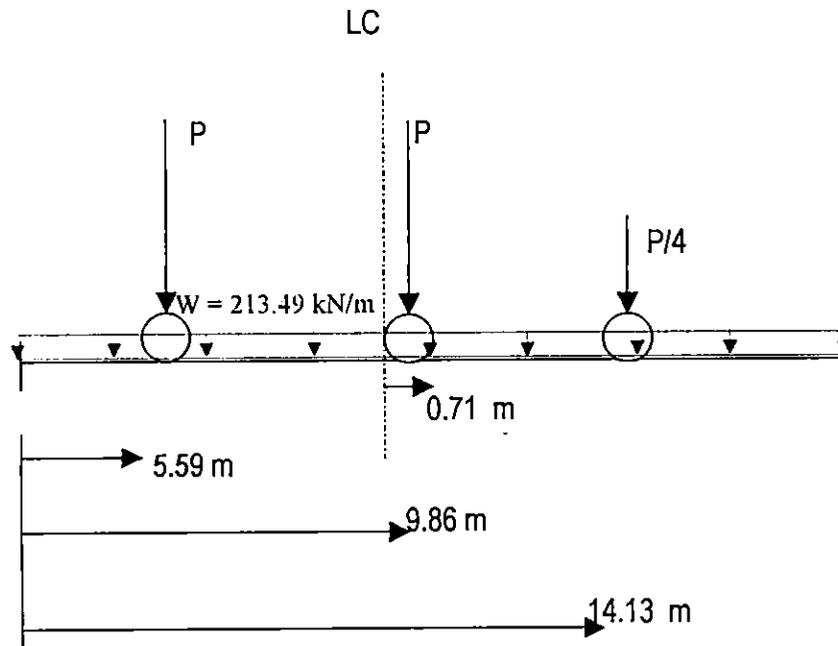
## 16. ÍNDICE DE FUNCIONALIDAD

### 16.1 Factor de Deflexión Relativa (FDR).

- Deflexión Actuante:

Longitud	17.971 m
Área Equivalente	9.077 m <sup>2</sup>
Inercia	4.072 m <sup>4</sup>
Módulo de Elasticidad ( $E_c$ )	23397692.4 KN/m <sup>2</sup>
Vehículo de diseño	HS20-44(en dos vías)

El modelo se presenta a continuación:



Donde:  $P = 284.67 \text{ KN}$

$\Delta = 0.075 \text{ cm}$

- Deflexión permitida

$$\Delta = 1.79 \text{ cm}$$

La deflexión relativa es:

$$DR = \frac{0.075}{1.79} = 0.0419$$

El factor de deflexión relativa se calcula de acuerdo a la tabla 2.10:

DR	FDR
$DR \leq 1$	0.2
$1 < DR \leq 2$	0.8
$2 < DR$	1.0

Por lo tanto  $FDR = 0.2$

#### 16.2 Factor de Longitud de apoyo (FLA)

- Longitud de apoyo actuante (se tomó de los planos estructurales)  
 $N = 72.50 \text{ cms}$
- Longitud de apoyo permitida

De los planos finales:

$$N = 39.80 \text{ cm}$$

$$LAR = 1.82$$

De la tabla 2.11 se obtiene el factor de longitud de apoyo (FLA).

LAR	FLA
$LAR \leq 1$	1.0
$1 < LAR \leq 2$	0.8
$2 < LAR$	0.2

De lo anterior  $FLA = 0.8$

Por lo tanto:

$$I_6 = \frac{FDR + FLA}{2}$$

$$I_6 = \frac{(0.2 + 0.8)}{2}$$

$$I_6 = 0.5000$$

**Para un Puente Soportado solo por estribos se Propone:**

Índice	Valoración
17	0.0000
18	0.0000
19	0.0000

**5.5.1 INDICE DE VULNERABILIDAD GLOBAL**

**Puente Túnel en el Paso a desnivel de la intersección Boulevard Venezuela y 49 Av. Sur**

<b>Puente: Puente Túnel en el Paso a desnivel de la intersección Boulevard Venezuela y 49 Av. Sur</b>		
11. Índice de Ubicación	FZS = 1.00	I1 = 0.6500
	FZI = 0.30	
12. Índice de Tráfico	FCT = 0.60	I2 = 0.7200
	FIC = 1.00	
13. Índice de Norma Usada para el Diseño	AASTHO-1996	I3 = 0.2000
14. Índice del Estado del Sistema Estructural	Índice del Estado del Sistema Estructural = 0.02	I4 = 0.0200
15. Índice de Tipo de Sistema Estructural	FSP = 0.50	I5 = 0.4700
	FSB = 0.70	
	FCA = 0.20	
16. Índice de Funcionalidad	FDR = 0.20	I6 = 0.5000
	FLA = 0.80	
17. Índice de Periodo de Vibración	Índice de Periodo de Vibración = No considerado	I7 = 0.0000
18. Índice de Ductilidad	Ductilidad Demandada = No considerada	I8 = 0.0000
19. Índice de Colapso por Pandeo Geométrico	Factor Alfa ( $\alpha$ ) = No considerado	I9 = 0.0000
Vulnerabilidad Estructural ( $V_E$ )	Vulnerabilidad Nivel 1 = 2.62	$V_E = 0.6V_{N1} + 0.4V_{N2}$ $V_E = 1.57$
	Vulnerabilidad Nivel 2 = 0.00	
Vulnerabilidad Estructural ( $V_E$ ) $V_E = 1.57$		Vulnerabilidad Proyectada ( $V_P$ ) 1.69

## 5.6 Comparación de los Resultados Obtenidos

### 5.6.1 Vulnerabilidad Estructural ( $V_e$ ) y Proyectada ( $V_p$ )

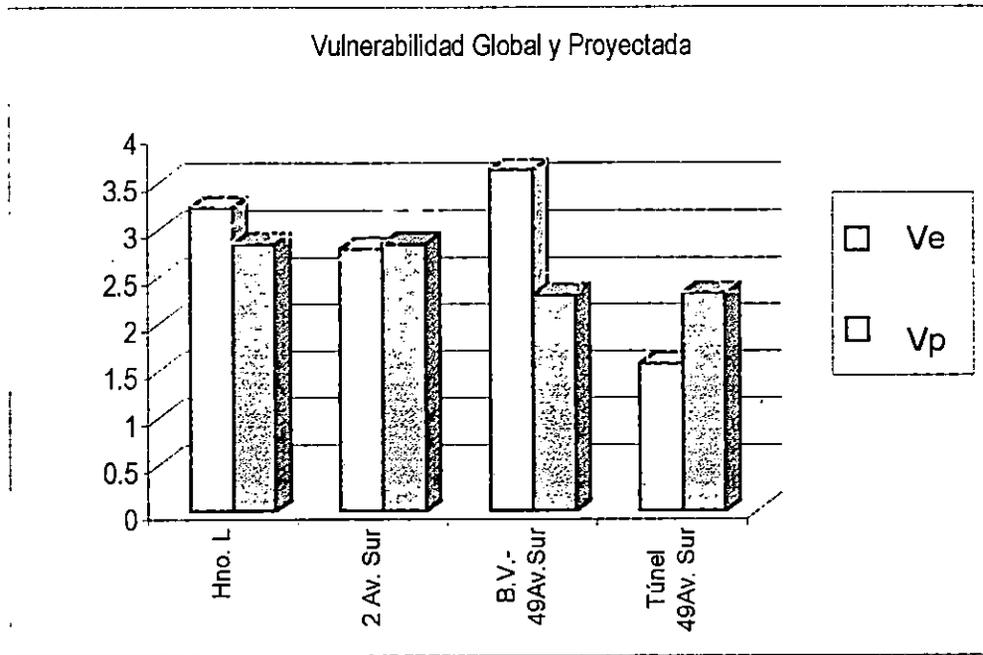


Fig. 5.4 Vulnerabilidad Estructural y Proyectada

### 5.6.2 Rangos de Prioridad

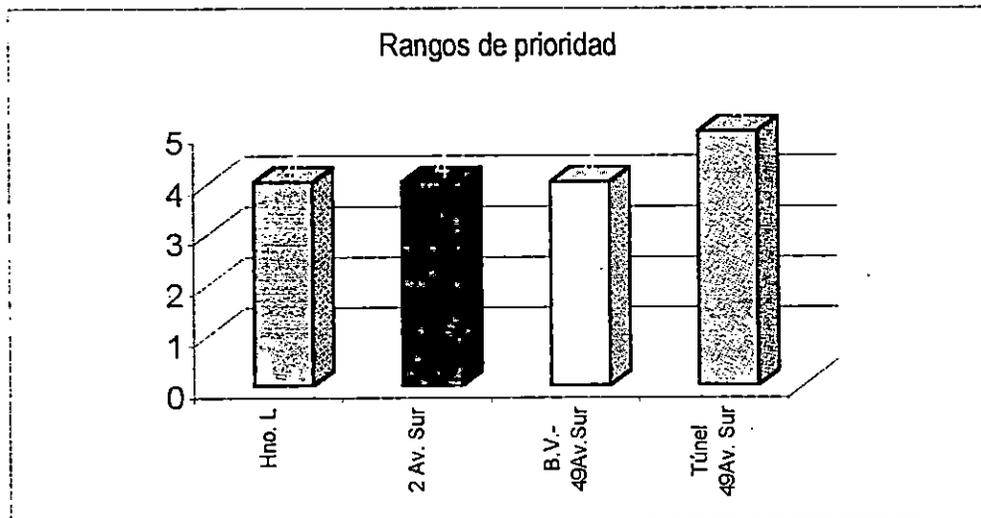


Fig. 5.5 Rangos de Prioridad.

### 5.7 Comparación con La Metodología de Reforzamiento Sísmico.<sup>42</sup>

La metodología de Reforzamiento Sísmico desarrollada en Japón después del Terremoto de Kobe en 1995, ayudó a la definición de prioridades para la selección de puentes que serían readecuados. Para este propósito se utilizó el Índice de Prioridad "R", el cual está en función de la importancia de la carretera, un factor de tipo de configuración estructural y un factor de vulnerabilidad de los elementos componentes. El factor R, se calcula mediante un combinación de diferentes parámetros que se describen a continuación.

Fórmula General:

$$R = I * S * V_r * W_v * ((V_{RP1} * V_{RP2} * V_{RP3}), V_{MP}, V_{FS}, V_F)$$

Caso de Pilas de Concreto Reforzado

$$R = I * S * V_r * W_v * (V_{RP1} * V_{RP2} * V_{RP3})$$

Donde:

R = Prioridad (a Calcular)

- Se considera de Máxima Prioridad, o Rango A, Valores de  $R \geq 0.80$
- Se considera de Segunda Prioridad, o Rango B, Valores de  $0.70 \leq R < 0.80$
- Se considera de Baja Prioridad, o Rango C, Valores de  $R < 0.70$

I = Factor de Importancia

- = 1.00 Para Puentes en carreteras en rutas de emergencia
- = 0.90 Para Puentes en carreteras que se cruzan con rutas de emergencia
- = 0.60 Para Puentes en otras carreteras

S = Factor de severidad de Fuerza Sísmica

- = 1.00 Condición de Suelo Tipo I (Suelo blando, altas amplificaciones)
- = 0.90 Condición de Suelo Tipo II
- = 0.80 Condición de Suelo Tipo III

$V_F$  = Factor de configuración Estructural

- = 1.00 Para Puentes Viaductos
- = 0.500 Para Puentes apoyados en ambos extremos por estribos

$W_V$  = Factor de corrección para cada tipo de elementos estructurales

- = 1.00 Pilas(columnas) de concreto reforzado
- = 0.95 Pilas metálicas
- = 0.90 Dispositivos para prevención de desprendimiento
- = 0.80 Fundaciones

$V_{RP1}$  = Factor por Norma Usada para el Diseño. Caso de Pilas de Concreto R.

- = 1.00 Diseño previo a las especificaciones de 1980
- = 0.70 Diseño posterior a las especificaciones de 1980

$V_{RP2}$  = Factor para estructuras de pilas. Caso Concreto R.

- = 1.00 Caso de una única columna(columnas aisladas)
- = 0.80 Caso de columnas tipo pared
- = 0.70 Caso columnas formando marcos

$V_{RP3}$  = Factor para el Tipo de Pilas. Caso de Pilas de Concreto R.

- = 1.00 Para relaciones Lado Largo/ Lado Corto  $h/D \leq 3.0$
- = 0.90 Para  $3 < h/D < 4$ , en miembros con traslapes
- = 0.90 Para  $h/D \geq 4$ , en miembros con traslapes
- = 0.70 Para  $3 < h/D < 4$ , en miembros sin traslapes
- = 0.70 Para  $h/D \geq 4$ , en miembros sin traslapes

**Los resultados de la calibración se resumen a continuación:**

### 5.7.1 Valor del Índice de Prioridad R

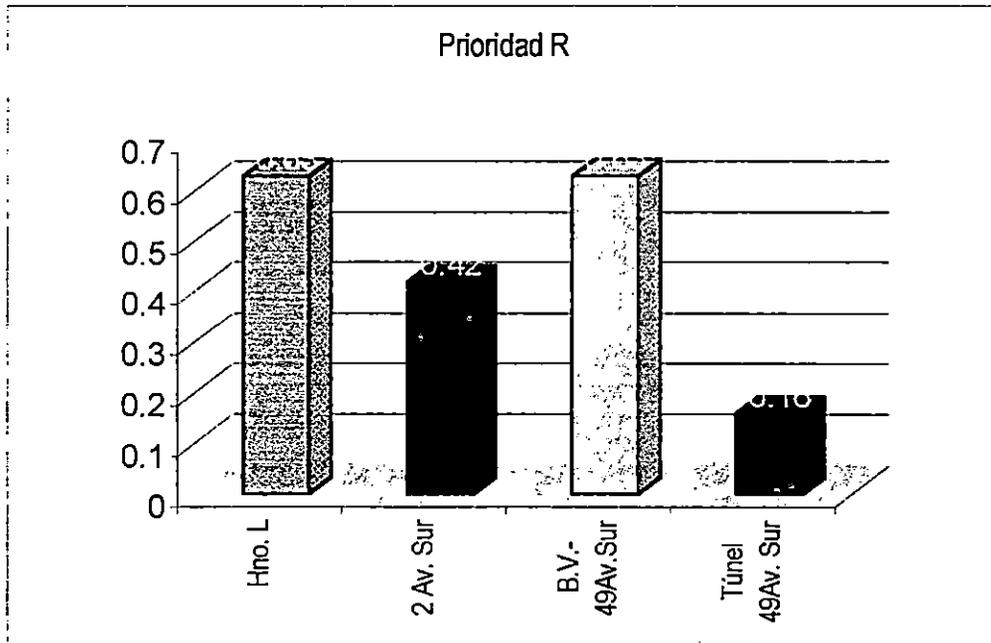


Fig. 5.6 Valor del Índice "R" para la muestra de Puentes

### 5.7.2 Rangos de Prioridad para R

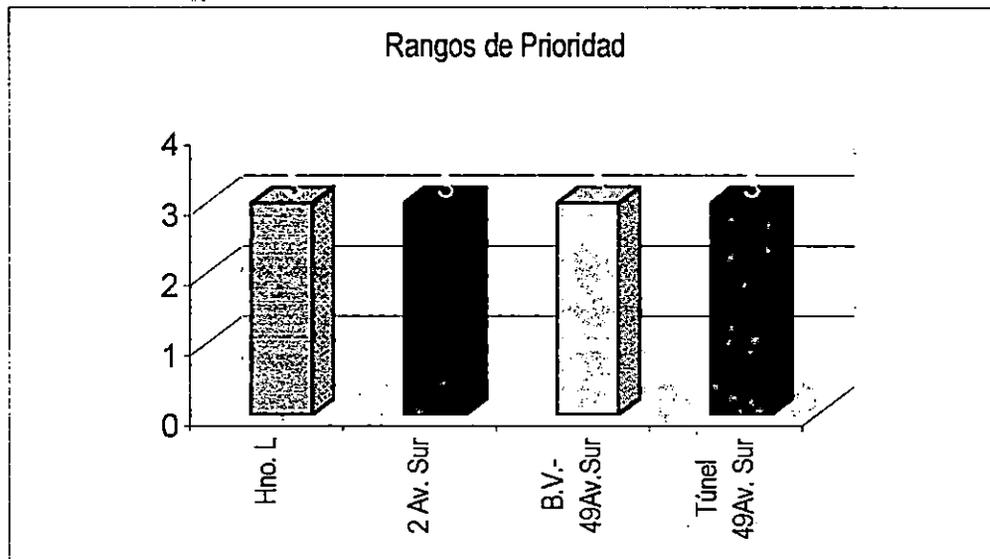


Fig. 5.7 Rangos de Prioridad para el Índice "R"

Puede observarse que según esta metodología, los puentes analizados tienen Baja Prioridad.

# CAPÍTULO VII

# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## **6.1 CONCLUSIONES**

### **6.1.1 RESPECTO AL PROCESO DE INSPECCIÓN**

- Aunque la inspección visual es la más utilizada de las técnicas de control de puentes, en la estimación y cuantificación del estado de deterioro o de la degradación de los elementos del puente, deben emplearse equipo especializado para examinar aquellos elementos que por su naturaleza es difícil detectar visualmente su deterioro (corrosión del acero de refuerzo en elementos de concreto, la corrosión y deterioro del acero de preesfuerzo es un evento grave).

### **6.1.2 RESPECTO A LOS SISTEMAS DE GESTIÓN DE PUENTES**

- En El Salvador es impostergable la implementación de un sistema de gestión de puentes, ya que en el presente trabajo de graduación se pudo observar las pocas o inexistentes medidas de mantenimiento y reparación en los puentes carreteros (específicamente los puentes de la carretera CA-02). Con la implementación de este sistema, podrían determinarse los puentes que poseen mayores deficiencias funcionales y estructurales.

### **6.1.3 RESPECTO AL ESTUDIO DE VULNERABILIDAD DE PUENTES**

- El presente trabajo de graduación, es un estudio preliminar de vulnerabilidad sísmica de puentes, no se ha considerado con detalle varios aspectos que podrían influir en el comportamiento sísmico del puente, como por ejemplo la geometría en planta del puente, el material de los elementos de la estructura ya sean éstos de acero, concreto, preesforzados, etc.,
- El índice de vulnerabilidad proyectada es una propuesta idónea para evaluar la vulnerabilidad sísmica de los puentes que no poseen información estructural (planos estructurales, memorias de cálculo, estudios y registros de reparaciones, etc.) en el presente estudio se muestra la propuesta del índice de vulnerabilidad proyectada evaluada con cuatro puentes del área metropolitana, construidos recientemente.

Para calibrar de forma adecuada el índice de vulnerabilidad proyectada, es necesario realizar el estudio de vulnerabilidad sísmica con una muestra mucho mayor de los puentes que poseen información estructural y poder establecer a través de tratamientos estadísticos,

funciones que permitan estimar de manera más real y precisa la vulnerabilidad sísmica de los puentes carreteros en El Salvador.

## **6.2 RECOMENDACIONES**

### **6.2.1 RESPECTO AL PROCESO DE INSPECCIÓN**

- Se debe inventariar todos los puentes pertenecientes a la red vial del país con el formato de inspecciones principales (FIP) propuesto en el presente trabajo de graduación y poder de esta manera no solo tener registrada la información de cada uno de los elementos del puente, sino poder evaluar la vulnerabilidad funcional (vulnerabilidad nivel 1) y la vulnerabilidad proyectada, ambas propuestas en el presente trabajo de graduación, para todos aquellos puentes que no posean información estructural.

### **6.2.2 RESPECTO A LOS SISTEMAS DE GESTIÓN DE PUENTES**

- Almacenar en un banco de datos, la librería completa de todos los elementos de puentes, los problemas y deterioros que presentan, codificar las propiedades geométricas y mecánicas de cada tipo de elemento (esta información se debe tener preferentemente de los fabricantes del producto).
- Para cada tipo de problema presentado por los elementos de puente, codificar las distintas actividades de mantenimiento, reparación y rehabilitación dependiendo del grado de daño presentado y su respectivo costo unitario.
- Crear y perfeccionar modelos de deterioro a través de matrices de deterioro y de probabilidad de transición, las cuales son capaces de predecir el deterioro de los elementos del puente a través del tiempo y permiten describir la probabilidad del cambio de estado de una condición a otra.

### 6.2.3 RESPECTO AL ESTUDIO DE VULNERABILIDAD DE PUENTES

- En el estudio presentado se evalúan las sobrecargas de tráfico de manera simple, es necesario considerar las variables asociadas a la naturaleza propia del tráfico de vehículos. En este sentido es necesario que se consideren al menos las siguientes características:
  - Intensidad del tráfico (volumen)
  - Composición de tráfico (% de vehículos pesados, % de vehículos livianos, etc.)
  - Características de los vehículos (carga total real, configuración geométrica, distribución de cargas por eje, etc.).
  
- En el presente estudio se calcularon las deflexiones actuantes por medio de una modelación del sistema vigas-tableros bajo cargas móviles y peso propio del sistema, realizando posteriormente un análisis estructural básico. El procedimiento seguido no se recomienda debido a que el no considera las características propias del tráfico, el deterioro de los elementos modelados, etc. Se recomienda que las deflexiones actuantes sean medidas en el campo con aparatos de alta precisión, la medición debe realizarse en horas de tráfico intenso.
  
- Para calcular el período de vibración del suelo, se recomienda realizar estudios completos de suelos para obtener las características mecánicas y dinámicas de éstos de una manera más confiable.
  
- El período de vibración de la estructura es una característica importante que refleja la rigidez de ésta. Por lo tanto para los puentes nuevos se recomienda la medición del período de la estructura antes que esta entre en funcionamiento, y que se tome frecuentemente y con mayor énfasis luego de ser sometida a eventos que puedan condicionar su resistencia.

# CAPÍTULO VII BIBLIOGRAFÍA

## 7.1 LIBROS

### 7.1.1 ANÁLISIS ESTRUCTURAL.

- 1) AASHTO, Standard Specifications for Highway Bridges, 16ª Edición, 1996.
- 2) Arthur H. Nilson, George Winter, Diseño de Estructuras de Concreto. McGraw-Hill, Bogotá, Colombia 1997.
- 3) ATC – 18, Seismic Design Criteria for Bridges and Other Highway Structures: Current and Future. 1997.
- 4) CENAPRED, Curso sobre Diseño de Construcción Sismorresistente de Estructuras, México 1999.
- 5) Colindres Selva, Rafael; Dinámica de suelos y estructuras. Editorial Limusa, México, 1994.
- 6) Edward G. Nawy; Concreto Reforzado. PRENTICE-HALL Hispanoamericana. México 1998.
- 7) IABSE; Evaluation of Existing Steel and Composite Bridges, Lausanne, Switzerland 1997.
- 8) Jeffrey P. Laible; Análisis Estructural. McGraw-Hill/ Interamericana de México, S.A. de C.V., 1992.
- 9) R. Park, T. Paulay; Estructuras de Concreto Reforzado. Editorial Limusa, México 1979.
- 10) Ray W. Clough, Joseph Perzien; Dynamics of Structures. McGraw-Hill, Inc/Singapore 1993.

### 7.1.2 MODELOS MATEMÁTICOS

- 11) Irving M. Copi; Lógica Simbólica. University of Hawaii, CECSA 1980.
- 12) Sharon L. Senk, Dense R. Thompson. Advanced Algebra. The University of Chicago School Mathematics Project. United States of America, 1993.
- 13) Thomas J. Robinson. Algebra and Trigonometry. Harper and Row Publishers, 1980.

### 7.1.3 INSPECCIÓN DE PUENTES

- 14) AASHTO; Commonly Recognized (CoRe), Structural Elements, December 1997.
- 15) AASHTO; Guidelines for Bridge Management Systems, 1993.
- 16) AASHTO; Manual for Condition Evaluation of Bridges, 1994.
- 17) MOPT; Inspecciones Principales de Puentes de Carretera; Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Editorial Tecnología de Carreteras. España, Madrid 1994.
- 18) Parsons Brinckernoff; Bridge Inspection and Rehabilitation – A Practical Guide, 1993.
- 19) V. K. Raina; Concrete Bridges, Inspection, Repair, Strengthening, Testing and Load Capacity Evaluation, 1996.

### 7.2 TESIS

- 20) Hernández de Paz, Jaime. Vulnerabilidad Sísmica de Estructuras de Edificios de Concreto Reforzado y Acero, Trabajo de Graduación UES, San Salvador, Julio de 1999.
- 21) Sobrino Almunia, Juan Antonio. Evaluación del Comportamiento Funcional y de la Seguridad Estructural de Puentes Existentes de Hormigón Armado y Pretensado. Tesis Doctoral. Barcelona, Febrero de 1994.

### 7.3 ABSTRACTOS DE CONFERENCIAS

#### 7.3.1 INSPECCIÓN Y REHABILITACIÓN DE ESTRUCTURAS

- 22) Portillo García, Edwin. Inspección y Rehabilitación de Puentes. Segundo Congreso Nacional de Vías Terrestres. San Salvador, El Salvador, Noviembre 1998.
- 23) Portillo García, Edwin. Modelación Numérica para el Diseño y Reforzamiento Antisísmico de Estructuras de Edificios. La Ingeniería Sísmica en El Salvador Después de Diez Años del Terremoto de 1986. UES, Escuela de Ingeniería Civil, Julio 1996.
- 24) Portillo García, Edwin. Potencial Destructivo del Set de Acelerogramas del Sismo del 10 de Octubre de 1986, UES, Escuela de Ingeniería Civil, Julio de 1996.

### 7.3.2 SISTEMAS DE ADMINISTRACIÓN DE PUENTES

- 25) Bojidar S. Yanev. Bridge Management for New York City. Depto. Of Transportation New York, N.Y.; USA, Marzo de 1998.
- 26) Comité Técnico de Puentes de Carretera. Gestión de Puentes – Hacia un Indicador del Estado de Salud de los Puentes. XX Congreso Mundial de la Carretera, Montreal, Septiembre de 1995.
- 27) George Eran, Condition Data and Bridge Management System University of Colorado, USA, Marzo de 1998.
- 28) Hugh Hawk, Edgar P. Small, The BIDGIT Bridge Management System. NET Corp., Toronto, ON, Canada. Federal Highway Administrations, McLean, VA, USA. Structural Engineering International Vol. 8 number 4, November 1998.
- 29) Jhon M. Hooks; GeorgeP. Romack. The Tools of Bridge Management, Federal Highway Administration (FHWA) art. T142-1, First SEWC'98, Elsevier Science.
- 30) Jorn Lauridsen; Jhon Bjerrun; Niels Hutzen Andersen. Creating a Bridge Management System. Consulting Engineers, Copenhagen, Denmark. 1998.
- 31) Jorge Perelli Botello. Inventario de Puentes de una Red de Carreteras Autonómicas. Nuevas Técnicas de Evaluación Estructural, Rehabilitación y Refuerzo de Estructuras. Grupo Español de IABSE, Madrid 1999.
- 32) Parag C. Das; New Developments in Bridge Management Methodology. Structural Engineering International, Vol. 8, Number 4, November 1998.
- 33) Paul D. Thompson, Edgar P. Small, Michael Johnson. The Pontis Bridge Management System. Federal Highway Administration, McLean, VA, USA, California. Depto. Of Transportation, Sacramento, CA, USA. Structural Engineering International Vol. 8 Number 4, November 1998.
- 34) Quinto Hernández, Ignacio. La conservación de Puentes en México. Universidad Nacional Autónoma de México, Noviembre 1999.
- 35) Richard W. Shepard, Element Level Bridge Inspections for Bridge Management Systems. California Department of Transportation. (CALTRANS), art. T142-3, First Structural Engineering World Congress, San Francisco, July 1998, Elsevier Science.

- 36) Víctor H. Gamara Herrera. Evaluación de la Capacidad Real de los Puentes Antiguos en El Perú, Segundo Proviál de las Américas 1998.
- 37) Yáñez Hernández, María Ángeles. Deterioros de puentes de una red de carreteras autonómica. Grupo Español IABSE: Madrid, 1999.

### **7.3.3 VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL**

- 38) E. Miranda; Assessment of the Seismic Vulnerability of Existing Buildings. Eleventh World Conference on Earthquake Engineering. Elsevier Science, 1996.
- 39) Maldonado E. Casa R., Cañas A.; Seismic Vulnerability Assessment of Bridges into the Urban Enviroment. Bucaramonga, Colombia; Barcelona, Spain. 16th Congress of IABSE, Lucerne, 2000.
- 40) Mohamed Sobaih, Adelgabr. A Proposed Methodology for Seismic Risk Evaluation of Highway Bridges. Cairo University – Mansoura University Egypt. 12WCEE, 2000.
- 41) R. Park; New Zealand Practice on The Design of Bridges for earthquake, Department of Civil Engineering, University of Canterbury Christchurch, New Zealand. First SEWC'98. Elsevier.
- 42) Unjoh, S., Terayama, T., Adachi, Y., Hoshikuma, J.; Seismic Strengthening of Highway Bridges in Japan, art. T142-1, First SEWC'98, Elsevier.

## **7.4 MANUALES DE USUARIO**

### **7.4.1 ANÁLISIS ESTRUCTURAL**

- 43) Charney, Finley A.; Manual del Usuario del NONLIN. Advanced Structural Concepts.

### **7.4.2 DESARROLLO DE SOFTWARE**

- 44) James, Smith, Wolford; Métodos Numéricos aplicados a la Computación Digital con Fortran. Departamento de Ingeniería Mecánica. Universidad de Nebraska 1970.
- 45) Leinden University; Forcheck – A Fortran Verifier and programming Aid. Leinden University, NetherLands 1992.
- 46) Microsoft Corporation; Programación con Microsoft Access 2000. Versión 9.0. Microsoft Press- McGraw-Hill, 1998.
- 47) Microsoft Corporation; Visual Basic Versión 6.0, Referencia del Lenguaje. Microsoft Visual Estudio – Biblioteca de Referencia. Microsoft Press- McGraw-Hill, 1998.

- 48) Valerie J. Calderbank. Programación con Fortran77. División de Sistemas y Ordenadores; Culhan Laboratory, 1982.

#### **7.4.3 SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE PUENTES**

- 49) COWI; Evaluación Estructural de Daños en Puentes-Manual del Usuario del Sistema de Inventario y Evaluación de Puentes (SIEP), Versión Window, Enero 2000.
- 50) Louis Berger. Manual del Usuario del Sistema de Inventario y Evaluación de Puentes (SIEP). Ministerio de Obras Públicas 1994.

# ANEXOS

**A1**  
**DETERIORO EN MATERIALES**  
**E**  
**INSPECCIÓN DE PUENTES**

### A1.1 DETERIOROS DE MATERIALES

En el proceso de inspección de puentes es necesario no sólo conocer y localizar el daño de los elementos que integran al puente en sí, sino además, es importante conocer los factores propios de la naturaleza del puente y los factores externos, que ocasionan los daños; tales como: el medio ambiente, situaciones extraordinarias, cargas excesivas de tráfico, envejecimiento progresivo, falta de mantenimiento y también aquellos factores asociados a las fases de concepción, diseño y ejecución de la estructura. En este contexto se resumen brevemente las causas de los daños más frecuentes y las patologías más comunes a observar en el proceso de inspección.<sup>26,34,37</sup>

La realización de un puente comienza, cronológicamente, en la planificación, con frecuencia la ubicación y dimensiones de los puentes son condicionados por el trazo de la carretera. En este momento, comienza el estudio de la zona, de la topografía y de la hidrología del cauce salvado para que posteriormente se realice el diseño del puente.

Algunos deterioros pueden provenir de deficiencias en los estudios previos de implantación. Así, en los estudios geológicos y geotécnicos pueden cometerse errores en definir la estratigrafía de la zona de ubicación del puente; pueden evaluarse inadecuadamente las cargas admisibles del terreno, o cometerse errores en la previsión de asentamientos y en la magnitud de los empujes. En el caso de los estudios hidrológicos pueden identificarse erróneamente los caudales de diseño o el comportamiento hidráulico de la cuenca. En la siguiente tabla se resumen las deficiencias en la concepción y diseño del proyecto.

FASE DE CALCULO	FASE DE DISEÑO	PRESCRIPCIONES TECNICAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concentraciones de esfuerzos mal resueltos</li> <li>• Situaciones de equilibrio estricto</li> <li>• Inestabilidad elástica</li> <li>• Incompatibilidad de deformaciones</li> <li>• Condiciones de entorno mal resueltas (juntas, apoyos, empotramiento)</li> <li>• Errores en el establecimiento de las cargas e hipótesis a considerar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Densidad de armaduras y recubrimiento escaso</li> <li>• Empujes al vacío</li> <li>• Impermeabilización inadecuada</li> <li>• Ausencia de desagües</li> <li>• Juntas de dilatación incompatibles con los desplazamientos</li> <li>• Ubicación incorrecta en los cauces</li> <li>• Sistema de cimentación inadecuada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Descripción errónea o inexistencia, de la calidad de los materiales</li> <li>• Unidades de obra poco descritas e indefinidas</li> <li>• Controles exigidos poco rigurosos o escasos</li> </ul>

Tabla A1.1 Deficiencias en la construcción y diseño del proyecto

La ejecución es el momento de llevar a cabo el proyecto, no todos los orígenes de los deterioros son atribuibles al proyecto, debido a que los deterioros también pueden provenir de una ejecución defectuosa. Esto se puede analizar en la siguiente tabla.

DEFICIENCIAS EN LOS MATERIALES UTILIZADOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mala calidad de productos de fábrica</li> <li>• Concreto de calidad inferior</li> <li>• Áridos contaminados</li> </ul>
DEFICIENCIAS EN LOS MATERIALES AUXILIARES DE EJECUCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de rigidez en los encofrados, cimbras, andamios, etc.</li> </ul>
DEFICIENCIAS EN LA EJECUCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mal trabajo y rejuntado</li> <li>• Deficiente colocación de armaduras y vainas de pretensados</li> <li>• Falta de recubrimientos</li> <li>• Mal vibrado y curado del concreto</li> <li>• Juntas mal ejecutadas</li> <li>• Deficiente tesado, inyección, etc. del pretensado</li> </ul>

Tabla A1.2. Causas atribuibles a una ejecución defectuosa.

Además de los deterioros cuyas causas se encuentran en las fases antes mencionadas, las causas de deterioros que son detectables en el proceso de inspección, son las originadas en el estado de servicio del puente. En esta fase de explotación se pueden clasificar las causas en relación con la agresividad del medio ambiente, situaciones extraordinarias y con las acciones sobre el equipamiento de los vehículos o de la propia explotación de la carretera. A continuación se explican brevemente las causas de los deterioros en los materiales de puente, específicamente los correspondientes al concreto y al acero.

### **A1.1.1 FACTORES QUE CAUSAN EL DETERIORO EN EL CONCRETO.**

#### **1. Agresividad Ambiental**

- Congelamiento y deshielo: los poros del concreto absorben agua, la que al congelarse crea una presión expansiva. Esta presión produce resquebrajamiento, descarapelamiento o desportillamiento y astillamiento.
- Acción de la sal: El uso de la sal o de otros descongelantes contribuye a la intemperización del concreto a través de la recristalización, en un modo similar como lo hace el congelamiento y deshielo.
- Deformaciones térmicas diferenciales: Grandes variaciones de temperatura pueden provocar una deformación diferencial excesiva entre la superficie y el interior del concreto, lo que provoca ocasionalmente un deterioro. Agregados con bajo coeficiente de expansión térmica respecto al mortero también provocan altos esfuerzos de tensión, con el consiguiente deterioro.
- Componentes sulfatados en la tierra: Los sulfatos de sodio, magnesio y calcio tiene efectos muy perjudiciales sobre los componentes del concreto y le causan un deterioro mas acelerado.
- Ataque químico: Gran número de agentes químicos atacan al concreto, sin embargo, el concreto para vías de carretera usualmente se encuentra sujeto a la acción de agentes químicos presentes en los aditivos empleados.
- Corrosión en el acero de refuerzo: El incremento en el volumen del acero de refuerzo corroído ocasiona un aumento en la presión interna de la masa del concreto, dando por resultado, desprendimiento de los recubrimientos.

#### **2. Cargas de tráfico / envejecimiento progresivo.**

- Fuerzas de flexión y contracción: Ambas fuerzas producen en cierto modo estados importantes de tensión de los cuales resultan grietas.
- Filtraciones: la filtración de agua a través de grietas o fisuras en el interior del concreto, provoca escurrimiento de hidróxido de calcio disuelto y otros componentes, el resultado de tal acción ocasiona erupciones o incrustaciones en la superficie de las grietas.

- Corrosión en el acero de refuerzo: El incremento en el volumen del acero de refuerzo corroído ocasiona un aumento en la presión interna de la masa del concreto, dando por resultado, desprendimiento de los recubrimientos.
- Deterioro por desgaste o abrasión: el desgaste por tráfico vehicular y los impactos causan deterioros a la losa del puente, en ésta el desgaste se presenta con grietas y daños en las juntas de dilatación.

### **A1.1.2 FACTORES QUE CAUSAN EL DETERIORO EN EL ACERO.**

1. Agresividad ambiental.
  - Aire y humedad: el aire y la humedad son causantes primariamente de la oxidación y posteriormente de corrosión en el acero, especialmente en climas marinos.
  - Gases industriales y de vehiculos: Los gases dispersos en la atmósfera, producto de la combustión de diesel, particularmente producen el ácido sulfúrico, causando severo deterioro en el acero.
  - Agentes alcalinos: Hay agentes alcalinos, esencialmente hidróxidos de sodio y calcio que atacan al acero, los producidos por carbonatos son los que más comúnmente se encuentran en los puentes.
2. Cargas de tráfico / envejecimiento progresivo.
  - Esfuerzos térmicos o sobrecargas: Cuando el movimiento por dilatación térmica de los miembros, es restringido, o alguno de los miembros es sometido a un sobreesfuerzo, se pueden producir deformaciones o fracturas (o desprendimiento de remaches y pernos)
  - Fatiga y concentración de fuerzas: La mayoría de las fracturas son producto de fatiga o deficiencia de detalles constructivos que producen de una gran concentración de esfuerzos. Ejemplos de esto son: esquinas agudas, cambios bruscos de espesor y/o ancho de las placas, pesadas concentraciones de soldadura, una insuficiente área de soporte en los apoyos etc.
3. Situaciones extraordinarias
  - Fuego: Causa en extremo, serios daños y deformaciones en los elementos de acero.

- Colisiones: Camiones cargas excedidas, descarrilamientos de vehículos, etc., cuando golpean los elementos superiores del puente o las columnas, produciendo daños considerables.
  - Deslizamientos de terreno
  - Inundaciones
  - Vandalismo
4. Deficiente mantenimiento
- Roturas en aceras, barandas y cordones
  - Obstrucción de las juntas
  - Corrosión excesiva
  - Suciedad y obstrucción en los drenajes

A continuación se resumen en la siguiente tabla las causas generales de los deterioros provenientes de la explotación de servicio.

AGRESIVIDAD AMBIENTAL	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperaturas extremas. Congelamiento y deshielo, sales de deshielo.</li> <li>• Ataque químico por gases atmosféricos.</li> <li>• Erosión eólica</li> <li>• Agresividad de los suelos</li> <li>• Acción del agua</li> <li>• Enraizamiento de árboles y arbustos</li> <li>• Acción de la sal</li> </ul>
CARGAS DE TRAFICO/ ENVEJECIMIENTO PROGRESIVO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Envejecimiento del material de las juntas, o ausencia de éste</li> <li>• Impactos y roturas en cordones y aceras por el tráfico</li> <li>• Fallos en la impermeabilización</li> <li>• Fatiga y concentración de fuerzas</li> <li>• Deterioro por desgaste o abrasión</li> <li>• Fuerzas de flexión y contracción</li> </ul>
SITUACIONES EXTRAORDINARIAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inundaciones</li> <li>• Deslizamientos del terreno</li> <li>• Incrementos de carga</li> <li>• Impactos de vehículos</li> <li>• Vertidos industriales</li> <li>• Vandalismo</li> </ul>
DEFICIENTE CONSERVACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Roturas en aceras, barandas y cordones</li> <li>• Obstrucción de las juntas</li> <li>• Corrosión excesiva</li> <li>• Suciedad y obstrucción en los drenajes</li> </ul>

Tabla A1.3 Deterioros provenientes de la explotación de servicio.

## **A1.2 ASPECTOS A CONSIDERAR EN LAS INSPECCIONES DE PUENTES**

En la sección anterior se describieron algunas de las posibles causas de los deterioros en los elementos del puente, en esta sección se describirán brevemente las patologías más comunes observadas en los puentes carreteros.

### **A1.2.1 PATOLOGÍAS OBSERVABLES EN EL CONCRETO.**

- **Pérdida de material o Desconchamiento:** La gradual y pérdida continua del mortero y agregados superficiales sobre un área de concreto expuesta, se clasifica como sigue:
  1. **Desconchamiento Ligero:** El daño en la superficie de concreto con pérdida de mortero no debe exceder 0.5 cm de profundidad, con exposición superficial de los agregados gruesos.
  2. **Desconchamiento Medio:** La pérdida de mortero superficial debe ser entre 0.5 y 1.0 cm de profundidad, incluyendo pérdida de mortero adicional entre los agregados y daño o erosión de los mismos.
  3. **Desconchamiento Fuerte:** El daño en la superficie del concreto por desagregación del mortero y partículas de agregado grueso circunvecinas, debe encontrarse entre 1.0 y 2.5 cm de profundidad, los agregados deben estar claramente expuestos fuera del concreto.
  4. **Desconchamiento Severo:** El daño en los agregados es visible en la superficie del concreto. La profundidad del Desconchamiento excede a los 2.5 cm.
- **Agrietamiento:** Una grieta es una línea que muestra una fractura en el concreto. La grieta se puede extender parcial o completamente a lo largo y a través del miembro del concreto. Es posible observar grandes fisuras en las losas, igualmente en los estribos, muros y se presentan en las áreas adyacentes en las juntas de expansión. Los tipos de grietas pueden ser de las siguientes formas:
  1. **Grietas transversales:** Las grietas son regulares, en línea recta aproximadamente y perpendiculares al eje central del puente:  
Las grietas transversales varían en ancho, largo y espaciamiento.  
Con frecuencia se encuentran sobre el acero de refuerzo principal en la losa de los puentes sobre nervaduras o vigas longitudinales. En los puentes esviados en donde el acero de refuerzo de los tableros de la losa, no se coloca perpendicular con el eje

central del puente, este tipo de grietas pueden aparecer con la orientación del acero de refuerzo. En los puentes con estructuración continua, pueden apreciarse grietas transversales muy pronunciadas sobre el eje de las pilas, en las zonas donde se producen los momentos negativos. Los coronamientos de las pilas también suelen estar sujetos a este tipo de agrietamientos.

2. Grietas horizontales: Esta forma de agrietamientos ocurre por lo general en muros, estribos, sistemas de pilas y columnas.
  3. Grietas Longitudinales: Estas se presentan generalmente rectas en las losas corriendo paralelamente al eje central longitudinal del puente.
  4. Grietas verticales: Se pueden encontrar en los muros, estribos, sistemas de pilas y en las corona; son similares a las grietas longitudinales que se presentan en las losas. Suelen encontrarse en las zonas de tensión por momentos flexionantes de los diafragmas y las vigas longitudinales.
  5. Grietas Longitudinales: Estas grietas aparecen regularmente paralelas en las en las losas de puentes esviados, en los extremos donde forman los ángulos agudos. Estas grietas cuando se presentan en las caras verticales de las vigas o coronamientos de las pilas de una manera profunda, supondrá un problema grave.
  6. Mapas de grietas: Las grietas interconectadas forman retículas de tamaño variable y aparecen de forma similar que las observadas en los planos expuestos al sol. Son de escasa anchura, finas y pueden fácilmente ser definidas. Se encuentran con mayor frecuencia en los muros y en losas.
- Resquebrajamiento: El resquebrajamiento consiste en una depresión circular o una depresión oval en el concreto.

Es causado por la separación o remoción de una porción de superficie de concreto manifestada por una fractura en un plano paralelo o ligeramente inclinado a la superficie. El resquebrajamiento se clasifica de la siguiente manera.

1. Pequeño: con un diámetro aproximado de 15 cm y profundidad inferior a 2.5 cm.
2. Amplio: de mas de 2.5 cm de profundidad y mas de 15-25 cm de diámetro.
3. Área hundida: Un área de concreto que presenta hundimiento o vacíos considerables y que por medio del sonido producido por los golpes de un martillo

puede notarse la existencia de un plano de fractura al nivel del lecho de varillas de acero (indicando la existencia de fracturas al interior de la superficie).

- Juntas Resquebrajadas: Esto consiste en la extensa depresión a lo largo de juntas de expansión, contracción o construcción.

### **A1.2.2 PATOLOGÍAS OBSERVABLES EN EL ACERO.**

- Oxidación y corrosión: La herrumbe en el acero presenta varias coloraciones que van desde el rojo intenso hasta el café rojizo.

Inicialmente la herrumbe es un fino granulado, pero a medida que transcurre el tiempo se convierte en pequeñas escamas.

La oxidación y la corrosión se clasifica en la siguiente forma:

1. Ligera: Es la formación de herrumbe en la parte superficial o sobre la pintura, esencialmente es producto del proceso químico de oxidación.
  2. Moderada: Es la formación de escamas de herrumbe o cuando adquiere la forma de pequeños gránulos. Las áreas afectadas son fácilmente detectables, se trata aquí de un proceso avanzado de oxidación.
  3. Severa: Es cuando la herrumbe es densa y estratificada o cuando provoca picaduras en la superficie del metal. Esta corrosión culmina generalmente con la perforación de la misma sección de acero. Es producto de la oxidación química muy avanzada o esencialmente del proceso físico de corrosión debido a la presencia de un potencial eléctrico en la masa de acero.
- Grietas: Las grietas en el acero se diversifican de formas muy finas pero suficientes para debilitar al miembro afectado.
  - Pandeo y Torsión: Estas condiciones se desarrollan a causa de los esfuerzos térmicos, sobrecargas u otras circunstancias de carga como las reversibles, que aun sin llegar a producir los esfuerzos de trabajo, ocasionan fatiga en el acero. Estas condiciones provocan fallas que contribuyen al deterioro de los miembros adyacentes. Los daños por colisiones son una causa mas que provocan pandeo, torsión y cortes.
  - Concentración de esfuerzos: Debe observarse la pintura que se encuentra alrededor de las juntas ya que la existencia de finas grietas indican altas concentraciones de

esfuerzos. Hay que alertar de cualquier tipo de deformación tanto en los pernos como en los remaches y de las placas que los sujetan.

- Acero estructural en estructuraciones mixtas: En la inspección de estructuras de acero y concreto hay que observar particularmente la parte de concreto de la superestructura o la subestructura en contacto con las caras de los elementos de acero y los anclajes entre ambos materiales.

A continuación se presentan dos tablas que resumen las patologías habituales de los puentes de carretera, atribuibles al proyecto, la ejecución, la conservación y la explotación de servicio.

FASE DE CALCULO	FASE DE DISEÑO	PRESCRIPCIONES TECNICAS	ESTUDIOS PREVIOS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fisuración a medias laderas.</li> <li>• Deslizamientos y agrietamientos de muros</li> <li>• Deformaciones en estribos</li> <li>• Asientos diferenciales</li> <li>• Fisuración y agrietamientos en tableros</li> <li>• Aplastamiento de apoyos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Panales y nidos de grava</li> <li>• Pérdidas del recubrimiento</li> <li>• Saturación de materiales, agua contaminada, disoluciones, corrosiones y depósitos de sales</li> <li>• Formación de turbulencias, aterramientos, socavaciones y erosiones</li> <li>• Inundaciones e inestabilidad de taludes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ataque de sulfatos</li> <li>• Reacciones árido-álcali</li> <li>• Retracciones por hormigones plásticos o por curado incorrecto</li> <li>• Fábricas mal sentadas, trabadas o rejuntadas</li> <li>• Problemas de durabilidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Giros desplazamientos y roturas en las cimentaciones, subestructura y superestructura</li> <li>• Empujes y deslizamientos de muros y taludes.</li> <li>• Agresividad del terreno, Subpresiones</li> <li>• Creación de puntos bajos, con altas pilas y estribos</li> <li>• Erosiones y aterramientos</li> <li>• Socavaciones</li> <li>• Insuficiencia en la capacidad de desagüe.</li> </ul>

Tabla A1.4 Patologías Atribuibles a la redacción del proyecto.

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fisuraciones, aplastamiento y meteorización de fábricas.</li> <li>• Abertura de fábrica, separaciones</li> <li>• Nidos de grava y fisuraciones en mallas</li> <li>• Filtraciones</li> <li>• Desagregaciones y agrietamientos en mallas</li> <li>• Deformaciones, flechas remanentes y abombamientos</li> <li>• Manchas y ataque a las armaduras, corrosiones</li> </ul>
--

Tabla A1.5 Patologías Atribuibles a la ejecución.

DEBIDO A CONDICIONES AMBIENTALES	DEBIDO A CONDICIONES EXTRAORDINARIAS	DEBIDOS AL TRAFICO Y/O ENVEJECIMIENTO
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fisuración, desagregación y roturas por aumento de volumen</li> <li>• Pérdida de masa</li> <li>• Roturas del rejuntado y agrietamientos</li> <li>• Desagregación por ataque en las armaduras, carbonatación y corrosión.</li> <li>• Disoluciones, cristalización de sales.</li> <li>• Roturas en cimientos, desagregación, agrietamientos en mallas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aterramientos, impactos y rozaduras en la subestructura.</li> <li>• Socavaciones</li> <li>• Corrimiento de márgenes, desplome de taludes, destrucción de conos de tierra y aletas</li> <li>• Fisuraciones y deformaciones en la superestructura</li> <li>• Roturas en la subestructura</li> <li>• Ataques químicos</li> <li>• Roturas en subestructuras y equipamientos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grietas, roderas, baches, desgastes y envejecimiento del pavimento de la calzada</li> <li>• Despegues, roturas, levantamiento de juntas de dilatación, incluso fisuración del pavimento y su entorno</li> <li>• Obstrucción de los elementos de desagüe</li> <li>• Mal estado de la pintura de los elementos de acero</li> <li>• Señalización vertical y horizontal deteriorada</li> <li>• Marcas viales poco visibles</li> </ul>

Tabla A1.6 Deterioros atribuibles a la conservación y explotación del servicio.

## **A1.3 INSPECCION DE PUENTES**

### **A1.3.1 DEFINICION DE INSPECCION**

Es un conjunto de actuaciones técnicas, realizadas según un plan previo, que facilitan los datos necesarios para conocer en un instante dado el estado del puente.

### **A1.3.2 PROCEDIMIENTO DE INSPECCION DE PUENTES**

Las inspecciones de puentes son realizadas para determinar las condiciones físicas y funcionales de los puentes, para recoger la información básica que sirva para la evaluación de la capacidad de carga de los puentes, así como la máxima sobrecarga permitida, para iniciar acciones de mantenimiento, para proveer un registro continuo de la condición de los puentes y el estado de deterioro, y para establecer prioridades para programas de reparación y rehabilitación.

### **A1.3.3 TIPOS DE INSPECCIONES<sup>15</sup>.**

AASHTO considera 5 tipos de inspecciones. Cada tipo de inspección requiere diferentes niveles de intensidad, así como el acceso a los elementos estructurales, el nivel de detalle requerido para las inspecciones físicas y el grado de prueba será considerado para cada tipo de inspección.

#### **INSPECCIONES INICIALES**

Constituye la primera inspección de un puente pero también se puede aplicar cuando ha habido un cambio importante en la configuración de la estructura, por ejemplo alargamiento ó ampliación del ancho de la calzada, etc. Esta inspección inicial es una investigación completamente documentada, llevada a cabo por personal especializado y debe ser acompañada por cálculos analíticos que determinen su capacidad de carga.

#### **INSPECCIONES DE RUTINA**

Las inspecciones de rutina son inspecciones programadas periódicamente y que consisten en la ejecución de las observaciones y/o mediciones necesarias para determinar la condición física y funcional del puente y para identificar cualquier cambio que se haya producido desde la última inspección.

## INSPECCION DE DAÑOS

Una inspección de daños es una inspección no programada para evaluar los daños estructurales causados por factores ambientales ó acciones humanas. El alcance de la inspección debe ser suficiente para determinar la necesidad de restricciones al tráfico ó cierre total del puente.

## INSPECCION PROFUNDA

Una inspección profunda es una inspección minuciosa a uno ó más miembros de la estructura a fin de detectar cualquier deficiencia no posible de detectar por los procedimientos de las inspecciones de rutina. La inspección puede incluir una evaluación de la capacidad real a fin de conocer la capacidad residual de los miembros deteriorados. También se pueden llevar a cabo ensayos no destructivos con el objeto de determinar con seguridad la máxima capacidad de carga admisible.

## INSPECCION ESPECIAL

Una inspección especial es una inspección programada a discreción de la autoridad competente con el objeto de monitorear una deficiencia específica conocida ó de la cual se sospecha, tales como asentamiento en los estribos.

### A1.4 REGISTROS DE INSPECCION

Los propietarios de puentes deberían de tener un completo, preciso y actual registro de cada puente bajo su jurisdicción. Información completa, almacenada de forma útil es vital para un eficiente manejo de puentes, incluyendo la prevención de accidentes y racionalización de los costos de mantenimiento.

Un registro de puente debe contener la historia completa de la estructura, incluyendo los daños sufridos y todos los reforzamientos y reparaciones efectuados en el puente. Este registro también debe proveer información sobre la capacidad real de la estructura, incluyendo la memoria de cálculo que sustenta las reducciones de la capacidad de carga, si éstas existen. La información sobre cada puente puede ser dividida en tres categorías:

1. Datos básicos que normalmente no están sujetos a variación (datos estáticos).
2. Datos que son actualizados periódicamente mediante inspecciones de campo (datos dinámicos).

3. Datos que son deducidos de los datos básicos y de las inspecciones de campo.

### **A1.5 COMPONENTES DE UN REGISTRO DE PUENTES**

Aunque se acepta que en el caso de los puentes antiguos no existe mucha información disponible, se consideran como componentes muy importantes los siguientes:

#### **REGISTROS DE GAVINETE:**

- Planos:
  - Planos de fabricación iniciales.
  - Esquemas y/o planos de corte de taller.
  - Planos finales del puente tal como en realidad fue fabricado y montado, incluyendo las correcciones de taller y campo.
- Especificaciones técnicas.
- Correspondencias relativa.
- Fotografías. Como mínimo deberán incluirse las vistas de elevación y planta.
- Materiales y pruebas:
  - Certificado de tipo, grado y calidad de los materiales.
  - Reportes de ensayos de laboratorio y pruebas no destructivas de los materiales.
  - Reportes de cualquier prueba de carga efectuada en el campo.
- Historial de mantenimiento y reparaciones. Este es un historial cronológico que incluye el registro de las actividades de mantenimiento y reparación que se han efectuado en el puente desde su construcción inicial. Comprende fechas, descripción de los trabajos, contratistas responsables, costo, etc.
- Historial de pintura y otros recubrimientos. Deben registrarse los planes de pintura ó recubrimientos protectores de superficie empleados, incluyendo preparación de superficies, métodos de aplicación, espesor de película seca, tipos de aditivos selladores para acero y concreto, etc.
- Registros de accidentes. Deben incluirse detalles de los accidentes y daños ocurridos indicando fechas, descripción de los accidentes, elementos dañados del puente y su reparación, así como los reportes de las investigaciones.

- Cargas especiales autorizadas. Deben registrarse las cargas especiales autorizadas para circular por el puente así como la documentación y los cálculos que los sustente.
- Datos sobre inundaciones. En el caso de puentes sobre ríos ú otros cursos de agua debe registrarse cronológicamente la historia de las mayores inundaciones ocurridas.

Esto permitirá que en el futuro las crecidas por futuros fenómenos naturales, encuentren a los puentes mejor preparados.

- Información sobre tráfico. Debe registrarse la frecuencia y el tipo de vehículos que usan el puente, así como sus variaciones históricas. Esto servirá para determinar la vida de la estructura según las cargas de fatiga que reciba.

#### REGISTROS DE INSPECCIONES:

- Historial de inspecciones. Se considerará el registro cronológico de las inspecciones realizadas.

En la medida de lo posible deben registrarse estudios de evaluación de la erosión, datos sobre la actividad sísmica, corrosión, etc.

- Requerimientos para la inspección. Se indicará una relación de equipos y herramientas especializadas, así como descripciones de detalles especiales del puente, etc.
- Formatos de evaluación e inventarios de la estructura. Se incluirá un registro cronológico de los inventarios y evaluaciones.
- Registros de evaluación de la capacidad real.

#### A1.6 SECUENCIA DE INSPECCION.

En la mayoría de puentes de concreto, podemos seguir una secuencia bien definida de los elementos a inspeccionar.

1. Superficie de rodamiento
2. Juntas de expansión
3. Aparatos de apoyo
4. Todos los miembros estructurales primarios y secundarios que forman parte de la superestructura
5. Pilas, estribos y sus fundaciones

## SUPERFICIE DE RODAMIENTO

Se observarán los siguientes tipos de deterioros:

- Grietas y discontinuidades en el pavimento, fisuraciones superficiales, distinguiendo aquellas que guarden una formación longitudinal o transversal.
- Deformaciones excesivas y permanentes.
- Desgaste excesivo del pavimento con peligro de deslizamiento para los vehículos.
- Deslizamiento del pavimento sobre el tablero por fallo en la adherencia.
- Baches, hundimientos.

## JUNTAS DE EXPANSION

Las juntas de expansión son necesarias para permitir a los vanos expandirse y contraerse con las variaciones de temperatura. Todos los tipos de juntas deben estar libres de movimientos.

El pobre diseño y poco mantenimiento de las juntas de expansión, son constantemente el origen de problemas graves y por lo tanto deben ser minuciosamente examinadas. Las juntas de expansión son susceptibles de deterioros debido a las fuertes tensiones a que se ven sometidas. Los defectos más comunes son:

- Despegues y fallos en el sistema de anclaje en la junta.
- Defectos en el funcionamiento (desplazamientos longitudinales o transversales insuficientes o impedidos, presencia de piedras y gravillas que impiden un deslizamiento adecuado, etc.).
- Irregularidades en su alzado (una parte de la junta puede estar en un plano superior al otro labio, produciéndose impactos al paso del tráfico).
- Fisuración y degradación del pavimento situado sobre las juntas.
- Material de relleno deteriorado o arrancado (acero, neopreno o teflón).
- Ausencia de las juntas necesarias.

## APARATOS DE APOYO

Los aparatos de apoyo transmiten las cargas de la superestructura a la subestructura permitiendo a la superestructura moverse sin producir esfuerzos dañinos. Es importante señalar el tipo de coacción que introduce: si permite el movimiento horizontal, el giro, etc.

Se indicará la temperatura a la que se está verificando la inspección.

Se debe verificar la conformidad de la colocación de los aparatos de apoyo con los planos del proyecto.

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

En general los posibles defectos se pueden clasificar en:

- Material constitutivo deteriorado: corrosión en aparatos de apoyo metálicos, degradaciones en el elastómero en apoyos elastoméricos , etc.
- Protección insuficiente contra la corrosión: fallos de galvanización o en la pintura anticorrosiva, etc.
- Fallos en el sistema de anclaje, si existe.
- Defectos de funcionamiento del aparato de apoyo (deformaciones excesivas, bloqueos, etc.)
- Desplazamientos de apoyos de su posición original.
- Los abultamientos que se produzcan al deformarse el apoyo por las cargas verticales no deben ser muy pronunciadas.
- Distorsiones excesivas (en comparación con las previstas para la misma temperatura, retracción y fluencia equivalentes)
- Degradaciones en el elastómero y las armaduras.
- Suciedad (grasa, aceites, gasolina, tierra, piedras, etc.).

## SUPERESTRUCTURA

### GENERAL

- Examinar el alineamiento de los perfiles de miembros.
- Buscar en los elementos de la superestructura, indicios de colisiones con vehículos, daños por incendios, daños ocurridos por movimientos de la superestructura, etc.
- Observar el comportamiento de los miembros de la superestructura, al paso de vehículos pesados y notar deflexiones excesivas, vibraciones o ruidos inusuales.
- Inspeccionar los elementos cercanos a los drenajes y notar si existe corrosión.
- Inspeccionar en los miembros de concreto fisuras, descascaramiento, eflorescencias, etc.
- Inspeccionar los aparatos de apoyo, para determinar si existen fisuramientos debido a desplazamiento por expansión y contracción térmica.

- Inspeccionar la existencia de fisuras diagonales, especialmente cercano a los aparatos de apoyo, lo que indica una falla por cortante incipiente.
- Describir el tamaño y profundidad de las fisuras.
- Inspeccionar en los centros de los claros la existencia de fisuras por flexión.
- Observar reparaciones previas a la inspección.
- Describir la localización de agrietamientos mayores a 0.25mm.
- Igualmente observar en piezas de acero, fisuras, pandeo, desprendimiento de soldaduras, corrosión y otros.
- Inspeccionar y estimar el porcentaje de reforzamiento expuesto.
- Observar excentricidades indeseables en nudos donde no coincidan los ejes de las barras concurrentes.
- Determinar el estado de envejecimiento, de la pintura de protección en elementos de acero.

## SUBESTRUCTURA

### Estribos:

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

Es muy importante el efecto del empuje sobre los muros, por excesiva compactación u otras causas, lo que da lugar a distintos esquemas de fisuración. Son muy comunes las grietas en la unión del muro del estribo con el muro de acompañamiento o aletas laterales.

A los fenómenos de tipo estructural hay que añadir otros que aún siendo secundarios, pueden colaborar negativamente en los daños:

Infiltraciones de finos por grietas y vías preferentes, eflorescencias, ataques superficiales a los sillares y juntas.

La corriente también puede erosionar los arranques y partes bajas en zonas de estrechamiento y curvas. Es importante inspeccionar los drenajes de los muros, tanto frontales como laterales.

### Pilas:

En la inspección de las pilas cabe repetir las mismas consideraciones y recomendaciones citadas para los estribos. Aunque podemos mencionar algunos aspectos particulares como:

- Las fisuras verticales por asiento diferencial en paramentos de pilas de gran anchura y cimentadas superficialmente sobre terrenos arcillosos.
- Las fisuras verticales en coronación, muy frecuentes en pilas de fábrica u hormigón que soportan las cargas concentradas de los apoyos de las superestructuras isostáticas de acero y hormigón.
- Daños sobre las pilas por impactos debidos al tráfico inferior.

**A2**

**MANUALES DE INSPECCIÓN  
PRINCIPAL DE PUENTES (FIP)**

## A2.1 MANUAL PARA EL FORMATO DE INSPECCIÓN. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE PUENTES CARRETEROS EN EL SALVADOR

- CODIGO:

Cadena de caracteres alfanuméricos producto de la fusión de datos obtenidos del inventario básico, siendo este único para cada puente. La formación de este código se describe en seguida.

- NOMBRE DEL PUENTE

Indica el nombre propio del puente, en el caso de desconocerse colocar el nombre del río, población o comunidad que pueda identificarlo y si no se conoce ninguna de la información antes mencionada identificarlo como "sin nombre".

- AÑO DE CONSTRUCCION

Esta información en muchos casos se puede obtener de una las placas de identificación que poseen los puentes, de no estar disponible se puede obtener de planos constructivos u otros documentos que contengan información del puente.

- CONSTRUCTOR

Nombre de la empresa constructora que efectuó la construcción del puente.

- ① PROPIETARIO

Indica quien es el propietario de la vía, el cual puede ser el Ministerio de Obras Publicas en la mayoría de los casos o un particular. Utilizar una letra M cuando el propietario sea el M.O.P. y una letra P de ser un particular.

M = MOP      P = Particular

Colocar las letras que identifiquen el propietario, en las casillas agrupadas en ① del código.

- ② ZONA

El Salvador está dividido en las siguientes zonas:

OC: Occidental (Ahuachapán, Santa Ana, Sonsonate)

CE: Central (La Libertad, Chalatenango, San Salvador)

OR: Oriental ( San Miguel, Morazán, Usulután, La Unión)

PC: Para – Central ( Cuscatlán, Cabañas, San Vicente, La Paz)

Colocar las letras que identifiquen la zona, en las casillas agrupadas en 3 del código.

- ③ DEPARTAMENTO

La división política de El Salvador determina 14 departamentos que son:

AH: Ahuachapán

SA: Santa Ana

SO: Sonsonate

LL: La Libertad

CH: Chalatenango

SS: San Salvador

CU: Cuscatlán

CA: Cabañas

SV: San Vicente

LP: La Paz

US: Usulután

SM: San Miguel

MO: Morazán

LU: La Unión

Colocar las letras que identifiquen el departamento, en las casillas agrupadas en 9 del código.

- ④ MUNICIPIO

Nombre del municipio donde se localiza el puente.

Colocar el código que identifique el municipio, en las casillas agrupadas en 5 del código.

AHUACHAPAN	Ahuachapán	01
	Apaneca	02
	Atiquizaya	03
	Concepción de Ataco	04
	El Refugio	05

	Guaymango	06
	Jujutla	07
	San Francisco Menéndez	08
	San Lorenzo	09
	San Pedro Puxtla	10
	Tacuba	11
	Turín	12
SANTA ANA	Candelaria de la Frontera	01
	Coatepeque	02
	Chalchuapa	03
	El Congo	04
	El Porvenir	05
	Masahuat	06
	Metapán	07
	San Antonio Pajonal	08
	San Sebastián Salitrillo	09
	Santa Ana	10
	Santa Rosa Guachipilín	11
	Santiago de la Frontera	12
	Texistepeque	13
SONSONATE	Acajutla	01
	Armenia	02
	Caluco	03
	Cuisnahuat	04
	Ishuatán	05
	Izalco	06
	Juayúa	07
	Nahuizalco	08
	Nahuilingo	09
	Salcoatitán	10
	San Antonio del Monte	11

	San Julián	12
	Santa Catarina Masahuat	13
	Santo Domingo de Guzmán	14
	Sonsonate	15
	Sonzacate	16
CHALATENANGO	Agua Caliente	01
	Arcatao	02
	Azacualpa	03
	Citalá	04
	Comalapa	05
	Concepción Quezaltepeque	06
	Chalatenango	07
	Dulce Nombre de María	08
	El Carrizal	09
	El Paraiso	10
	La Laguna	11
	La Palma	12
	La Reina	13
	Las Vueltas	14
	Nombre de Jesús	15
	Nueva Concepción	16
	Nueva Trinidad	17
	Ojos de agua	18
	Potonico	19
	San Antonio de la Cruz	20
	San Antonio Los Ranchos	21
	San Fernando	22
	San Francisco Lempa	23
	San Francisco Morazán	24
	San Ignacio	25
	San Isidro Labrador	26

	San José Cancasque	27
	San José la Flores	28
	San Luis del Carmen	29
	San Miguel de Mercedes	30
	San Rafael	31
	Santa Rita	32
	Tejutla	33
LA LIBERTAD	Antiguo Cuscatlán	01
	Ciudad Arce	02
	Colón	03
	Comasagua	04
	Chiltiupan	05
	Huisúcar	06
	Jayaque	07
	Jicalapa	08
	La Libertad	09
	Nuevo Cuscatlán	10
	Nueva San Salvador	11
	Quezaltepeque	12
	Sacacoyo	13
	San José Villanueva	14
	San Juan Opico	15
	San Matías	16
	San Pablo Tacachico	17
	Tamanique	18
	Talnique	19
	Teotepeque	20
	Tepecoyo	21
	Zaragoza	22
SAN SALVADOR	Aguilares	01
	Apopa	02

	Ayutuxtepeque	03
	Cuscatancingo	04
	El Paisnal	05
	Guazapa	06
	Ilopango	07
	Mejicanos	08
	Nejapa	09
	Panchimalco	10
	Rosario de Mora	11
	San Marcos	12
	San Martín	13
	San Salvador	14
	Santiago Texacuango	15
	Santo Tomás	16
	Soyapango	17
	Tonacatepeque	18
	Delgado	19
CUSCATLAN	Candelaria	01
	Cojutepeque	02
	El Carmen	03
	El Rosario	04
	Monte de San Juan	05
	Oratorio de Concepción	06
	San Bartolomé Perulapia	07
	San Cristóbal	08
	San José Guayabal	09
	San Pedro Perulapán	10
	San Rafael Cedros	11
	San Ramón	12
	Santa Cruz Analquito	13
	Santa Cruz Michapa	14

	Suchitoto	15
	Tenancingo	16
LA PAZ	Cuyultitán	01
	El Rosario	02
	Jerusalén	03
	Mercedes la Ceiba	04
	Olocuilta	05
	Paraíso de Osorio	06
	San Antonio Masahuat	07
	San Emigdio	08
	San Francisco Chinameca	09
	San Juan Nonualco	10
	San Juan Talpa	11
	San Juan Tepezontes	12
	San Luis	13
	San Miguel Tepezontes	14
	San Pedro Masahuat	15
	San Pedro Nonualco	16
	San Rafael Obrajuelo	17
	Santa María Ostuma	18
	Santiago Nonualco	19
	Tapalhuaca	20
	Zacatecoluca	21
CABAÑAS	Cinquera	01
	Guacotecti	02
	Ilobasco	03
	Jutiapa	04
	San Isidro	05
	Sensuntepeque	06
	Tejutepeque	07
	Victoria	08

	Villa Dolores	09
SAN VICENTE	Apastepeque	01
	Guadalupe	02
	San Cayetano Istepeque	03
	Santa Clara	04
	Santo Domingo	05
	San Esteban Catarina	06
	San Ildefonso	07
	San Lorenzo	08
	San Sebastián	09
	San Vicente	10
	Tecoluca	11
	Tepetitán	12
	Verapaz	13
USULUTAN	Alegria	01
	Berlín	02
	California	03
	Concepción Batres	04
	El Triunfo	05
	Ereguayquin	06
	Estansuelas	07
	Jiquilisco	08
	Jucuapa	09
	Jucuarán	10
	Mercedes Umaña	11
	Nueva Granada	12
	Ozatlán	13
	Puerto el Triunfo	14
	San Agustín	15
San Buenaventura	16	
San Dionisio	17	

	Santa Elena	18
	San Francisco Javier	19
	Santa María	20
	Santiago de María	21
	Tecapán	22
	Usulután	23
SAN MIGUEL	Carolina	01
	Ciudad Barrios	02
	Comacarán	03
	Chapeltique	04
	Chinameca	05
	Chirilagua	06
	El Tránsito	07
	Lolotique	08
	Moncagua	09
	Nueva Guadalupe	10
	Nuevo Edén de San Juan	11
	Quelepa	12
	San Antonio del Mosco	13
	San Gerardo	14
	San Jorge	15
	San Luis de la Reina	16
	San Miguel	17
	San Rafael Oriente	18
	Sesori	19
	Uluazapa	20
MORAZAN	Arambala	01
	Cacaopera	02
	Corinto	03
	Chilanga	04
	Delicias de Concepción	05

	El Divisadero	06
	El Rosario	07
	Gualococtí	08
	Guatajiagua	09
	Joateca	10
	Jocoaitique	11
	Jocoro	12
	Lolotiquillo	13
	Meanguera	14
	Osicala	15
	Perquín	16
	San Carlos	17
	San Fernando	18
	San Francisco Gotera	19
	San Isidro	20
	San Simón	21
	Sensembra	22
	Sociedad	23
	Torola	24
	Yamabal	25
	Yoloaiquín	26
LA UNION	Anamorós	01
	Bolívar	02
	Concepción de Oriente	03
	Conchagua	04
	El Carmen	05
	El Sauce	06
	Intipucá	07
	La Unión	08
	Lislique	09
	Meanguera del Golfo	10

	Nueva Esparta	11
	Pasaquina	12
	Polorós	13
	San Alejo	14
	San José	15
	Santa Rosa de Lima	16
	Yayantique	17
	Yucuaiquín	18

Tabla A2.1 Municipios de El Salvador.

- ⊙ RED

La red vial se encuentra dividida en:

ES: Especial

PR: Primaria

SE: Secundaria

TE: Terciaria

RA: Rural A

RB: Rural B

Colocar las letras que identifiquen el tipo de red, en las casillas agrupadas en ⊗ del código.

- ⊕ TRAMO

De acuerdo al sistema de inventario vial se ha generado un número de cuatro (4) dígitos el que identifica al tramo de carretera en el que se encuentra el puente, para obtener este código confróntese el Inventario Vial de el Ministerio de Obras Publicas.

Colocar las el código que identifique el tramo indicado, en las casillas agrupadas en ⊕ del código.

- ⊗ CARRETERRA

El código de carretera es un valor alfanumérico compuesto por las letras **CA** que significa carretera, seguidas de dos números los que identifican la carretera. Para conocer este código es necesario confrontar el Inventario Vial de el Ministerio de Obras Publicas.

Colocar el código que identifique la carretera, en las casillas agrupadas en  $\emptyset$  del código.

- **⊗ ESTACIONAMIENTO**

Es un valor compuesto de dos (2) números cada uno compuesto de tres (3) dígitos enlazados por el signo **+** el primer número corresponde el kilometro y el segundo a los metros. Para conocer el estacionamiento donde se localiza el puente confronte el Inventario Vial del Ministerio de Obras Publicas, si no es posible obtener el estacionamiento de esta forma use el odómetro de su vehículo y determine la estación del inicio del puente en progresiva.

Colocar el estacionamiento correspondiente, en las casillas agrupadas en  $\cap$  del código.

- **OBSTÁCULO**

Tipo de Obstáculo:

Se refiere al tipo de obstáculo que está salvando el puente.

Nombre:

Indica el nombre propio del obstáculo salvado y/o su código en el caso de ser una carretera.

- **TIPO DE PUENTE**

El tipo de puente está dado por el miembro principal de la superestructura, marcar con una **X** la figura que describa el tipo de puente. Siendo los mas comunes los que se detallan a continuación:

- **VICON:** Puente cuyo elemento principal es la viga de concreto armado.
- **VIPRES:** Puente cuyo elemento principal es la viga de concreto pre-esforzado.
- **BOVEDA:** Son puentes construidos en forma de bóveda, pueden ser de concreto o mampostería como ladrillos, piedra u otro material, se debe especificar el elemento predominante del cual esté fabricado.
- **SUPER-SPAN:** Son puentes tipo bóveda cuya estructura es una lámina metálica y sobre la cual se construye un relleno.

- CAJA: Son puentes tipo cajón cuya estructura es una figura geométrica rectangular cerrada y hecha en la mayoría de casos de concreto.
- ARCO: Son puentes cuyo elemento principal es un arco que sirve de sustentación a los otros elementos.
- CERCHA: Son puentes cuyo elemento principal es una estructura metálica reticular.
- COLGA: Son puentes cuyos elementos principales son los cables a los cuales se sujetan otros elementos.
- MADERA: Son puentes cuyo elemento principal es la viga de madera.
- MIXTO: Son puentes cuyo elemento principal es la viga metálica de alma llena y tablero de concreto.
- LOSA: Son puentes cuyo elemento principal es la losa de concreto y sirve de tablero al mismo tiempo.
- VICAJON: Son puentes cuyo elemento principal es la viga cajón.
- BAILEY: Son puentes modulares prefabricados.

- MATERIAL DE LOSA/TABLERO

Se refiere al material estructural de la losa o tablero. Marque con una X el tipo de material que corresponda.

- MATERIAL DE CAPA DE RODADURA.

Se refiere al material superficial sobre el cual circulan los vehículos. Marque con una X el tipo de material que corresponda.

- LONGITUD TOTAL DEL PUENTE.

Se refiere a la longitud entre estribo y estribo del puente.

- NUMERO DE VANOS.

Se debe especificar el número de vanos, longitud y el tipo de cada uno de ellos.

- ANCHO TOTAL.

Distancia medida de extremo a extremo del puente en la sección transversal.

- ANCHO DE CALZADA

Distancia efectiva sobre la cual circulan los vehículos.

- NUMERO DE CARRILES.

Indica el numero de carriles que posee la calzada.

- ANCHO DE ACERA

Distancia disponible para el paso peatonal en los dos extremos de la calzada.

- PUENTE CURVO

Anotar si existe alguna curvatura en el puente.

- ANGULO DE ESQUIAJAMIENTO

Anotar el ángulo de inclinación del soporte (en grados) medido desde la línea normal al eje longitudinal del claro.

- BARANDA

Anotar la altura de la baranda y el material del que esté hecho, tanto para la baranda derecha e izquierda exterior como interior..

- DRENAJE

Anotar la existencia de drenajes en para la evacuación de agua de el tablero.

- RUTA ALTERNA

Indicar la existencia una ruta alterna en caso de cierre del puente, debido a reparación, mantenimiento o colapso del puente.

- INFORMACION DISPONIBLE DEL PUENTE

Verificar la existencia de otro tipo de información como:

- Estructurales: planos, memorias de calculo, etc.
- Crecidas máximas: tirantes máximos registrados.
- Registro de conteos de trafico.
- Estudios de suelo.
- Control de pesos de vehículos
- Esquemas y fotografías existentes(de inspecciones anteriores)

- INSPECTOR

Nombre de la persona responsable de la inspección.

- FECHA

Fecha de la inspección.



CODIGO

ESQUEMA DEL PUENTE EN PLANTA

ESQUEMA DEL PUENTE EN ELEVACIÓN

ESQUEMA DEL PUENTE EN SECCIÓN TRASVERSAL

FOTOGRAFÍAS ANEXAS SI  NO

INSPECTOR: \_\_\_\_\_ FECHA: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

## A2.2 MANUAL PARA EL FORMATO DE INSPECCIÓN PRINCIPAL DE PUENTES CARRETEROS EN EL SALVADOR

Este manual proporciona los lineamientos para realizar la evaluación de los puentes,<sup>14,16,18,19</sup> utilizando el Formato de Inspección Principal de Puentes Carreteros en El Salvador.

A continuación se mencionan y codifican los elementos componentes del puente que serán evaluados, se incluye también los problemas que éstos pueden presentar con sus respectivos códigos.

El formato de inspección está estructurado de la siguiente manera:

- Los tipos de elementos se codificarán con una letra mayúscula
- Los problemas del elemento se codificarán con un número. La intensidad del problema será evaluada en una escala numérica de condición 0 a 4, donde la condición 0 corresponde al mínimo daño o daño no apreciable. Condición 4 corresponde a la condición de daño severo o colapso del elemento. El número de condición será colocado en la casilla adyacente al número del problema que se observe en el elemento. La condición para cada problema de los elementos se encuentra detallada a continuación
- Los estribos se identifican por la letra E, siendo en estribo izquierdo E1 y el estribo derecho E2; en el sentido creciente del estacionamiento de la carretera.
- Las pilas se identifican de la forma siguiente: Pn, donde P significa pila y n un número entero que indica el número de la pila en orden creciente en el sentido del estacionamiento de la carretera.
- Los claros se identifican por los elementos de la subestructura que lo soportan, por ejemplo el claro E1-P1 representa el claro comprendido entre el estribo izquierdo y la pila 1, P3-P4 representa el claro comprendido entre la pila 3 y la pila 4.
- Cuando el puente no cuente con un elemento especificado en el formato, en éste se colocara un guión en la casilla correspondiente.

**DETERMINACION DE CONDICIÓN.**

La condición para cada elemento, se determinará a través del promedio de las condiciones de cada uno de los problemas evaluados, donde estas sean diferentes de cero. Tomando en cuenta que en el denominador se tomará el número de problemas evaluados con condiciones diferentes de cero.

La condición final para cada tabla se determinará utilizando el criterio anterior, aplicado a los promedios obtenidos para cada elemento, la cual se anotará en la casilla ubicada en la parte inferior de cada tabla.

**CODIGO DEL PUENTE.**

Este código se toma del inventario básico.

**NOMBRE DEL PUENTE**

Tomado del inventario básico.

**1. CAPA DE RODAMIENTO.**

Superficie que cubre el tablero y sobre la cual circulan los vehículos.

CODIGO	TIPO	CODIGO	PROBLEMA	DESCRIPCION	CONDICION
A	Concreto Asfáltico	1	Corrugas	No se observan	0
				< 10% de la superficie	2
				10%-50% de la superficie	3
				> 50% de la superficie	4
		2	Canales	No se observan	0
				< 10% de la superficie	2
				10%-50% de la superficie	3
				> 50% de la superficie	4
		3	Fisuras	No se observan	0
				< 0.1 mm	2
				0.1 – 0.4 mm	3
		4	Depresiones baches	No se observan	0
				< 20% de la superficie	2
				20%-50% de la superficie	3
				> 50% de la superficie	4

B	Concreto Hidráulico	1	Fisuras	No se observan	0
				0.1 – 0.4 mm	3
				> 0.4 mm	4
		2	Acero expuesto	No existe corrosión	0
				Corrosión en la superficie del acero con pérdida de material < de 10% de la sección transversal	2
				El acero de refuerzo esta corroído entre un 10% a 40% de la sección transversal con su consecuente desprendimiento	3
				El acero esta corroído en mas del 40% de la sección transversal con su consecuente perdida	4
		3	Eflorescencia	No se observa	0
				< 10 % de la superficie	2
				10%- 50% de la superficie	3
				> 50 % de la superficie	4
		4	Depresiones baches	No se observan	0
				< 20% de la superficie	2
				20%-50% de la superficie	3
				> 50% de la superficie	4
		5	Canales	No se observan	0
				< 10% de la superficie	2
				10%-50% de la superficie	3
				> 50% de la superficie	4
		C	Madera	1	Degradación de la madera
< 10% de superficie	2				
10% -40%	3				
> 40%	4				
2	Astillamiento			No se observa astillamiento	0
				< 10% de la superficie	2
				10%- 40%	3
				> 40% hasta ruptura de todo el elemento	4
3	Humedad			La madera se observa seca	0

				Húmedo en puntos aislados	2
				Madera muy húmeda	4
D	Metálica	1	Corrosión	No existe corrosión	0
				Corrosión de la superficie del acero pero no existe desprendimiento de material	2
				El acero se encuentra corroído con formación de una capa ferrosa de 2 mm de espesor, con consecuente desprendimiento	3
				El acero tiene corrosión severa con una capa de ferrosa de más de 2 mm de espesor	4
		2	Degradación de la pintura	Pintura en buen estado	0
				Agrietamiento incipiente en la pintura	2
				Agrietamiento y desprendimiento moderado de la pintura	3
				Agrietamiento y desprendimiento pronunciado o total de la pintura	4
		3	Fractura de soldaduras	Soldaduras en buen estado y bien realizadas	0
				Fractura menor del 10% de la longitud del cordón o presencia de escoria	2
				Fractura entre el 10% y el 30% de la longitud del cordón	3
				Fracturas mayores del 30% de la longitud del cordón	4
		4	Pérdida de pernos o remaches	No hay pérdida	0
				Pérdida menor al 10% de los pernos o remaches	2
				Pérdida del 10% al 30% de los pernos o remaches	3
				Pérdida mayor al 40% de los pernos o remaches	4
E	Balaste o tierra	1	Erosión	No se observa indicios de erosión	0
				Pérdida de material	1
				Formación de pequeños canales	2
				Formación de canales de gran tamaño que dificulten el tráfico vehicular	4
		2	Depresiones o baches	No se observan baches	0
				Agujeros < 10 cm de diámetro	2
				Agujeros 10-50 cm diámetro	3
				Agujeros > 50 cm diámetro	4

F	No existe capa de rodamiento (la superficie del tablero tiene esta función) Se deberá evaluar con los mismos criterios que el material de tablero.
---	---

Tabla A2.2 Daños en Capa de Rodamiento.

## 2. SECCION TRANSVERSAL

Se toman en cuenta todos los elementos que la conforman: numero de carriles, aceras, calzada; anotando se sus dimensiones.

*Numero de Carriles:* se refiere a la capacidad del puente de permitir líneas de flujo de vehículos al mismo tiempo.

*Ancho total:* longitud total de extremo a extremo de la sección transversal.

*Ancho de Calzada:* distancia transversal medida entre las aceras y sobre la cual circulan los vehículos. Esta se medirá antes, sobre y después del puente.

*Ancho de acera:* distancia medida desde el borde mas lejano del puente, hasta unirse con la calzada, destinada para el transito de peatones.

## 3. JUNTAS DE EXPANSION

Abertura, espacio entre un estribo y el tablero o entre dos secciones del tablero, para permitir su deformación o desplazamiento, debido a movimientos longitudinales del tablero o de los elementos que lo soportan, que pueden ser inducidos por temperatura, movimientos del suelo, etc.

En caso de que el número de juntas exceda el contemplado en el formato, se deberá adjuntar una hoja el formato correspondiente y reenumerar las juntas.

CODIGO	TIPO	CODIGO	PROBLEMA	DESCRIPCION	CONDICION
A	Elastomérico	1	Degradación del elastómero.	No existe degradación	1
				Se observan indicios de degradación	2
				Degradación moderada	3
				Degradación severa	4
		2	Desprendimiento del elastómero	No se observa	1
				Ligeros desprendimientos	2
Desprendimiento avanzado	3				

				Desprendimiento severo	4
		3	Despegues y fallos en el sistema de anclaje de la junta.	No se observan deterioros	1
				Se observan indicios de deterioros	2
				Daños moderados	3
				Despegues y fallos severos en el sistemas de anclajes	4
		4	Defectos en el funcionamiento (desplazamientos longitudinales o transversales insuficientes o impedidos, presencia de piedras y gravillas que impiden un deslizamiento adecuado	No se observan deterioros	0
				Se indicios de daños	2
				Defectos moderados	3
				Defectos severos de funcionamiento	4
		5	Irregularidades en su alzado (una parte de la junta puede estar en un plano superior al otro labio, produciéndose impactos al paso del trafico).	No se observan daños	1
				Inicio de deterioros	2
				Daños moderados	3
				Daños severos	4
B	Finger	1	Despegues y fallos en el sistema de anclaje de la junta.	No se observan deterioros	1
				Se observan indicios de deterioros	2
				Daños moderados	3
				Despegues y fallos severos en el sistemas de anclajes	4
		2	Defectos en el funcionamiento (desplazamientos longitudinales o transversales insuficientes o impedidos, presencia de piedras y gravillas que impiden un deslizamiento adecuado.	No se observan deterioros	0
				Existen indicios de daños	2
				Defectos moderados	3
				Defectos severos de funcionamiento	4
		3	Irregularidades en su alzado (una parte de la	No se observan daños	1

			junta puede estar en un plano superior al otro labio, produciéndose impactos al paso del trafico).	Inicio de deterioros	2		
				Daños moderados	3		
				Daños severos	4		
		4	Material de relleno deteriorado o arrancado.			No se observan daños	1
						Inicio de deterioro	2
						Deterioro moderado	3
						Deterioro avanzado y severo	4
		5	Corrosión			Ausencia de corrosión	1
						Aparición de corrosión en puntos aislados	2
						Corrosión significativa	3
						Corrosión avanzada, daños severos	4
		C	Asfalto	1	Despegues y fallos en el sistema de anclaje de la junta.	No se observan deterioros	1
						Se observan indicios de deterioros	2
Daños moderados	3						
Despegues y fallos severos en el sistemas de anclajes	4						
2	Defectos en el funcionamiento (desplazamientos longitudinales o transversales o insuficientes o impedidos, presencia de piedras y gravillas que impiden un deslizamiento adecuado.					No se observan deterioros	0
						Se indicios de daños	2
						Defectos moderados	3
						Defectos severos de funcionamiento	4
3	Irregularidades en su alzado (una parte de la junta puede estar en un plano superior al otro labio, produciéndose impactos al paso del trafico).					No se observan daños	1
						Inicio de deterioros	2
						Daños moderados	3
						Daños severos	4
4	Material de relleno deteriorado o					No se observan daños	1
						Inicio de deterioro	2

			arrancado.	Deterioro moderado	3
				Deterioro avanzado y severo	4
D	Junta libre	1	Defectos en el funcionamiento (desplazamientos longitudinales o transversales insuficientes o impedidos, presencia de piedras y gravillas que impiden un deslizamiento adecuado.	No se observan deterioros	0
				Se indicios de daños	2
				Defectos moderados	3
				Defectos severos de funcionamiento	4
		2	Irregularidades en su alzado (una parte de la junta puede estar en un plano superior al otro labio, produciéndose impactos al paso del tráfico).	No se observan daños	1
				Inicio de deterioros	2
				Daños moderados	3
				Daños severos	4
		3	Problemas en cubierta protectora	En buena condición	0
				Cubierta dañada < 20% de su longitud	2
				Cubierta dañada 20%-050% de su longitud	3
				Cubierta con daños < 50% de su longitud	4

Tabla A2.3 Daños en Junta de Expansión.

#### 4. APARATOS DE APOYOS

Estos son dispositivos especiales que soportan la superestructura, el cual posee propiedades especiales, tales como disminución de rotación, disminución de fuerzas de impacto en la subestructura, etc., que trasladan las cargas hacia la subestructura.

En caso de que el número de pilas exceda a las contempladas en el formato, se deberá adjuntar una hoja del formato correspondiente y reenumerar las pilas

CODIGO	TIPO	CODIGO	PROBLEMA	DESCRIPCION	CONDICION
A	Elastomérico	1	Pandeo lateral por compresión	No se observan daños	1
				Se observan indicios de pandeo	2
				Daños significativos	3
				Daño severo	4

		2	Deformación vertical desigual en líneas de apoyo	No se observa deformaciones	1
				Daños ligeros, se observan deformaciones pequeñas	2
				Deformaciones moderadas	3
				Deformaciones excesivas	4
		3	Fisuras superficiales	No se observan daños	1
				Aparición de fisuras	2
				Fisuras significativas	3
				Se observan fisuras avanzadas y severas	4
		4	Fisuras radiales	No se observan daños	1
				Aparición de fisuras	2
				Fisuras significativas	3
				Se observan fisuras avanzadas y severas	4
		5	Deformaciones por cortante	No se observan deformaciones	1
				Aparición de deformaciones	2
				Deformaciones moderadas	3
				Deformaciones excesivas severas	4
		6	Desplazamiento de posición original	No se observan daños	1
				Ligeros desplazamientos	2
				Desplazamientos moderados	3
				Desplazamientos excesivos del apoyo	4
		7	Depósitos de agua debido a depresiones en la superficie	No se observan depósitos	0
Aparición de depósitos	2				
Daños significativos	3				
Daños severos	4				
B	Pot	1	Rotación causada por deformaciones	No se observan	1
				Rotaciones ligeras	2
				Rotación moderada	3
				Rotaciones excesivas, daños severos	4
		2	Estallido de sellos y despegues en unión elastómero - metal	No se observan daños	1
				Daños leves	2
				Estallido de sellos y despegues significativos	3
				Daños severos	4
		3	Corrosión	Ausencia de corrosión	0
				Aparición de corrosión en puntos aislados	2
				Corrosión significativa	3

				Corrosión avanzada, daños severos	4
		4	Desplazamiento de apoyos de su posición original	No se observan desplazamientos	1
				Desplazamientos mínimos	2
				Daños significativos	3
				Desplazamientos excesivos	4
		5	Suciedad	No existe suciedad	0
				Poca suciedad	2
				Cantidad moderada	3
				Obstrucciones excesivas	4
		6	Depósitos de agua debido a depresiones en la superficie	No se observan depósitos	0
				Aparición de depósitos	2
				Daños significativos	3
				Daños severos	4
C	Acero	1	Deslizamiento verticales o laterales	No se observan desplazamientos	1
				Pequeños desplazamientos	2
				Desplazamientos moderados	3
				Desplazamientos excesivos	4
		2	Soldaduras fisuradas	Ausencia de fisuras	1
				Aparición de fisuras	2
				Fisuración avanzada	3
				Soldadura fisurada en la mayor parte de su longitud	4
		3	Corrosión	Ausencia de corrosión	0
				Aparición de corrosión en puntos aislados	2
				Corrosión significativa	3
				Corrosión avanzada, daños severos	4
		4	Desplazamiento de apoyos de su posición original	No se observan desplazamientos	1
				Desplazamientos mínimos	2
				Desplazamientos significativos	3
				Desplazamientos excesivos	4
		5	Suciedad	No existe suciedad	0
				Poca suciedad	2
				Cantidad moderada	3
				Obstrucciones excesivas	4
		6	Depósitos de agua debido a depresiones en la	No se observan depósitos	0
				Aparición de depósitos	2
				Daños significativos	3

			superficie	Daños severos	4
		7	Degradación de la pintura	Pintura en buen estado	0
				Agrietamiento incipiente en la pintura	2
				Agrietamiento y desprendimiento moderado de la pintura	3
				Agrietamiento y desprendimiento pronunciado o total de la pintura	4
D	Rodo o patin	1	Rotación causada por deformaciones	No se observan	1
				Rotaciones ligeras	2
				Rotación moderada	3
				Rotaciones excesivas, daños severos	4
		2	Desplazamiento de apoyos de su posición original	No se observan desplazamientos	1
				Desplazamientos mínimos	2
				Daños significativos	3
				Desplazamientos excesivos	4
		3	Suciedad	No existe suciedad	0
				Poca suciedad	2
				Cantidad moderada	3
				Obstrucciones excesivas	4
		4	Corrosión	Ausencia de corrosión	0
				Aparición de corrosión en puntos aislados	2
				Corrosión significativa	3
				Corrosión avanzada, daños severos	4
		5	Depósitos de agua debido a depresiones en la superficie	No se observan depósitos	0
				Aparición de depósitos	2
				Daños significativos	3
Daños severos	4				
E	Deslizantes	1	Placa de desplazamiento deteriorada	No se observan deterioros	1
				Se observan daños ligeros	2
				Deterioro avanzados	3
				Placa de desplazamiento con deterioros severos	4
		2	Corrosión	Ausencia de corrosión	0
				Aparición de corrosión en puntos aislados	2
				Corrosión significativa	3
				Corrosión avanzada, daños severos	4

	3	Deslizamiento defectuoso	No se observan deslizamientos	1
			Aparición de deslizamiento defectuosos	2
			Presencia de deslizamientos defectuosos	3
			Deslizamiento severos	4
	4	Separación de las placas	No se observan separaciones	1
			Se observan ligeras separaciones	2
			Separaciones significativas	3
			Separaciones excesivas	4
	5	Bloque de material bituminoso parcial o totalmente desplazamiento con respecto a la placa de desplazamiento	No se observan desplazamientos	1
			Desplazamientos mínimos	2
			Desplazamientos significativos	3
			Desplazamientos excesivos	4
	6	Suciedad	No existe suciedad	0
			Poca suciedad	2
			Cantidad moderada	3
			Obstrucciones excesivas	4
7	Depósitos de agua debido a depresiones en la superficie	No se observan depósitos	0	
		Aparición de depósitos	2	
		Daños significativos	3	
		Daños severos	4	

Tabla A2.4 Daños en Aparatos de Apoyo.

### 5. LONGITUDES DE APOYO

Es la longitud de la porción de los elementos longitudinales que están soportados por los elementos de la subestructura. Esta deberá medirse desde el extremo del elemento longitudinal hasta el borde del elemento de la subestructura que lo soporta. En los estribos solamente se tomará una medida, izquierda o derecha, dependiendo del estribo considerado. En el caso de las pilas existirán dos medidas, una correspondiente al lado izquierdo y otra al lado derecho.

En caso de que el número de pilas exceda a las contempladas en el formato, se deberá adjuntar una hoja del formato correspondiente y reenumerar las pilas.

## 6. *DISTANCIA VERTICAL LIBRE*

Se considerarán dos aspectos:

- Sobre el puente o gálibo vertical, es la distancia medida en metros desde la calzada y cualquier tipo de obstáculo superior colocado en el puente que pueda limitar el paso de vehículos.
- Bajo el puente es la distancia medida en metros desde la parte inferior de la superestructura hasta el tirante actual del río.

Se tomara para cada claro y en caso de que el número de claros exceda a las contempladas en el formato, se deberá adjuntar una hoja del formato correspondiente y reenumerar los claros.

## 7. *SUPERESTRUCTURA*

La constituyen los elementos que soportan el tablero sobre el cual circulan los vehículos, incluyendo este. Se encuentran dispuestos a lo largo de todo el puente. Los elementos longitudinales se encuentran sujetos transversalmente por el diafragma, y sobre ellos el tablero.

En caso de que el número de claros exceda a los contempladas en el formato, se deberá adjuntar una hoja del formato correspondiente y reenumerar los claros.

En el caso que la superestructura en un claro particular, posea un elemento de diferentes materiales, se deberá adjuntar una hoja del formato correspondiente y reenumerar los claros, por ejemplo elementos longitudinales de acero y elementos longitudinales de concreto o madera en el mismo claro.

### 7.1 *SISTEMA ESTRUCTURAL*

<i>TIPO</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>
1	Estructura de marco
2	Puentes de arco
3	Puentes soportados por elementos de armaduras
4	Puentes colgantes
5	Puentes bailey
6	Puentes integrales
7	Viga continua
8	Viga en cada claro

Tabla A2.5 Tipo de Sistema Estructural de Superestructura.

## 7.2 CONDICIONES DE APOYO

TIPO	DESCRIPCIÓN
1	Apoyos simples
2	Empotrados
3	Apoyo articulados

Tabla A2.6 Tipo de Condiciones de Apoyo.

## 7.3 LONGITUDINAL

CODIGO	TIPO	CODIGO	PROBLEMA	DESCRIPCIÓN	CONDICIÓN
A	Acero Estructural	1	Corrosión	No existe corrosión	0
				Corrosión de la superficie del acero pero no existe desprendimiento de material	2
				El acero se encuentra corroído con formación de una capa ferrosa de 2 mm de espesor, con consecuente desprendimiento	3
				El acero tiene corrosión severa con una capa de ferrosa de más de 2 mm de espesor	4
		2	Pandeo local	No existe pandeo apreciable	0
				Pandeo incipiente o poco apreciable	3
				Pandeo total del elemento	4
		3	Fisuras	No se observan fisuras	0
				Fisuras < 0.1 mm	3
				Fisuras $\geq$ 0.1 mm	4
		4	Delaminación del acero	No existe delaminación apreciable	0
				Cualquier grado de delaminación	4
		5	Degradación de la pintura	Pintura en buen estado	0
				Agrietamiento incipiente en la pintura	2
				Agrietamiento y desprendimiento moderado de la pintura	3
				Agrietamiento y desprendimiento pronunciado o total de la pintura	4
		6	Pérdida de pernos o remaches	No hay pérdida	0
				Pérdida menor al 10% de los pernos o remaches	2
				Pérdida del 10% al 30% de los pernos o remaches	3
				Pérdida mayor al 30% de los pernos o remaches	4
		7	Fractura o soldaduras deficientes	Soldaduras en buen estado y bien realizadas	0
				Fractura menor del 10% de la longitud del cordón o presencia de escoria	2
				Fractura entre el 10% y el 30% de la longitud del cordón	3

				Fracturas mayores del 30% de la longitud del cordón	4
B	Concreto armado	1	Fisuras por flexión	No se observan fisuras	0
				Fisuras < 0.1 mm	2
				Fisuras entre 0.1 y 0.4 mm	3
				Fisuras > 0.4 mm	4
		2	Fisuras por cortante	No se observan fisuras	0
				Fisuras < 0.1 mm	2
				Fisuras entre 0.1 y 0.4 mm	3
				Fisuras > 0.4 mm	4
		3	Degradación del concreto	No hay indicios de degradación	0
				< 20% de la superficie	2
				Entre 20-60% de la superficie	3
				> 60%	4
		4	Acero expuesto	No existe corrosión	0
				Corrosión en la superficie del acero con pérdida de material < de 10% de la sección transversal	2
				El acero de refuerzo esta corroído entre un 10% a 40% de la sección transversal con su consecuente desprendimiento	3
				El acero esta corroído en mas del 40% de la sección transversal con su consecuente pérdida	4
		5	Pérdida de material	No se observa descascaramiento	0
				< 10 % de la superficie	2
				Entre 10% y 50%	3
				>50 %	4
		6	Eflorescencia	No se observa	0
< 10 % de la superficie	2				
10%- 50% de la superficie	3				
> 50 % de la superficie	4				
7	Deflexiones	No se observan deflexiones	0		
		Deflexiones pequeñas de poca importancia funcional	2		
		Deflexiones excesivas de mucha importancia funcional	3		
C	Concreto pretensado	1	Fisuras por flexión	No se observan fisuras	0
				Fisuras < 0.1 mm	2

				Fisuras entre 0.1 y 0.4 mm	3
				Fisuras > 0.4 mm	4
		2	Fisuras por cortante	No se observan fisuras	0
				Fisuras < 0.1 mm	2
				Fisuras entre 0.1 y 0.4 mm	3
				Fisuras > 0.4 mm	4
		3	Degradación del concreto	No hay indicios de degradación	0
				< 20% de la superficie	2
				Entre 20-60% de la superficie	3
				> 60%	4
		4	Acero expuesto	No existe corrosión	0
				Corrosión en la superficie del acero con pérdida de material < de 10% de la sección transversal	2
				El acero de refuerzo esta corroído entre un 10% a 40% de la sección transversal con su consecuente desprendimiento	3
				El acero esta corroído en mas del 40% de la sección transversal con su consecuente pérdida	4
		5	Pérdida de material	No se observa descascaramiento	0
				< 10 % de la superficie	2
				Entre 10% y 50%	3
				>50 %	4
		6	Eflorescencia	No se observa	0
				< 10 % de la superficie	2
				10%- 50% de la superficie	3
				> 50 % de la superficie	4
		7	Deflexiones	No se observan deflexiones	0
				Deflexiones pequeñas de poca importancia funcional	3
				Deflexiones excesivas de mucha importancia funcional	4
D	Concreto postensado	1	Fisuras por flexión	No se observan fisuras	0
				Fisuras < 0.1 mm	2
				Fisuras entre 0.1 y 0.4 mm	3
				Fisuras > 0.4 mm	4
		2	Fisuras por cortante	No se observan fisuras	1
				Fisuras < 0.1 mm	2
				Fisuras entre 0.1 y 0.4 mm	3
				Fisuras > 0.4 mm	4
		3	Degradación del concreto	No hay indicios de degradación	0
				< 20% de la superficie	2
				Entre 20-60% de la superficie	3
				> 60%	4
		4	Acero expuesto	No existe corrosión	0

				Corrosión en la superficie del acero con pérdida de material < de 10% de la sección transversal	2
				El acero de refuerzo esta corroído entre un 10% a 40% de la sección transversal con su consecuente desprendimiento	3
				El acero esta corroído en mas del 40% de la sección transversal con su consecuente pérdida	4
		5	Pérdida de material	No se observa descascaramiento	0
				< 10 % de la superficie	2
				Entre 10% y 50%	3
				>50 %	4
		6	Eflorescencia	No se observa	0
				< 10 % de la superficie	2
				10%- 50% de la superficie	3
				> 50 % de la superficie	4
		7	Deflexiones	No se observan deflexiones	0
				Deflexiones pequeñas de poca importancia funcional	3
				Deflexiones excesivas de mucha importancia funcional	4
E	Cables de acero	1	Corrosión	No existe corrosión	0
				Corrosión de la superficie del acero pero no existe desprendimiento de material	2
				El acero se encuentra corroído con formación de una capa ferrosa de 2 mm de espesor, con consecuente desprendimiento	3
				El acero tiene corrosión severa con una capa de ferrosa de más de 2 mm de espesor	4
		2	Ruptura de hilos	No se aprecian hilos rotos	0
				<10% de los hilos esta roto	2
				10%-30% de los hilos esta roto	3
				>30% de los hilos esta roto	4
		3	Degradación de la pintura	Pintura en buen estado	0
				Agrietamiento incipiente en la pintura	2
				Agrietamiento y desprendimiento moderado de la pintura	3
				Agrietamiento y desprendimiento pronunciado o total de la pintura	4
F	Madera	1	Degradación de la madera	La madera esta en optimas condiciones.	0
				< 10% de superficie	2
				10% -40%	3
				> 40%	4
		2	Astillamiento	No se observa astillamiento	0
				< 10% de la superficie	2

				10%- 40%	3
				> 40% hasta ruptura de todo el elemento	4
		3	Corrosión o pérdida de clavos y/o pernos	No existe corrosión o pérdida	0
				<10% de pérdida o corrosión	2
				10%-30% de pérdida o corrosión	3
				>30% de pérdida o corrosión	4

Tabla A2.7 Daños en Elementos Longitudinales.

**7.4 DIAFRAGMA**

CODIGO	TIPO	CODIGO	PROBLEMA	DESCRIPCION	CONDICION
A	Acero estructural	1	Corrosión	No existe corrosión	0
				Corrosión de la superficie del acero pero no existe desprendimiento de material	2
				El acero se encuentra corroído con formación de una capa ferrosa de 2 mm de espesor, con consecuente desprendimiento	3
				El acero tiene corrosión severa con una capa de ferrosa de más de 2 mm de espesor	4
		2	Pandeo local	No existe pandeo apreciable	0
				Pandeo incipiente o poco apreciable	3
				Pandeo total	4
		3	Fisuras	No se observan fisuras	0
				Fisuras < 0.1 mm	3
				Fisuras ≥ 0.1 mm	4
		4	Delaminación del acero	No existe delaminación apreciable	0
				Cualquier grado de delaminación	4
		5	Degradación de la pintura	Pintura en buen estado	0
				Agrietamiento incipiente en la pintura	2
				Agrietamiento y desprendimiento moderado de la pintura	3
				Agrietamiento y desprendimiento pronunciado o total de la pintura	4
		6	Pérdida de pernos o remaches	No hay pérdida	0
				Pérdida menor al 10% de los pernos o remaches	2
				Pérdida del 10% al 30% de los pernos o remaches	3
				Pérdida mayor al 30% de los pernos o remaches	4
		7	Fractura o soldaduras deficientes	Soldaduras en buen estado y bien realizadas	0
				Fractura menor del 10% de la longitud del cordón o presencia de escoria	2
				Fractura entre el 10% y el 30% de la longitud del cordón	3

				Fracturas mayores del 30% de la longitud del cordón	4
B	Concreto armado	1	Fisuras por flexión	No se observan fisuras	0
				Fisuras < 0.1 mm	2
				Fisuras entre 0.1 y 0.4 mm	3
				Fisuras > 0.4 mm	4
		2	Fisuras por cortante	No se observan fisuras	0
				Fisuras < 0.1 mm	2
				Fisuras entre 0.1 y 0.4 mm	3
				Fisuras > 0.4 mm	4
		3	Degradación del concreto	No hay indicios de degradación	0
				< 20% de la superficie	2
				Entre 20-60% de la superficie	3
				> 60%	4
		4	Acero expuesto	No existe corrosión	0
				Corrosión en la superficie del acero con pérdida de material < de 10% de la sección transversal	2
				El acero de refuerzo esta corroído entre un 10% a 40% de la sección transversal con su consecuente desprendimiento	3
				El acero esta corroído en mas del 40% de la sección transversal con su consecuente pérdida	4
		5	Pérdida de material	No se observa descascaramiento	0
				< 10 % de la superficie	2
				Entre 10% y 50%	3
				>50 %	4
		6	Eflorescencia	No se observa	0
< 10 % de la superficie	2				
10%- 50% de la superficie	3				
> 50 % de la superficie	4				
7	Deflexiones	No se observan deflexiones	0		
		Deflexiones pequeñas	3		
		Deflexiones excesivas de mucha importancia	4		
C	Concreto pretensado	1	Fisuras por flexión	No se observan fisuras	0
				Fisuras < 0.1 mm	2
				Fisuras entre 0.1 y 0.4 mm	3
				Fisuras > 0.4 mm	4
		2	Fisuras por cortante	No se observan fisuras	0
				Fisuras < 0.1 mm	2
				Fisuras entre 0.1 y 0.4 mm	3
				Fisuras > 0.4 mm	4
		3	Degradación del concreto	No hay indicios de degradación	0
				< 20% de la superficie	2
				Entre 20-60% de la superficie	3
				> 60%	4

		4	Acero expuesto	No existe corrosión	0
				Corrosión en la superficie del acero con pérdida de material < de 10% de la sección transversal	2
				El acero de refuerzo esta corroído entre un 10% a 40% de la sección transversal con su consecuente desprendimiento	3
				El acero esta corroído en mas del 40% de la sección transversal con su consecuente pérdida	4
		5	Pérdida de material	No se observa descascaramiento	0
				< 10 % de la superficie	2
				Entre 10% y 50%	3
				>50 %	4
		6	Eflorescencia	No se observa	0
				< 10 % de la superficie	2
				10%- 50% de la superficie	3
				> 50 % de la superficie	4
		7	Deflexiones	No se observan deflexiones	0
Deflexiones pequeñas de poca importancia funcional	3				
Deflexiones excesivas de mucha importancia funcional	4				
D	Madera	1	Degradación de la madera	La madera esta en optimas condiciones.	0
				< 10% de superficie	2
				10% -40%	3
				> 40%.	4
		2	Astillamiento	No se observa astillamiento	0
				< 10% de la superficie	2
				10%- 40%	3
				> 40% hasta ruptura de todo el elemento	4
		3	Corrosión o pedida de clavos y/o pemos	No existe corrosión o perdida	0
				<10% de perdida o corrosión	2
10%-30% de perdida o corrosión	3				
>30% de perdida o corrosión	4				

Tabla A2.8 Daños en Diafragmas.

## 7.5 TABLERO

CODIGO	TIPO	CODIGO	PROBLEMA	DESCRIPCION	CONDICION
A	Acero	1	Corrosión	No existe corrosión	0
				Corrosión de la superficie del acero pero no existe desprendimiento de material	2
				El acero se encuentra corroído con formación de una capa ferrosa de 2 mm de espesor, con consecuente desprendimiento	3

				El acero tiene corrosión severa con una capa de ferrosa de más de 2 mm de espesor	4
		2	Fisuras	No se observan fisuras	0
				Fisuras < 0.1 mm	3
				Fisuras ≥ 0.1 mm	4
		3	Degradación de la pintura	Pintura en buen estado	0
				Agrietamiento incipiente en la pintura	2
				Agrietamiento y desprendimiento moderado de la pintura	3
				Agrietamiento y desprendimiento pronunciado o total de la pintura	4
		4	Perdida de pernos o remaches	No hay perdida	0
				Perdida menor al 10% de los pernos o remaches	2
				Perdida del 10% al 30% de los pernos o remaches	3
				Perdida mayor al 30% de los pernos o remaches	4
		5	Fractura o soldaduras deficientes	Soldaduras en buen estado y bien realizadas	0
				Fractura menor del 10% de la longitud del cordón o presencia de escoria	2
				Fractura entre el 10% y el 30% de la longitud del cordón	3
				Fracturas mayores del 30% de la longitud del cordón	4
		6	Deflexiones	No se observan deflexiones	0
				Deflexiones pequeñas	3
				Deflexiones excesivas de mucha importancia	4
B	Concreto armado	1	Fisuras por flexión	No se observan fisuras	0
				Fisuras < 0.1 mm	2
				Fisuras entre 0.1 y 0.4 mm	3
				Fisuras > 0.4 mm	4
		2	Fisuras por cortante	No se observan fisuras	0
				Fisuras < 0.1 mm	2
				Fisuras entre 0.1 y 0.4 mm	3
				Fisuras > 0.4 mm	4
		3	Degradación del concreto	No hay indicios de degradación	0
				< 20% de la superficie	2
				Entre 20-60% de la superficie	3
				> 60%	4
		4	Acero expuesto	No existe corrosión	0
				Corrosión en la superficie del acero con pérdida de material < de 10% de la sección transversal	2

				El acero de refuerzo esta corroído entre un 10% a 40% de la sección transversal con su consecuente desprendimiento	3
				El acero esta corroído en mas del 40% de la sección transversal con su consecuente perdida	4
		5	Pérdida de material	No se observa descascaramiento	0
				< 10 % de la superficie	2
				Entre 10% y 50%	3
				>50 %	4
		6	Eflorescencia	No se observa	0
				< 10 % de la superficie	2
				10%- 50% de la superficie	3
				> 50 % de la superficie	4
		7	Deflexiones	No se observan deflexiones	0
				Deflexiones pequeñas	3
				Deflexiones excesivas de mucha importancia	4
C	Concreto pretensado	1	Fisuras por flexión	No se observan fisuras	0
				Fisuras < 0.1 mm	2
				Fisuras entre 0.1 y 0.4 mm	3
				Fisuras > 0.4 mm	4
		2	Fisuras por cortante	No se observan fisuras	0
				Fisuras < 0.1 mm	2
				Fisuras entre 0.1 y 0.4 mm	3
				Fisuras > 0.4 mm	4
		3	Degradación del concreto	No hay indicios de degradación	0
				< 20% de la superficie	2
				Entre 20-60% de la superficie	3
				> 60%	4
		4	Acero expuesto	No existe corrosión	0
				Corrosión en la superficie del acero con perdida de material < de 10% de la sección transversal	2
				El acero de refuerzo esta corroído entre un 10% a 40% de la sección transversal con su consecuente desprendimiento	3
				El acero esta corroído en mas del 40% de la sección transversal con su consecuente perdida	4
5	Pérdida de material	No se observa descascaramiento	0		
		< 10 % de la superficie	2		
		Entre 10% y 50%	3		
		>50 %	4		
6	Eflorescencia	No se observa	0		
		< 10 % de la superficie	2		
		10%- 50% de la superficie	3		

				> 50 % de la superficie	4
		7	Deflexiones	No se observan deflexiones	0
				Deflexiones pequeñas	3
				Deflexiones excesivas de mucha importancia	4
D	Madera	1	Degradación de la madera	La madera esta en óptimas condiciones.	0
				< 10% de superficie	2
				10% -40%	3
				> 40%	4
		2	Astillamiento	No se observa astillamiento	0
				< 10% de la superficie	2
				10%- 40%	3
				> 40% hasta ruptura de todo el elemento	4
		3	Corrosión o pérdida de clavos y/o pernos	No existe corrosión o pérdida	0
				<10% de pérdida o corrosión	2
				10%-30% de pérdida o corrosión	3
				>30% de pérdida o corrosión	4
E	Aligerado	1	Fisuras por flexión	No se observan fisuras	0
				Fisuras < 0.1 mm	2
				Fisuras entre 0.1 y 0.4 mm	3
				Fisuras > 0.4 mm	4
		2	Fisuras por cortante	No se observan fisuras	0
				Fisuras < 0.1 mm	2
				Fisuras entre 0.1 y 0.4 mm	3
				Fisuras > 0.4 mm	4
		3	Degradación del concreto	No hay indicios de degradación	0
				< 20% de la superficie	2
				Entre 20-60% de la superficie	3
				> 60%	4
		4	Pérdida de material	No se observa descascaramiento	0
				< 10 % de la superficie	2
				Entre 10% y 50%	3
				>50 %	4
		5	Eflorescencia	No se observa	0
				< 10 % de la superficie	2
				10%- 50% de la superficie	3
				> 50 % de la superficie	4
		6	Ruptura de sellos o uniones entre miembros	No se observa ruptura de sellos o uniones	0
				< 10% de la longitud del sello	2
				10%-30% del sello	3
				> del 30% del sello	4

Tabla A2.9 Daños en Tableros.

## 8. SUBESTRUCTURA.

Son los soportes del puente, pueden ser de varios tipos y estar ubicados tanto en los extremos de los puentes, los cuales llamaremos estribos, como en los tramos intermedios y a los cuales llamaremos pilas.

Las partes componentes de la subestructura son capitel, fuste y pedestal. El pedestal es la parte inferior de la pila o estribo que se apoya en las fundaciones. Fuste es el cuerpo principal de la pila. El capitel es la parte superior de la pila o estribo en la cual se apoyan los elementos de la superestructura.

El muro frontal es el cuerpo principal del estribo. Muro lateral es la prolongación del muro frontal en los costados del estribo, que es utilizado para confinar el terraplén.

En caso de que el número de pilas exceda a las contempladas en el formato, se deberá adjuntar una hoja del formato correspondiente y reenumerar las pilas.

### 8.1 SISTEMA ESTRUCTURAL

TIPO	DESCRIPCIÓN
1	Columna simple
2	Marco
3	Armadura
4	Dos o más columnas
5	Columna simple con viga superior
6	Dos o más columnas con viga de cabezal continua
7	Tipo pared
8	Dos o más columnas con viga de cabezal separada
9	Dos o más columnas arriostradas
10	Marco mixto

Tabla A2.10 Tipo de Sistema Estructural en Subestructura.

### 8.2 PILAS

#### 8.2.1 CAPITEL

CODIGO	TIPO	CODIGO	PROBLEMA	DESCRIPCION	CONDICION
A	Concreto	1	Fisuras de apoyo	No se observan fisuras	0
				Fisuras < 0.1 mm	2
				Fisuras entre 0.1 y 0.4 mm	3
				Fisuras > 0.4 mm	4
		2	Fisuras por flexión	No se observan fisuras	0
				Fisuras < 0.1 mm	2
				Fisuras entre 0.1 y 0.4 mm	3
				Fisuras > 0.4 mm	4
		3	Fisuras por cortante	No se observan fisuras	0

				Fisuras < 0.1 mm	2
				Fisuras entre 0.1 y 0.4 mm	3
				Fisuras > 0.4 mm	4
		4	Aplastamiento del concreto	No es apreciable	0
				Presencia de fisuras verticales	3
				Ensanchamiento en la sección transversal	4
		5	Pérdida de material	No se observa descascaramiento	0
				< 10 % de la superficie	2
				Entre 10% y 50%	3
				>50 %	4
		6	Acero expuesto	No existe corrosión	0
				Corrosión en la superficie del acero con pérdida de material < de 10% de la sección transversal	2
				El acero de refuerzo esta corroido entre un 10% a 40% de la sección transversal con su consecuente desprendimiento	3
				El acero esta corroido en mas del 40% de la sección transversal con su consecuente pérdida	4
		7	Degradación del concreto	No hay indicios de degradación	0
				< 20% de la superficie	2
				Entre 20-60% de la superficie	3
				> 60%	4
		8	Filtración o humedad	No se observan filtraciones	0
				Las filtraciones o la humedad es pequeña	2
				La filtración o humedad es severa	4
B	Acero	1	Corrosión	No existe corrosión	0
				Corrosión de la superficie del acero pero no existe desprendimiento de material	2
				El acero se encuentra corroido con formación de una capa ferrosa de 2 mm de espesor, con consecuente desprendimiento	3
				El acero tiene corrosión severa con una capa de ferrosa de más de 2 mm de espesor	4
		2	Fisuras por flexión	No se observan fisuras	0
				Fisuras < 0.1 mm	3
				Fisuras $\geq$ 0.1 mm	4
		3	Fisuras por cortante	No se observan fisuras	0
				Fisuras < 0.1 mm	3
				Fisuras $\geq$ 0.1 mm	4
		4	Degradación de la	Pintura en buen estado	0

			pintura	Agrietamiento incipiente en la pintura	2		
				Agrietamiento y desprendimiento moderado de la pintura	3		
				Agrietamiento y desprendimiento pronunciado o total de la pintura	4		
		5	Perdida de pernos o remaches	No hay pérdida	0		
				Perdida menor al 10% de los pernos o remaches	2		
				Perdida del 10% al 30% de los pernos o remaches	3		
		6	Fractura o soldaduras deficientes	Soldaduras en buen estado y bien realizadas	0		
				Fractura menor del 10% de la longitud del cordón o presencia de escoria	2		
				Fractura entre el 10% y el 30% de la longitud del cordón	3		
				Fracturas mayores del 30% de la longitud del cordón	4		
		C	Madera	1	Degradación de la madera	La madera esta en optimas condiciones.	0
						< 10% de superficie	2
10% -40%	3						
> 40%	4						
2	Astillamiento			No se observa astillamiento	0		
				< 10% de la superficie	2		
				10%- 40%	3		
				> 40% hasta ruptura de todo el elemento	4		
3	Corrosión o pedida de clavos y/o pernos			No existe corrosión o perdida	0		
				<10% de perdida o corrosión	2		
				10%-30% de perdida o corrosión	3		
4	Filtración o humedad			>30% de perdida o corrosión	4		
				No se observan filtraciones	0		
				Las filtraciones o la humedad es pequeña	2		
						La filtración o humedad es severa	4
D	Mampostería			1	Fisuras por flexión	No se observan fisuras	0
		Fisuras < 0.1 mm	2				
		Fisuras entre 0.1 y 0.4 mm	3				
		Fisuras > 0.4 mm	4				
		2	Fisuras por cortante	No se observan fisuras	0		
				Fisuras < 0.1 mm	2		
				Fisuras entre 0.1 y 0.4 mm	3		
				Fisuras > 0.4 mm	4		
		3	Desprendimiento de mampostería	No se detectan pérdidas de elementos	0		
				< 10% de perdida de elemento	2		

			Entre el 10% y el 30% de pérdidas de elementos	3	
			> 30% del pérdidas de elementos	4	
		4	Filtración o humedad	No se observan filtraciones	0
				Las filtraciones o la humedad es pequeña	2
				La filtración o humedad es severa	4

Tabla A2.11 Daños en Capitel de Pilas.

## 8.2.2 FUSTE

CODIGO	TIPO	CODIGO	PROBLEMA	DESCRIPCION	CONDICION
A	Concreto	1	Fisuras por cortante	No se observan fisuras	0
				Fisuras < 0.1 mm	2
				Fisuras entre 0.1 y 0.4 mm	3
				Fisuras > 0.4 mm	4
		2	Fisuras por flexión	No se observan fisuras	0
				Fisuras < 0.1 mm	2
				Fisuras entre 0.1 y 0.4 mm	3
				Fisuras > 0.4 mm	4
		3	Aplastamiento del concreto	No es apreciable	0
				Presencia de fisuras verticales	3
				Ensanchamiento en la sección transversal	4
		4	Pérdida de material	No se observa descascaramiento	0
				< 10 % de la superficie	2
				Entre 10% y 50%	3
				>50 %	4
		5	Acero expuesto	No existe corrosión	0
				Corrosión en la superficie del acero con pérdida de material < de 10% de la sección transversal	2
				El acero de refuerzo esta corroído entre un 10% a 40% de la sección transversal con su consecuente desprendimiento	3
				El acero esta corroído en mas del 40% de la sección transversal con su consecuente pérdida	4
		6	Degradación del concreto	No hay indicios de degradación	0
				< 20% de la superficie	2
				Entre 20-60% de la superficie	3
				> 60%	4
		7	Pandeo global	No existe pandeo apreciable	0
				El pandeo en la pila es notorio pero no severo	3
				El pandeo en la pila es excesivo y puede colapsar	4
		8	Filtración o humedad	No se observan filtraciones	0

				Las filtraciones o la humedad es pequeña	2
				La filtración o humedad es severa	4
B	Acero	1	Corrosión	No existe corrosión	0
				Corrosión de la superficie del acero pero no existe desprendimiento de material	2
				El acero se encuentra corroído con formación de una capa ferrosa de 2 mm de espesor, con consecuente desprendimiento	3
				El acero tiene corrosión severa con una capa de ferrosa de más de 2 mm de espesor	4
		2	Fisuras por flexión	No se observan fisuras	0
				Fisuras < 0.1 mm	3
				Fisuras $\geq$ 0.1 mm	4
		3	Fisuras por cortante	No se observan fisuras	1
				Fisuras < 0.1 mm	3
				Fisuras $\geq$ 0.1 mm	4
		4	Degradación de la pintura	Pintura en buen estado	0
				Agrietamiento incipiente en la pintura	2
				Agrietamiento y desprendimiento moderado de la pintura	3
				Agrietamiento y desprendimiento pronunciado o total de la pintura	4
		5	Perdida de pernos o remaches	No hay pérdida	0
				Perdida menor al 10% de los pernos o remaches	2
				Perdida del 10% al 30% de los pernos o remaches	3
				Perdida mayor al 30% de los pernos o remaches	4
		6	Fractura o soldaduras deficientes	Soldaduras en buen estado y bien realizadas	0
				Fractura menor del 10% de la longitud del cordón o presencia de escoria	2
				Fractura entre el 10% y el 30% de la longitud del cordón	3
				Fracturas mayores del 30% de la longitud del cordón	4
		7	Pandeo local	No existe pandeo apreciable	0
				Pandeo incipiente o poco apreciable	3
				Pandeo total del elemento	4
		8	Pandeo global	No existe pandeo apreciable	0
				El pandeo en la pila es notorio pero no severo	3
				El pandeo en la pila es excesivo y puede colapsar	4
		9	Delaminación	No existe delaminación	0
				Cualquier grado de delaminación	4

C	Madera	1	Degradación de la madera	La madera esta en optimas condiciones.	0
				< 10% de superficie	2
				10% -40%	3
				> 40%	4
		2	Astillamiento	No se observa astillamiento	0
				< 10% de la superficie	2
				10%- 40%	3
				> 40% hasta ruptura de todo el elemento	4
		3	Corrosión o pedida de clavos y/o pemos	No existe corrosión o perdida	0
				<10% de perdida o corrosión	2
				10%-30% de perdida o corrosión	3
				>30% de perdida o corrosión	4
		4	Pandeo global	No existe pandeo apreciable	0
				El pandeo en la pila es notorio pero no severo	3
				El pandeo en la pila es excesivo y puede colapsar	4
		5	Filtración o humedad	No se observan filtraciones	0
Las filtraciones o la humedad es pequeña	2				
La filtración o humedad es severa	4				
D	Mampostería	1	Fisuras por flexión	No se observan fisuras	0
				Fisuras < 0.1 mm	2
				Fisuras entre 0.1 y 0.4 mm	3
				Fisuras > 0.4 mm	4
		2	Fisuras por cortante	No se observan fisuras	0
				Fisuras < 0.1 mm	2
				Fisuras entre 0.1 y 0.4 mm	3
				Fisuras > 0.4 mm	4
		3	Desprendimiento de mampostería	No se detectan pérdidas de elementos	0
				< 10% de perdida de elemento	2
				Entre el 10% y el 30% de perdidas de elementos	3
		4	Filtración o humedad	> 30% del perdidas de elementos	4
				No se observan filtraciones	0
				Las filtraciones o la humedad es pequeña	2
				La filtración o humedad es severa	4

Tabla A2.12 Daño en fuste de Pilas.

**8.2.3 PEDESTAL**

CODIGO	TIPO	CODIGO	PROBLEMA	DESCRIPCION	CONDICION
A	Concreto	1	Fisuras por aplastamiento en la base	No se observan fisuras	0
				Fisuras < 0.1 mm	2
				Fisuras entre 0.1 y 0.4 mm	3
				Fisuras > 0.4 mm	4
		2	Fisuras por cortante	No se observan fisuras	0
				Fisuras < 0.1 mm	2
			Fisuras entre 0.1 y 0.4 mm	3	

				Fisuras > 0.4 mm	4
		3	Fisuras por flexión	No se observan fisuras	0
				Fisuras < 0.1 mm	2
				Fisuras entre 0.1 y 0.4 mm	3
				Fisuras > 0.4 mm	4
		4	Pérdida de material	No se observa descascaramiento	0
				< 10 % de la superficie	2
				Entre 10% y 50%	3
				>50 %	4
		5	Acero expuesto	No existe corrosión	0
				Corrosión en la superficie del acero con pérdida de material < de 10% de la sección transversal	2
				El acero de refuerzo esta corroido entre un 10% a 40% de la sección transversal con su consecuente desprendimiento	3
				El acero esta corroido en mas del 40% de la sección transversal con su consecuente pérdida	4
		6	Degradación del concreto	No hay indicios de degradación	0
				< 20% de la superficie	2
				Entre 20-60% de la superficie	3
				> 60% de la superficie	4
		7	Filtración o humedad	No se observan filtraciones	0
				Las filtraciones o la humedad es pequeña	2
				La filtración o humedad es severa	4
B	Acero	1	Corrosión	No existe corrosión	0
				Corrosión de la superficie del acero pero no existe desprendimiento de material	2
				El acero se encuentra corroido con formación de una capa ferrosa de 2 mm de espesor, con consecuente desprendimiento	3
				El acero tiene corrosión severa con una capa de ferrosa de más de 2 mm de espesor	4
		2	Fisuras por flexión	No se observan fisuras	0
				Fisuras < 0.1 mm	3
				Fisuras ≥ 0.1 mm	4
		3	Fisuras por cortante	No se observan fisuras	0
				Fisuras < 0.1 mm	3
				Fisuras ≥ 0.1 mm	4
		4	Degradación de la pintura	Pintura en buen estado	0
				Agrietamiento incipiente en la pintura	2
				Agrietamiento y desprendimiento moderado de la pintura	3

				Agrietamiento y desprendimiento pronunciado o total de la pintura	4		
		5	Perdida de pernos o remaches	No hay pérdida	0		
				Perdida menor al 10% de los pernos o remaches	2		
				Perdida del 10% al 30% de los pernos o remaches	3		
				Perdida mayor al 30% de los pernos o remaches	4		
		6	Fractura o soldaduras deficientes	Soldaduras en buen estado y bien realizadas	0		
				Fractura menor del 10% de la longitud del cordón o presencia de escoria	2		
				Fractura entre el 10% y el 30% de la longitud del cordón	3		
				Fracturas mayores del 30% de la longitud del cordón	4		
		7	Pandeo local	No existe pandeo apreciable	0		
				Pandeo incipiente o poco apreciable	3		
				Pandeo total del elemento	4		
		8	Delaminación	No existe delaminación	0		
				Cualquier grado de delaminación	4		
C	Madera	1	Degradación de la madera	La madera esta en optimas condiciones.	0		
				< 10% de superficie	2		
				10% -40%	3		
				> 40%	4		
		2	Astillamiento	No se observa astillamiento	0		
				< 10% de la superficie	2		
				10%- 40%	3		
				> 40% hasta ruptura de todo el elemento	4		
		3	Corrosión o pedida de clavos y/o pernos	No existe corrosión o pérdida	0		
				<10% de pérdida o corrosión	2		
				10%-30% de pérdida o corrosión	3		
		4	Filtración o humedad	>30% de pérdida o corrosión	4		
				No se observan filtraciones	0		
				Las filtraciones o la humedad es pequeña	2		
						La filtración o humedad es severa	4
		D	Mampostería	1	Fisuras por flexión	No se observan fisuras	0
Fisuras < 0.1 mm	2						
Fisuras entre 0.1 y 0.4 mm	3						
Fisuras > 0.4 mm	4						
2	Fisuras por cortante			No se observan fisuras	0		
				Fisuras < 0.1 mm	2		
				Fisuras entre 0.1 y 0.4 mm	3		
				Fisuras > 0.4 mm	4		
3	Desprendimiento de mampostería			No se detectan pérdidas de elementos	0		
				< 10% de pérdida de elemento	2		

			Entre el 10% y el 30% de pérdidas de elementos	3	
			> 30% del pérdidas de elementos	4	
		4	Filtración o humedad	No se observan filtraciones	0
			Las filtraciones o la humedad es pequeña	2	
			La filtración o humedad es severa	4	

Tabla A2.13 Daños en Pedestal de Pilas.

### 8.3 ESTRIBOS

#### 8.3.1 CAPITEL

CODIGO	TIPO	CODIGO	PROBLEMA	DESCRIPCION	CONDICION
A	Concreto	1	Fisuras de apoyo	No se observan fisuras	0
				Fisuras < 0.1 mm	2
				Fisuras entre 0.1 y 0.4 mm	3
				Fisuras > 0.4 mm	4
		2	Fisuras por flexión	No se observan fisuras	0
				Fisuras < 0.1 mm	2
				Fisuras entre 0.1 y 0.4 mm	3
				Fisuras > 0.4 mm	4
		3	Fisuras por cortante	No se observan fisuras	0
				Fisuras < 0.1 mm	2
				Fisuras entre 0.1 y 0.4 mm	3
				Fisuras > 0.4 mm	4
		4	Aplastamiento del concreto	No es apreciable	0
				Presencia de fisuras verticales	3
				Ensanchamiento en la sección transversal	4
		5	Pérdida de material	No se observa descascaramiento	0
				< 10 % de la superficie	2
				Entre 10% y 50%	3
				>50 %	4
		6	Acero expuesto	No existe corrosión	0
				Corrosión en la superficie del acero con pérdida de material < de 10% de la sección transversal	2
				El acero de refuerzo esta corroído entre un 10% a 40% de la sección transversal con su consecuente desprendimiento	3
				El acero esta corroído en mas del 40% de la sección transversal con su consecuente pérdida	4
		7	Degradación del concreto	No hay indicios de degradación	0
				<.20% de la superficie	2
				Entre 20-60% de la superficie	3
				> 60%	4
		8	Filtración o humedad	No se observan filtraciones	0

				Las filtraciones o la humedad es pequeña	2		
				La filtración o humedad es severa	4		
B	Acero	1	Corrosión	No existe corrosión	0		
				Corrosión de la superficie del acero pero no existe desprendimiento de material	2		
				El acero se encuentra corroído con formación de una capa ferrosa de 2 mm de espesor, con consecuente desprendimiento	3		
				El acero tiene corrosión severa con una capa de ferrosa de más de 2 mm de espesor	4		
		2	Fisuras por flexión	No se observan fisuras	0		
				Fisuras < 0.1 mm	3		
				Fisuras $\geq$ 0.1 mm	4		
		3	Fisuras por cortante	No se observan fisuras	0		
				Fisuras < 0.1 mm	3		
				Fisuras $\geq$ 0.1 mm	4		
		4	Degradación de la pintura	Pintura en buen estado	0		
				Agrietamiento incipiente en la pintura	2		
				Agrietamiento y desprendimiento moderado de la pintura	3		
				Agrietamiento y desprendimiento pronunciado o total de la pintura	4		
		5	Perdida de pernos o remaches	No hay pérdida	0		
				Perdida menor al 10% de los pernos o remaches	2		
				Perdida del 10% al 30% de los pernos o remaches	3		
				Perdida mayor al 30% de los pernos o remaches	4		
		6	Fractura o soldaduras deficientes	Soldaduras en buen estado y bien realizadas	0		
				Fractura menor del 10% de la longitud del cordón o presencia de escoria	2		
				Fractura entre el 10% y el 30% de la longitud del cordón	3		
				Fracturas mayores del 30% de la longitud del cordón	4		
		C	Madera	1	Degradación de la madera	La madera esta en optimas condiciones.	0
						< 10% de superficie	2
10% -40%	3						
> 40%	4						
2	Astillamiento			No se observa astillamiento	0		
				< 10% de la superficie	2		
				10%- 40%	3		
				> 40% hasta ruptura de todo el elemento	4		
3	Corrosión o perdida de			No existe corrosión o perdida	0		

D	Mampostería	4	clavos y/o pemos	<10% de pérdida o corrosión	2
			10%-30% de pérdida o corrosión	3	
			>30% de pérdida o corrosión	4	
		4	Filtración o humedad	No se observan filtraciones	0
				Las filtraciones o la humedad es pequeña	2
				La filtración o humedad es severa	4
		1	Fisuras por flexión	No se observan fisuras	0
				Fisuras < 0.1 mm	2
				Fisuras entre 0.1 y 0.4 mm	3
				Fisuras > 0.4 mm	4
		2	Fisuras por cortante	No se observan fisuras	0
				Fisuras < 0.1 mm	2
				Fisuras entre 0.1 y 0.4 mm	3
Fisuras > 0.4 mm	4				
3	Desprendimiento de mampostería	No se detectan pérdidas de elementos	0		
		< 10% de pérdida de elemento	2		
		Entre el 10% y el 30% de pérdidas de elementos	3		
		> 30% del pérdidas de elementos	4		
4	Filtración o humedad	No se observan filtraciones	0		
		Las filtraciones o la humedad es pequeña	2		
		La filtración o humedad es severa	4		

Tabla A2.14 Daños en Capitel de Pilas.

## 8.3.2 MURO FRONTAL Y MURO LATERAL

CODIGO	TIPO	CODIGO	PROBLEMA	DESCRIPCION	CONDICION
A	Concreto	1	Fisuras por cortante	No se observan fisuras	0
				Fisuras < 0.1 mm	2
				Fisuras entre 0.1 y 0.4 mm	3
				Fisuras > 0.4 mm	4
		2	Fisuras por flexión	No se observan fisuras	0
				Fisuras < 0.1 mm	2
				Fisuras entre 0.1 y 0.4 mm	3
				Fisuras > 0.4 mm	4
		3	Aplastamiento del concreto	No es apreciable	0
				Presencia de fisuras verticales	3
				Ensanchamiento en la sección transversal	4
		4	Pérdida de material	No se observa descascaramiento	0
				< 10 % de la superficie	2
				Entre 10% y 50%	3
				>50 %	4
5	Acero expuesto	No existe corrosión	0		

				Corrosión en la superficie del acero con pérdida de material < de 10% de la sección transversal	2
				El acero de refuerzo esta corroido entre un 10% a 40% de la sección transversal con su consecuente desprendimiento	3
				El acero esta corroido en mas del 40% de la sección transversal con su consecuente perdida	4
		6	Degradación del concreto	No hay indicios de degradación	0
				< 20% de la superficie	2
				Entre 20-60% de la superficie	3
				> 60%	4
		7	Filtración o humedad	No se observan filtraciones	0
				Las filtraciones o la humedad es pequeña	2
				La filtración o humedad es severa	4
B	Acero	1	Corrosión	No existe corrosión	0
				Corrosión de la superficie del acero pero no existe desprendimiento de material	2
				El acero se encuentra corroido con formación de una capa ferrosa de 2 mm de espesor, con consecuente desprendimiento	3
				El acero tiene corrosión severa con una capa de ferrosa de más de 2 mm de espesor	4
		2	Fisuras por flexión	No se observan fisuras	0
				Fisuras < 0.1 mm	3
				Fisuras ≥ 0.1 mm	4
		3	Fisuras por cortante	No se observan fisuras	0
				Fisuras < 0.1 mm	3
				Fisuras ≥ 0.1 mm	4
		4	Degradación de la pintura	Pintura en buen estado	0
				Agrietamiento incipiente en la pintura	2
				Agrietamiento y desprendimiento moderado de la pintura	3
				Agrietamiento y desprendimiento pronunciado o total de la pintura	4
		5	Perdida de pernos o remaches	No hay pérdida	0
				Perdida menor al 10% de los pernos o remaches	2
				Perdida del 10% al 30% de los pernos o remaches	3
				Perdida mayor al 30% de los pernos o remaches	4
		6	Fractura o soldaduras deficientes	Soldaduras en buen estado y bien realizadas	0

				Fractura menor del 10% de la longitud del cordón o presencia de escoria	2		
				Fractura entre el 10% y el 30% de la longitud del cordón	3		
				Fracturas mayores del 30% de la longitud del cordón	4		
		7	Pandeo local	No existe pandeo apreciable	0		
				Pandeo incipiente o poco apreciable	3		
				Pandeo total del elemento	4		
		8	Pandeo global	No existe pandeo apreciable	0		
				El pandeo en la pila es notorio pero no severo	3		
				El pandeo en la pila es excesivo y puede colapsar	4		
		9	Delaminación	No existe delaminación	0		
				Cualquier grado de delaminación	4		
C	Madera	1	Degradación de la madera	La madera esta en optimas condiciones.	0		
				< 10% de superficie	2		
				10% -40%	3		
				> 40%	4		
		2	Astillamiento	No se observa astillamiento	0		
				< 10% de la superficie	2		
				10% - 40%	3		
				> 40% hasta ruptura de todo el elemento	4		
		3	Corrosión o perdida de clavos y/o pernos	No existe corrosión o perdida	0		
				<10% de perdida o corrosión	2		
				10%-30% de perdida o corrosión	3		
				>30% de perdida o corrosión	4		
		4	Pandeo global	No existe pandeo apreciable	1		
El pandeo en la pila es notorio pero no severo	3						
El pandeo en la pila es excesivo y puede colapsar	4						
D	Mampostería	1	Fisuras por flexión	No se observan fisuras	0		
				Fisuras < 0.1 mm	2		
				Fisuras entre 0.1 y 0.4 mm	3		
				Fisuras > 0.4 mm	4		
		2	Fisuras por cortante	No se observan fisuras	1		
				Fisuras < 0.1 mm	2		
				Fisuras entre 0.1 y 0.4 mm	3		
				Fisuras > 0.4 mm	4		
		3	Desprendimiento de mampostería	No se detectan pérdidas de elementos	0		
				< 10% de perdida de elemento	2		
				Entre el 10% y el 30% de perdidas de elementos	3		
						> 30% del perdidas de elementos	4
		4	Filtración o humedad	No se observan filtraciones	0		

				Las filtraciones o la humedad es pequeña	2
				La filtración o humedad es severa	4

Tabla A2.15 Daños en Muros Frontal y Lateral de Estribos.

**8.3.3 PEDESTAL**

CODIGO	TIPO	CODIGO	PROBLEMA	DESCRIPCION	CONDICION
A	Concreto	1	Fisuras por aplastamiento en la base	No se observan fisuras	0
				Fisuras < 0.1 mm	2
				Fisuras entre 0.1 y 0.4 mm	3
				Fisuras > 0.4 mm	4
		2	Fisuras por cortante	No se observan fisuras	0
				Fisuras < 0.1 mm	2
				Fisuras entre 0.1 y 0.4 mm	3
				Fisuras > 0.4 mm	4
		3	Fisuras por flexión	No se observan fisuras	0
				Fisuras < 0.1 mm	2
				Fisuras entre 0.1 y 0.4 mm	3
				Fisuras > 0.4 mm	4
		4	Pérdida de material	No se observa descascaramiento	0
				< 10 % de la superficie	2
				Entre 10% y 50%	3
				>50 %	4
		5	Acero expuesto	No existe corrosión	0
				Corrosión en la superficie del acero con pérdida de material < de 10% de la sección transversal	2
				El acero de refuerzo esta corroído entre un 10% a 40% de la sección transversal con su consecuente desprendimiento	3
				El acero esta corroído en mas del 40% de la sección transversal con su consecuente pérdida	4
		6	Degradación del concreto	No hay indicios de degradación	0
< 20% de la superficie	2				
Entre 20-60% de la superficie	3				
> 60% de la superficie	4				
7	Filtración o humedad	No se observan filtraciones	0		
		Las filtraciones o la humedad es pequeña	2		

B	Acero	1	Corrosión	La filtración o humedad es severa	4		
				No existe corrosión	0		
				Corrosión de la superficie del acero pero no existe desprendimiento de material	2		
				El acero se encuentra corroído con formación de una capa ferrosa de 2 mm de espesor, con consecuente desprendimiento	3		
						El acero tiene corrosión severa con una capa de ferrosa de más de 2 mm de espesor	4
		2	Fisuras por flexión	No se observan fisuras	0		
				Fisuras < 0.1 mm	3		
				Fisuras ≥ 0.1 mm	4		
		3	Fisuras por cortante	No se observan fisuras	0		
				Fisuras < 0.1 mm	3		
				Fisuras ≥ 0.1 mm	4		
		4	Degradación de la pintura	Pintura en buen estado	0		
				Agrietamiento incipiente en la pintura	2		
				Agrietamiento y desprendimiento moderado de la pintura	3		
				Agrietamiento y desprendimiento pronunciado o total de la pintura	4		
		5	Pérdida de pernos o remaches	No hay pérdida	0		
				Pérdida menor al 10% de los pernos o remaches	2		
				Pérdida del 10% al 30% de los pernos o remaches	3		
				Pérdida mayor al 30% de los pernos o remaches	4		
		6	Fractura o soldaduras deficientes	Soldaduras en buen estado y bien realizadas	0		
				Fractura menor del 10% de la longitud del cordón o presencia de escoria	2		
				Fractura entre el 10% y el 30% de la longitud del cordón	3		
				Fracturas mayores del 30% de la longitud del cordón	4		
		7	Pandeo local	No existe pandeo apreciable	0		
Pandeo incipiente o poco apreciable	3						
Pandeo total del elemento	4						
8	Delaminación	No existe delaminación	0				
		Cualquier grado de delaminación	4				
C	Madera	1	Degradación de la madera	La madera esta en optimas condiciones.	0		
				< 10% de superficie	2		
				10% -40%	3		
				> 40%	4		
		2	Astillamiento	No se observa astillamiento	0		
				< 10% de la superficie	2		

				10%- 40%	3
				> 40% hasta ruptura de todo el elemento	4
		3	Corrosión o pérdida de clavos y/o pernos	No existe corrosión o pérdida	0
				<10% de pérdida o corrosión	2
				10%-30% de pérdida o corrosión	3
				>30% de pérdida o corrosión	4
		4	Filtración o humedad	No se observan filtraciones	0
				Las filtraciones o la humedad es pequeña	2
				La filtración o humedad es severa	4
D	Mampostería	1	Fisuras por flexión	No se observan fisuras	0
				Fisuras < 0.1 mm	2
				Fisuras entre 0.1 y 0.4 mm	3
				Fisuras > 0.4 mm	4
		2	Fisuras por cortante	No se observan fisuras	0
				Fisuras < 0.1 mm	2
				Fisuras entre 0.1 y 0.4 mm	3
				Fisuras > 0.4 mm	4
		3	Desprendimiento de mampostería	No se detectan pérdidas de elementos	0
				< 10% de pérdida de elemento	2
				Entre el 10% y el 30% de pérdidas de elementos	3
				> 30% de pérdidas de elementos	4
		4	Filtración o humedad	No se observan filtraciones	0
Las filtraciones o la humedad es pequeña	2				
La filtración o humedad es severa	4				

Tabla A2.16 Daños en Pedestal de Estribos.

## 9. FUNDACIONES

En caso de que el número de pilas exceda a las contempladas en el formato, se deberá adjuntar una hoja del formato correspondiente y reenumerar las pilas

CODIGO	TIPO	CODIGO	PROBLEMA	DESCRIPCION	CONDICION
1	Zapatas aisladas	1	Fisuras	No se observan fisuras	0
				Fisuras < 0.1 mm	2
				Fisuras entre 0.1 y 0.4 mm	3
				Fisuras > 0.4 mm	4
		2	Asentamiento diferencial	No existe asentamiento diferencial apreciable	0
Existe asentamiento diferencial incipiente	3				

				Se observa asentamiento diferencial severo	4
		3	Hundimiento	No existe hundimiento apreciable	0
				Existe hundimiento incipiente	3
				Se observa hundimiento severo	4
		4	Movimientos laterales	No existe movimiento lateral apreciable	0
				Se observa mínimos movimientos laterales	3
				Se observan movimientos laterales severos	4
		5	Socavación	No existe socavación apreciable	0
				< 10% de la longitud la estructura	2
				Entre el 10% y el 40% de la longitud de la estructura	3
				> 40% de la longitud de la estructura	4
2	Zapatillas corridas	1	Fisuras	No se observan fisuras	0
				Fisuras < 0.1 mm	2
				Fisuras entre 0.1 y 0.4 mm	3
				Fisuras > 0.4 mm	4
		2	Asentamiento diferencial	No existe asentamiento diferencial apreciable	0
				Existe asentamiento diferencial incipiente	3
				Se observa asentamiento diferencial severo	4
		3	Hundimiento	No existe hundimiento apreciable	0
				Existe hundimiento incipiente	3
				Se observa hundimiento severo	4
		4	Movimientos laterales	No existe movimiento lateral apreciable	0
				Se observa mínimos movimientos laterales	3
				Se observan movimientos laterales severos	4
		5	Socavación	No existe socavación apreciable	0
				< 10% de la longitud la estructura	2
				Entre el 10% y el 40% de la longitud de la estructura	3
				> 40% de la longitud de la estructura	4
3	Pilotes	1	Asentamiento diferencial	No existe asentamiento diferencial apreciable	0
				Existe asentamiento diferencial incipiente	3

				Se observa asentamiento diferencial severo	4
		2	Hundimiento	No existe hundimiento apreciable	0
				Existe hundimiento incipiente	3
				Se observa hundimiento severo	4
		3	Erosión	No se observa indicios de erosión	0
				Perdida de material	2
				Formación de pequeños canales	3
				Formación de canales de gran tamaño que pueden provocar deslizamiento	4

Tabla A2.17 Daños en Fundaciones.

### 10. ACCESOS

Estos se encuentran inmediatamente antes y después del puente. Consiste en rampa y recubrimiento.

*Rampa:* es la estructura de transición entre la vía y el puente.

*Recubrimiento:* capa de material, sobre la rampa.

#### 10.1 RAMPA.

CODIGO	TIPO	CODIGO	PROBLEMA	DESCRIPCION	CONDICION
A	Terraplén	1	Erosión	No se observa indicios de erosión	0
				Perdida de material	2
				Formación de pequeños canales	3
				Formación de canales de gran tamaño que dificulten el tráfico vehicular	4
		2	Deslizamiento	No existe desprendimiento	0
				< 10% del área superficial del talud	2
				Entre el 10% y el 30% del área superficial	3
				> 30% del área superficial	4
B	Concreto	1	Fisuras	No se observan fisuras	0
				Fisuras < 0.1 mm	2
				Fisuras entre 0.1 y 0.4 mm	3
				Fisuras > 0.4 mm	4
		2	Acero expuesto	No existe corrosión	0
				Corrosión en la superficie del acero con pérdida de material < de 10% de la sección transversal	2

				El acero de refuerzo esta corroído entre un 10% a 40% de la sección transversal con su consecuente desprendimiento	3
				El acero esta corroído en mas del 40% de la sección transversal con su consecuente perdida	4
		3	Pérdida de material	No se observa descascaramiento	0
				< 10 % de la superficie	2
				Entre 10% y 50%	3
				>50 %	4
C	Metálica	1	Corrosión	No existe corrosión	0
				Corrosión de la superficie del acero pero no existe desprendimiento de material	2
				El acero se encuentra corroído con formación de una capa ferrosa de 2 mm de espesor, con consecuente desprendimiento	3
				El acero tiene corrosión severa con una capa de ferrosa de más de 2 mm de espesor	4
		2	Degradación de la pintura	Pintura en buen estado	0
				Agrietamiento incipiente en la pintura	2
				Agrietamiento y desprendimiento moderado de la pintura	3
				Agrietamiento y desprendimiento pronunciado o total de la pintura	4
		3	Pérdida de pernos o remaches	No hay perdida	0
				Pérdida menor al 10% de los pernos o remaches	2
				Pérdida del 10% al 30% de los pernos o remaches	3
				Pérdida mayor al 30% de los pernos o remaches	4
		4	Fractura o soldaduras deficientes	Soldaduras en buen estado y bien realizadas	0
				Fractura menor del 10% de la longitud del cordón o presencia de escoria	2
				Fractura entre el 10% y el 30% de la longitud del cordón	3
				Fracturas mayores del 30% de la longitud del cordón	4
D	Madera	1	Degradación de la madera	La madera está en optimas condiciones.	0
				< 10% de superficie	2
				10% -40%	3
				> 40%	4
		2	Astillamiento	No se observa astillamiento	0
				< 10% de la superficie	2
				10%- 40%	3

				> 40% hasta ruptura de todo el elemento	4
		3	Corrosión o pérdida de clavos y/o pernos	No existe corrosión o pérdida	0
				<10% de pérdida o corrosión	2
				10%-30% de pérdida o corrosión	3
				>30% de pérdida o corrosión	4

Tabla A2.18 Daños en Rampa.

## 10.2 RECUBRIMIENTO

CODIGO	TIPO	CODIGO	PROBLEMA	DESCRIPCION	CONDICION
A	Asfalto	1	Corrugas	No se observan	0
				< 10% de la sección de superficie	2
				10%- 50% de la superficie	3
				> 50% de la superficie	4
		2	Canales	No se observan	0
				< 10% de la sección de superficie	2
				10%- 50% de la superficie	3
				> 50% de la superficie	4
		3	Fisuras	No se observan fisuras	0
				< 0.1 mm	2
				0.1- 0.4 mm	3
				> 0.4 mm.	4
		4	Depresiones o baches	No se observan	0
				< 20% de la superficie	2
				20%-50% de la superficie	3
				> 50%	4
B	Concreto	1	Fisuras	No se observan fisuras	0
				< 0.1 mm	2
				0.1- 0.4 mm	3
				> 0.4 mm.	4
		2	Acero expuesto	No existe corrosión	0
				Corrosión en la superficie del acero con pérdida de material < de 10% de la sección transversal	2
				El acero de refuerzo esta corroido entre un 10% a 40% de la sección transversal con su consecuente desprendimiento	3
				El acero esta corroido en mas del 40% de la sección transversal con su consecuente pérdida	4
		3	Pérdida de material	No se observa descascaramiento	0
				< 10 % de la superficie	2
				10% y 50% de la superficie	3
				>50 % de la superficie	4
		4	Depresiones o baches	No se observan	0
				< 20% de la superficie	2
				20%-50% de la superficie	3
				> 50%	4
C	Metálica	1	Corrosión	No existe corrosión	0

				Corrosión de la superficie del acero pero no existe desprendimiento de material	2		
				El acero se encuentra corroído con formación de una capa ferrosa de 2 mm de espesor, con consecuente desprendimiento	3		
				El acero tiene corrosión severa con una capa de ferrosa de más de 2 mm de espesor	4		
		2	Deterioro de pintura			Pintura en buen estado	0
						Agrietamiento incipiente en la pintura	2
						Agrietamiento y desprendimiento moderado de la pintura	3
						Agrietamiento y desprendimiento pronunciado o total de la pintura	4
		3	Fractura de soldaduras			Soldaduras en buen estado y bien realizadas	0
						Fractura menor del 10% de la longitud del cordón o presencia de escoria	2
						Fractura entre el 10%y el 30% de la longitud del cordón	3
						Fracturas mayores del 30% de la longitud del cordón	4
		4	Perdida de pernos o remaches			No hay perdida	0
						Perdida menor al 10% de los pernos o remaches	2
						Perdida del 10% al 30% de los pernos o remaches	3
						Perdida mayor al 30% de los pernos o remaches	4
		D	Madera	1	Degradación de la madera	La madera esta en optimas condiciones.	0
< 10% de superficie	2						
10% -40%	3						
> 40%	4						
2	Astillamiento					No se observa astillamiento	0
						< 10% de la superficie	2
						10%- 40%	3
						> 40% hasta ruptura de todo el elemento	4
3	Corrosión o pedida de clavos y/o pernos					No existe corrosión o perdida	0
						<10% de perdida o corrosión	2
						10%-30% de perdida o corrosión	3
						>30% de perdida o corrosión	4
4	Humedad					La madera se observa seca	0
						Húmedo en puntos aislados	2
						Madera muy húmeda	4
E	Balaste o tierra			1	Erosión	No se observa indicios de erosión	0
		Perdida de material	2				

				Formación de pequeños canales	4
				Formación de canales de gran tamaño que dificulten el tráfico vehicular	4
		2	Baches depresiones	No se observan baches	0
				Agujeros < 10 cm de diámetro	2
				Agujeros 10-50 cm diámetro	3
				Agujeros > 50 cm diámetro	4

Tabla A2.19 Daños en Recubrimiento.

## 11. ACERAS Y BARANDAS.

Las aceras están colocadas a los costados de la calzada y sirven para el tránsito peatonal. Se considerarán acera izquierda y derecha.

Barandas: van a los costados del puente, canalizan el tráfico y eventualmente evitan la caída de vehículos o personas. Se considerará la existencia de barandas interna y externa en el puente. Considerando como baranda interna aquella que divide la acera de la calzada y baranda externa la que evita que los peatones caigan del puente.

### 11.1 ACERAS

CODIGO	TIPO	CODIGO	PROBLEMA	DESCRIPCION	CONDICION
A	Concreto	1	Fisuras	No se observan fisuras	0
				< 20% de la superficie	2
				Entre el 20% y 60% de la superficie	3
				> 60% de la superficie	4
		2	Acero expuesto	No existe corrosión	0
				Corrosión en la superficie del acero con pérdida de material < de 10% de la sección transversal	2
				El acero de refuerzo esta corroído entre un 10% a 40% de la sección transversal con su consecuente desprendimiento	3
				El acero esta corroído en mas del 40% de la sección transversal con su consecuente pérdida	4
		3	Pérdida de material	No se observa descascaramiento	0
				< 10 % de la superficie	2
10% y 50% de la superficie	3				
>50 % de la superficie	4				
B	Mampostería	1	Fisuras	No se observan fisuras	0
				< 0.1 mm	2
				0.1- 0.4 mm	3
				> 0.4 mm.	4

C	Metálica	2	Desprendimiento de mampostería	No se detectan pérdidas de elementos	0	
				< 10% de pérdida de elemento	2	
				Entre el 10% y el 30% de pérdidas de elementos	3	
				> 30% del pérdidas de elementos	4	
		1	Corrosión	No existe corrosión	0	
				Corrosión de la superficie del acero pero no existe desprendimiento de material	2	
				El acero se encuentra corroído con formación de una capa ferrosa de 2 mm de espesor, con consecuente desprendimiento	3	
				El acero tiene corrosión severa con una capa de ferrosa de más de 2 mm de espesor	4	
			2	Degradación de la pintura	Pintura en buen estado	0
					Agrietamiento incipiente en la pintura	2
					Agrietamiento y desprendimiento moderado de la pintura	3
					Agrietamiento y desprendimiento pronunciado o total de la pintura	4
			3	Fractura de soldaduras	Soldaduras en buen estado y bien realizadas	0
					Fractura menor del 10% de la longitud del cordón o presencia de escoria	2
					Fractura entre el 10% y el 30% de la longitud del cordón	3
					Fracturas mayores del 30% de la longitud del cordón	4
4	Pérdida de pernos o remaches	No hay pérdida	0			
		Pérdida menor al 10% de los pernos o remaches	2			
		Pérdida del 10% al 30% de los pernos o remaches	3			
		Pérdida mayor al 30% de los pernos o remaches	4			
D	Madera	1	Degradación de la madera	La madera esta en optimas condiciones.	0	
				< 10% de superficie	2	
				10% -40%	3	
				> 40%	4	
		2	Astillamiento	No se observa astillamiento	0	
				< 10% de la superficie	2	
				10%- 40%	3	
				> 40% hasta ruptura de todo el elemento	4	
		3	Corrosión o pedida de clavos y/o pernos	No existe corrosión o perdida	0	
				<10% de perdida o corrosión	2	
				10%-30% de perdida o corrosión	3	
				>30% de perdida o corrosión	4	

		4	Humedad	La madera se observa seca	0
				Húmedo en la superficie	2
				Madera saturada	4

Tabla A2.20 Daños en Aceras.

**11.2 BARANDAS**

CODIGO	TIPO	CODIGO	PROBLEMA	DESCRIPCION	CONDICION
A	Concreto	1	Fisuras	No se observan fisuras	0
				< 20% de la superficie	2
				Entre el 20% y 60% de la superficie	3
				> 60% de la superficie	4
		2	Acero expuesto	No existe corrosión	0
				Corrosión en la superficie del acero con pérdida de material < de 10% de la sección transversal	2
				El acero de refuerzo esta corroído entre un 10% a 40% de la sección transversal con su consecuente desprendimiento	3
				El acero esta corroído en mas del 40% de la sección transversal con su consecuente pérdida	4
		3	Pérdida de material	No se observa descascaramiento	0
				< 10 % de la superficie	2
10% y 50% de la superficie	3				
>50 % de la superficie	4				
B	Mampostería	1	Fisuras	No se observan fisuras	0
				< 0.1 mm	2
				0.1- 0.4 mm	3
				> 0.4 mm.	4
		2	Desprendimiento de mampostería	No se detectan pérdidas de elementos	0
				< 10% de pérdida de elemento	2
				Entre el 10% y el 30% de pérdidas de elementos	3
				> 30% de pérdidas de elementos	4
C	Metálica	1	Corrosión	No existe corrosión	0
				Corrosión de la superficie del acero pero no existe desprendimiento de material	2
				El acero se encuentra corroído con formación de una capa ferrosa de 2 mm de espesor, con consecuente desprendimiento	3
				El acero tiene corrosión severa con una capa de ferrosa de más de 2 mm de espesor	4
		2	Degradación de la pintura	Pintura en buen estado	0
				Agrietamiento incipiente en la pintura	2

				Agrietamiento y desprendimiento moderado de la pintura	3
				Agrietamiento y desprendimiento pronunciado o total de la pintura	4
		3	Fractura de soldaduras	Soldaduras en buen estado y bien realizadas	0
				Fractura menor del 10% de la longitud del cordón o presencia de escoria	2
				Fractura entre el 10% y el 30% de la longitud del cordón	3
				Fracturas mayores del 30% de la longitud del cordón	4
		4	Perdida de pernos o remaches	No hay pérdida	0
				Perdida menor al 10% de los pernos o remaches	2
				Perdida del 10% al 30% de los pernos o remaches	3
				Perdida mayor al 30% de los pernos o remaches	4
D	Madera	1	Degradación de la madera	La madera esta en óptimas condiciones.	0
				< 10% de superficie	2
				10% -40%	3
				> 40%	4
		2	Astillamiento	No se observa astillamiento	0
				< 10% de la superficie	2
				10%- 40%	3
				> 40% hasta ruptura de todo el elemento	4
		3	Corrosión o perdida de clavos y/o pernos	No existe corrosión o perdida	0
				<10% de perdida o corrosión	2
				10%-30% de perdida o corrosión	3
				>30% de perdida o corrosión	4
		4	Humedad	La madera se observa seca	0
Húmedo en la superficie	2				
Madera saturada	4				
E	Mixtas (acero y concreto)	1	Fisuras	No se observan fisuras	0
				< 20% de la superficie	2
				Entre el 20% y 60% de la superficie	3
				> 60% de la superficie	4
		2	Acero expuesto	No existe corrosión	0
				Corrosión en la superficie del acero con perdida de material < de 10% de la sección transversal	2
				El acero de refuerzo esta corroido entre un 10% a 40% de la sección transversal con su consecuente desprendimiento	3
				El acero esta corroido en mas del 40% de la sección transversal con su consecuente perdida	4

	3	Pérdida de material	No se observa	0
			descascaramiento	
			< 10 % de la superficie	2
			10% y 50% de la superficie	3
	4	Corrosión	>50 % de la superficie	4
			No existe corrosión	0
			Corrosión de la superficie del acero pero no existe desprendimiento de material	2
			El acero se encuentra corroído con formación de una capa ferrosa de 2 mm de espesor, con consecuente desprendimiento	3
	5	Degradación de la pintura	El acero tiene corrosión severa con una capa de ferrosa de más de 2 mm de espesor	4
			Pintura en buen estado	0
			Agrietamiento incipiente en la pintura	2
			Agrietamiento y desprendimiento moderado de la pintura	3
	6	Fractura de soldaduras	Agrietamiento y desprendimiento pronunciado o total de la pintura	4
			Soldaduras en buen estado y bien realizadas	0
			Fractura menor del 10% de la longitud del cordón o presencia de escoria	2
			Fractura entre el 10% y el 30% de la longitud del cordón	3
7	Perdida de pernos o remaches	Fracturas mayores del 30% de la longitud del cordón	4	
		No hay pérdida	0	
		Perdida menor al 10% de los pernos o remaches	2	
		Perdida del 10% al 30% de los pernos o remaches	3	
			Perdida mayor al 30% de los pernos o remaches	4

Tabla A2.21 Daños en Barandas.

**12. HIDRAULICO**

Se considerarán drenajes y protecciones para los estribos y únicamente protecciones en las pilas.

Los drenajes los constituyen los elementos utilizados para evacuar la escorrentilla en los accesos al puente. Las protecciones son elementos que resguardan la subestructura de problemas causados por avenidas excepcionales, arrastre de materiales, etc.

En caso de que el número de pilas exceda a las contempladas en el formato, se deberá adjuntar una hoja del formato correspondiente y reenumerar las pilas

## 12.1 DRENAJES

CODIGO	TIPO	CODIGO	PROBLEMA	DESCRIPCION	CONDICION		
A	Cuneta de mampostería	1	Obstrucción	No hay obstrucciones	0		
				< 25% de la sección transversal	2		
				25%-50% de la sección trans.	3		
				> 50% de la sección transversal	4		
		2	Fisuras	No se observan fisuras	0		
				< 0.1 mm	2		
				0.1- 0.4 mm	3		
				> 0.4 mm.	4		
		3	Desprendimiento de mampostería	No se detectan pérdidas de elementos	0		
				< 10% de pérdida de elemento	2		
				Entre el 10% y el 30% de pérdidas de elementos	3		
				> 30% del pérdidas de elementos	4		
B	Cuneta de concreto	1	Obstrucción	No hay obstrucciones	0		
				< 25% de la sección transversal	2		
				25%-50% de la sección trans.	3		
				> 50% de la sección transversal	4		
		2	Fisuras	No se observan fisuras	0		
				< 0.1 mm	2		
				0.1- 0.4 mm	3		
				> 0.4 mm.	4		
		3	Pérdida de material	No se observa descascaramiento	0		
				< 10 % de la superficie	2		
				10% y 50% de la superficie	3		
				>50 % de la superficie	4		
C	Tubería	1	Obstrucción	No hay obstrucciones	0		
				< 25% de la sección transversal	2		
				25%-50% de la sección trans.	3		
				> 50% de la sección transversal	4		
		2	Fisuras	No se observan fisuras	0		
				< 0.1 mm	2		
				0.1- 0.4 mm	3		
				> 0.4 mm.	4		
		D	Cuneta de concreto con asiento de asfalto	1	Obstrucción	No hay obstrucciones	0
						< 25% de la sección transversal	2
						25%-50% de la sección trans.	3
						> 50% de la sección transversal	4
2	Fisuras			No se observan fisuras	0		
				< 0.1 mm	2		
				0.1- 0.4 mm	3		
				> 0.4 mm.	4		
3	Pérdida de material			No se observa descascaramiento	0		
				< 10 % de la superficie	2		
				10% y 50% de la superficie	3		
				>50 % de la superficie	4		

Tabla A2.22 Daños en Drenajes.

## 12.2 PROTECCIONES

CODIGO	TIPO	CODIGO	PROBLEMA	DESCRIPCION	CONDICION
A	Enrocado	1	Pérdida de rocas	No hay pérdida	0
				< del 15% de la estructura	2
				15% - 40% de la estructura	3
				> 40% de la estructura	4
		2	Socavación	No existe socavación apreciable	0
				< 10% de la longitud la estructura	2
				Entre el 10% y el 40% de la longitud de la estructura	3
				> 40% de la longitud de la estructura	4
B	Losa de concreto	1	Fisuras	No se observan fisuras	0
				< 0.1 mm	2
				0.1- 0.4 mm	3
				> 0.4 mm.	4
		2	Pérdida de material	No se observa descascaramiento	0
				< 10 % de la superficie	2
				10% y 50% de la superficie	3
				>50 % de la superficie	4
		3	Acero expuesto	No existe corrosión	0
				Corrosión en la superficie del acero con pérdida de material < de 10% de la sección transversal	2
				El acero de refuerzo esta corroído entre un 10% a 40% de la sección transversal con su consecuente desprendimiento	3
				El acero esta corroído en mas del 40% de la sección transversal con su consecuente pérdida	4
		4	Socavación	No existe socavación apreciable	0
				< 10% de la longitud la estructura	2
				Entre el 10% y el 40% de la longitud de la estructura	3
				> 40% de la longitud de la estructura	4
C	Colchones Reno o Gaviones	1	Ruptura de mallas	No existen mallas rotas	0
				< 10% de la ruptura de las mallas	2
				Entre el 10% y el 40% de ruptura de las mallas	3
				> 40% de la ruptura de las mallas	4
		2	Deformación de la estructura	No existe deformación apreciable	0
				< 20% de la estructura	2
				Entre el 20% y el 50% de al estructura	3
				> 50% de la estructura está deformada	4

		3	Pérdida de material de relleno	No hay pérdida	0
				< 10% del relleno	2
				10% - 30% de relleno	3
				> 30% del relleno	4
		4	Corrosión de mallas	No existe corrosión	0
				Corrosión en la superficie del acero con pérdida de material < de 10% de la sección transversal	2
				El acero de refuerzo esta corroido entre un 10% a 40% de la sección transversal	3
				El acero esta corroido en mas del 40% de la sección transversal	4
		5	Socavación	No existe socavación apreciable	0
				< 10% de la longitud la estructura	2
				Entre el 10% y el 40% de la longitud de la estructura	3
				> 40% de la longitud de la estructura	4
D	Mampostería	1	Fisuras	No se observan fisuras	0
				< 0.1 mm	2
				0.1- 0.4 mm	3
				> 0.4 mm.	4
		2	Desprendimiento de mampostería	No se detectan pérdidas de elementos	0
				< 10% de pérdida de elemento	2
				Entre el 10% y el 30% de perdidas de elementos	3
				> 30% del perdidas de elementos	4

Tabla A2.23 Daños en Protecciones.

### 13. COMPLEMENTARIOS

Se refiere a accesorios, de menor importancia estructural, pero importantes para el usuario del puente. Entre estos tenemos:

- Iluminación: se refiere a dispositivos eléctricos que son necesarios para mejorar la visibilidad tanto de conductores como peatones, tales como lamparas y faroles.
- Señalización: son aquellas señales o letreros que indiquen al usuario, limitaciones físicas o prohibiciones reglamentarias que regulan el tránsito u otra información adicional, estas pueden ser verticales u horizontales. La señalización vertical la constituyen todas las señales viales y de información sobre el puente ubicadas en vallas.

La señalización horizontal la constituyen todas las señales viales y de información sobre el puente marcadas sobre capa de rodamiento.

- Drenajes: son elementos que permiten la evacuación del agua presente en el tablero del puente.

- Separadores: son elementos colocados sobre el tablero, con el propósito de dividir el tránsito en carriles obligatorios de un solo sentido.

Estos se evaluarán de forma cualitativa bueno, regular o malo, colocando 1,2 ó 3 respectivamente.

#### 14. ZONA SISMICA

Determina la localización del puente dentro de una zona sísmica del país. Estas zonas se definen en la Norma Técnica de Diseño por Sismo de El Salvador, en zona I y zona II. (ver figura 1)

#### 15. ZONA DE INUNDACION

Determina la localización del puente dentro de zonas de inundación previamente identificadas. Estas se clasifican en zona inundable (ZI) y en zona no inundable (ZNI). (ver figura 2)

#### 16. CARGAS.

Estas se representan por el tipo de vehículo de diseño y sobrecarga, siendo:

*Carga de diseño:* la carga considerada para el diseño del puente.

*Sobrecarga:* es la máxima carga que está pasando por el puente actualmente. (ver figura 3)

#### 17. RUTA ALTERNA.

Es la longitud aproximada de la ruta, que se utilizaría para el paso de vehículos y peatones al ser interrumpido el tráfico vehicular sobre el puente, debido a mantenimiento, reparación o destrucción de éste.

#### 18. CAUCE

El cauce se evaluará, considerando una distancia aproximada de 100 mts. Aguas arriba y aguas abajo del puente.

Se tomará como margen izquierdo y margen derecho a aquellos que correspondan a la izquierda y derecha del evaluador, cuando éste se encuentre observando aguas abajo.

#### 18.1 OBRAS DE PROTECCION

CODIGO	TIPO	CODIGO	PROBLEMA	DESCRIPCION	CONDICION
A	Colchones	1	Ruptura de mallas	No existen mallas rotas	0

	Reno Gaviones	0		< 10% de la ruptura de las mallas	2
				Entre el 10% y el 40% de ruptura de las mallas	3
				> 40% de la ruptura de las mallas	4
		2	Deformación de la estructura	No existe deformación apreciable	0
				< 20% de la estructura	2
				Entre el 20% y el 50% de la estructura	3
		3	Pérdida de material de relleno	> 50% de la estructura está deformada	4
				No hay pérdida	0
				< 10% del relleno	2
		4	Corrosión de mallas	10% - 30% de relleno	3
				> 30% del relleno	4
				No existe corrosión	0
		5	Socavación	Corrosión en la superficie del acero con pérdida de material < de 10% de la sección transversal	2
				El acero de refuerzo está corroído entre un 10% a 40% de la sección transversal	3
				El acero está corroído en más del 40% de la sección transversal	4
1	Socavación	No existe socavación apreciable	0		
		< 10% de la longitud la estructura	2		
		Entre el 10% y el 40% de la longitud de la estructura	3		
2	Pérdida de material	> 40% de la longitud de la estructura	4		
		No se observa descascaramiento	0		
		< 10 % de la superficie	2		
3	Acero expuesto	10% y 50% de la superficie	3		
		>50 % de la superficie	4		
		No existe corrosión	0		
	Muros de concreto	1	Corrosión en la superficie del acero con pérdida de material < de 10% de la sección transversal	2	
			El acero de refuerzo está corroído entre un 10% a 40% de la sección transversal con su consecuente desprendimiento	3	

				El acero esta corroído en mas del 40% de la sección transversal con su consecuente pérdida	4
		4	Fisuras	No se observan fisuras	0
				< 0.1 mm	2
				0.1- 0.4 mm	3
				> 0.4 mm.	4
		5	Volteo	No existe indicios de volteo	0
				Inclinación leve	2
				Volteo inminente	3
				Volteo de la estructura	4
C	Muros de mampostería	1	Socavación	No existe socavación apreciable	0
				< 10% de la longitud la estructura	2
				Entre el 10% y el 40% de la longitud de la estructura	3
				> 40% de la longitud de la estructura	4
		2	Desprendimiento de mampostería	No se detectan pérdidas de elementos	0
				< 10% de pérdida de elemento	2
				Entre el 10% y el 30% de perdidas de elementos	3
				> 30% del perdidas de elementos	4
		3	Fisuras	No se observan fisuras	0
				< 0.1 mm	2
				0.1- 0.4 mm	3
				> 0.4 mm.	4
		4	Volteo	No existe indicios de volteo	0
				Inclinación leve	2
				Volteo inminente	3
				Volteo de la estructura	4

Tabla A2.24 Daños en obras de Protección.

## 18.2 TALUDES

CODIGO	TIPO	CODIGO	PROBLEMA	DESCRIPCION	CONDICION
A	Roca	1	Desprendimiento del material rocoso	No hay desprendimiento	0
				Desprendimientos pequeños < 10% de la superficie del talud	2
				10% - 30% de la superficie del talud	3
				> 30% de la superficie del talud	4
B	Suelo	1	Erosión	No se observa indicios de erosión	0
				Perdida de material	2
				Formación de pequeños canales	3
				Formación de canales de gran tamaño que pueden provocar deslizamiento	4
		2	Deslizamiento	No existe desprendimiento	0

				< 10% del área superficial del talud	2
				Entre el 10% y el 30% del área superficial	3
				> 30% del área superficial	4

Tabla A2.25 Daños en Taludes.

**18.3 VEGETACION**

CODIGO	TIPO	CODIGO	PROBLEMA	DESCRIPCION	CONDICION
A	Arboleda	1	Deforestación	< 10% de la superficie del terreno adyacente al puente	1
				Entre el 10% y el 30% de la superficie del terreno adyacente al puente	2
				Entre el 30% y el 60% de la superficie del terreno adyacente al puente	3
				> 60% de la superficie del terreno adyacente al puente	4
B	Arbusto	1	Deforestación	< 10% de la superficie del terreno adyacente al puente	1
				Entre el 10% y el 30% de la superficie del terreno adyacente al puente	2
				Entre el 30% y el 60% de la superficie del terreno adyacente al puente	3
				> 60% de la superficie del terreno adyacente al puente	4
C	Maleza	1	Deforestación	< 10% de la superficie del terreno adyacente al puente	1
				Entre el 10% y el 30% de la superficie del terreno adyacente al puente	2
				Entre el 30% y el 60% de la superficie del terreno adyacente al puente	3
				> 60% de la superficie del terreno adyacente al puente	4

Tabla A2.26 Problemas de Vegetación.

**24 MAGNITUD DEL TRABAJO DE REPARACION.**

Es una estimación hecha por el inspector responsable de la evaluación del puente, del tiempo y trabajo que se emplearía para mantener la funcionalidad del puente, en base al daño que presenta el puente y la magnitud de éstos.

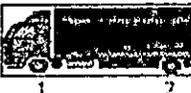
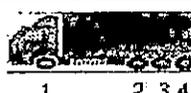
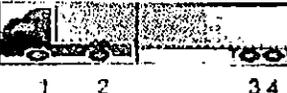
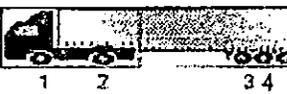
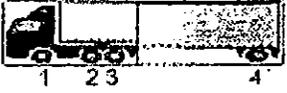
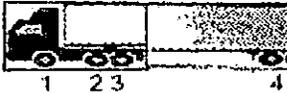
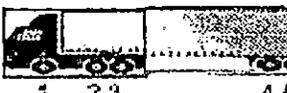
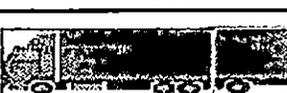
TIPO DE VEHICULO	ESQUEMA DEL VEHICULO	PESO MAXIMO AUTORIZADO						PESO TOTAL EN TON. MET.	UNIVERSO DE VEHICULOS PESADOS
		1er EJE	2do EJE	3ro EJE	4to EJE	5to EJE	6to EJE		
01	C-2 	4.50	9.00					13.50	22,228
02	C-3 	4.50	16.00				21.00	1,747	
			8.00	8.00					
03	C-4 	5.00	20.00				25.00	2	
			6.67	6.66	6.66				
04	T2-S1 	5.00	9.00	9.00			23.00	11	
05	T2-S2 	5.00	9.00	16.00			30.00	54	
				8.00	8.00				
06	T2-S3 	5.00	9.00	20.00			34.00	0	
				6.67	6.66	6.66			
07	T3-S1 	5.00	16.00		9.00		30.00	1	
			8.00	8.00					
08	T3-S2 	5.00	16.00		16.00		37.00	4,297	
			8.00	8.00	8.00	8.00			
09	T3-S3 	5.00	16.00		20.00			41	42
			8.00	8.00	6.67	6.66	6.66		
10	C2-R2 	4.50	9.00	4.0a	4.0a		21.50	0	
		4.50	9.00	4.0a	6.5b		24.00	0	
		4.50	9.00	6.5b	6.5b		26.50	0	
11	C3-R2 	5.00	16.00		4.0a	4.0a	29.00	0	
		5.00	8.00	8.00	4.0a	6.5b	31.50	1	
		5.00			6.5b	6.5b	34.00	0	
12	C3-R3 	5.00	16.00		4.0a	10.00c		35.00	0
		5.00	8.00	8.00	6.5b	5.00	5.00	37.50	6
<b>TOTAL DE VEHICULOS PESADOS PARA 10/1999 CON UN 2% CRECIMIENTO ANUAL</b>									<b>28,389</b>

Figura 3.6 Peso Nominal de Vehiculos

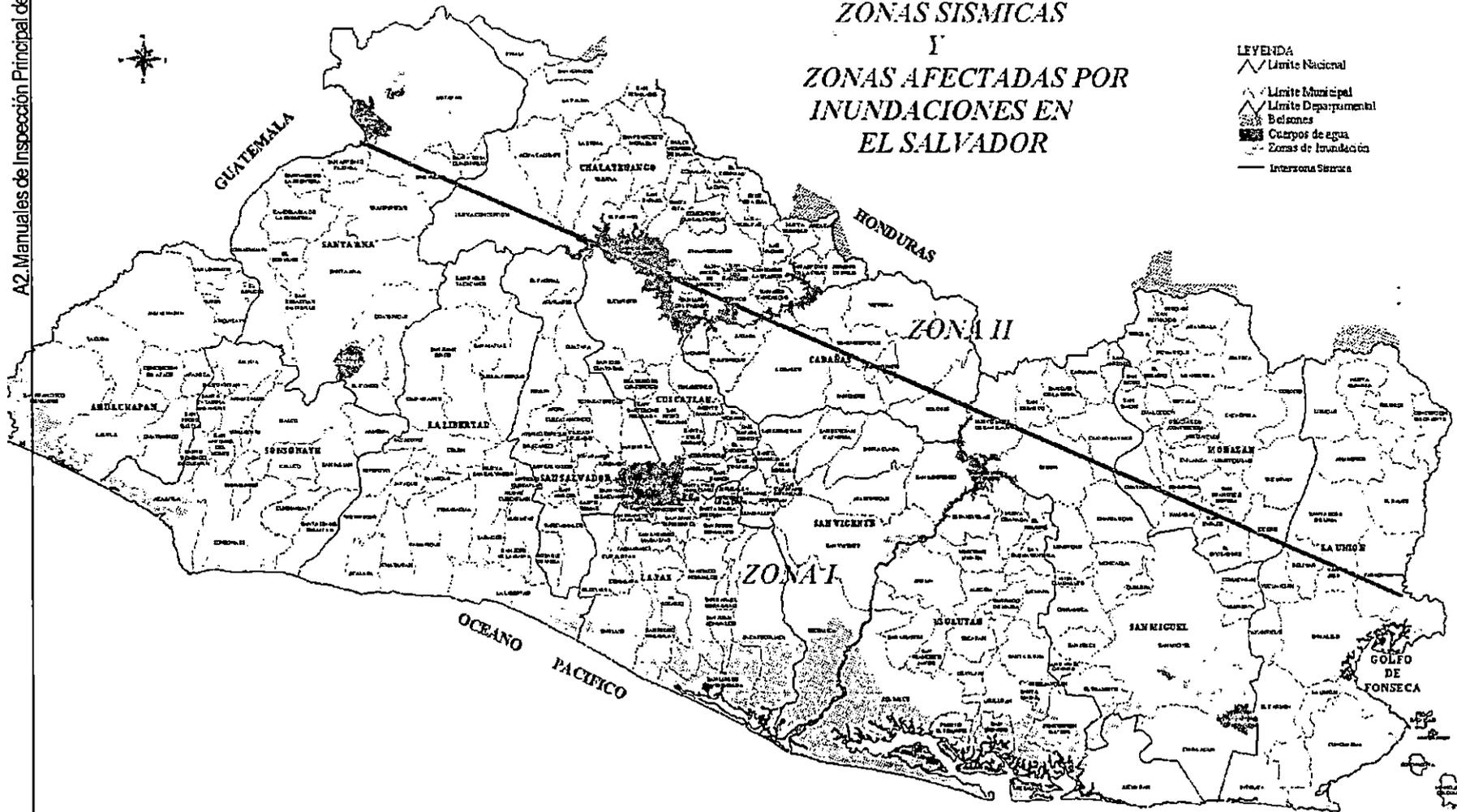
NOTA: El peso máximo permisible será especificado por el fabricante y el contenido en esta columna

- a: Eje sencillo llanta sencilla
- b: Eje sencillo llanta doble
- c: Eje Tandem



## ZONAS SISMICAS Y ZONAS AFECTADAS POR INUNDACIONES EN EL SALVADOR

- LEYENDA**
- Límite Nacional
  - Límite Municipal
  - Límite Departamental
  - Cuerpos de agua
  - Zonas de inundación
  - Interzona Sismica



DIRECCION GENERAL DE ECONOMIA AGROPECUARIA  
DIVISION DE INFORMACION GEOGRAFICA  
ENERO 2000

ESCALA 1:1.000.000  
10 0 10 20 30 Kilometers

FUENTE: Investigación de campo  
División de Estadísticas Agropecuarias

NOMBRE DEL PUENTE: \_\_\_\_\_

1. CAPA DE RODAMIENTO

TIPO		
PROBLEMA	1	
	2	
	3	
	4	
	5	
CONDICIÓN		

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

2. CALZADA

ANTES DEL PUENTE	Ancho		No de carriles		Condición	
EN EL PUENTE	Ancho		No de carriles		Condición	
DESPUES DEL PUENTE	Ancho		No de carriles		Condición	

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

3. JUNTAS DE EXPANSIÓN.

APOYO	E1	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	E2
TIPO									
PROBLEMA	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	5	5	5	5	5	5	5	5	5
CONDICIÓN									

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

4. APARATOS DE APOYOS

APOYO	E1	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	E2
TIPO									
PROBLEMA	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	7	7	7	7	7	7	7	7	7
CONDICIÓN									

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

INSPECTOR: \_\_\_\_\_ FECHA: / /

5. LONGITUDES DE APOYO

APOYO	E1		P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		E2
	DER.	IZQ.															
LONG. (mts)																	

OBSERVACIONES:

6. DISTANCIA VERTICAL LIBRE

CLARO	E1 - P1		P1 - P2		P2 - P3		P3 - P4		P4 - P5		P5 - P6		P6 - P7		P7 - E2	
BAJO EL PUENTE	ALT.															
SOBRE EL PUENTE	ALT.															
	COND.		COND.		COND.		COND.		COND.		COND.		COND.		COND.	

OBSERVACIONES:

7. SUPERESTRUCTURA

CLARO	E1 - P1			P1 - P2			P2 - P3			P3 - P4			P4 - P5			P5 - P6			P6 - P7			P7 - E2		
SIST. ESTRUCC.																								
COND. DE APOYO																								
ELEMENTO	LONGITUDINAL	DIAFRAGMA	TABLERO																					
TIPO																								
PROBLEMA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
CONDICIÓN																								

OBSERVACIONES:

INSPECTOR:

FECHA: / /

8. SUBESTRUCTURA

APÓVO	SIST. ESTRUC	TIPO	E1	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	E2					
			CAPITEL	MURO FRONTAL	PEDESTAL	MURO LATERAL	CAPITEL	FUSTE	PEDESTAL	CAPITEL	FUSTE	PEDESTAL	CAPITEL	MURO FRONTAL	PEDESTAL	MURO LATERAL
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
CON																

OBSERVACIONES:

INSPECTOR:

FECHA: / /

IPP

CODIGO

A2:Manuales de Inspección Primaria de Puentes (IIP)

9. FUNDACIONES									
PLAS Y ESTRIBOS SIST. ESTRUCTURAL	E1	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	E2
PROBLEMA	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	5	5	5	5	5	5	5	5	5
CONDICIÓN									

OBSERVACIONES:

10. ACCESOS		E1			E2		
ESTRIBO		RAMPA	RECUBRIMIENTO	TERRAPLEN	RAMPA	RECUBRIMIENTO	TERRAPLEN
PROBLEMA	TIPO						
	1	1	1	1	1	1	1
	2	2	2	2	2	2	2
	3	3	3	3	3	3	3
CONDICION	4	4		4	4		

OBSERVACIONES:

11. ACERAS Y BARANDAS		IZQUIERDA				DERECHA			
ACERA	TIPO	INTERIOR		EXTERIOR		INTERIOR		EXTERIOR	
	PROBLEMA	CONDICION	4				4		
1		1				1			
2		2				2			
3		3				3			
BARANDA	CONDICION	4				4			
	1	1				1			
	2	2				2			
	3	3				3			
PROBLEMA	CONDICION	4				4			
	4	4				4			
	5	5				5			
	6	6				6			
CONDICION	CONDICION	7				7			
	1	1				1			
	2	2				2			
	3	3				3			

OBSERVACIONES:

INSPECTOR:

FECHA: / /

## 12. HIDRAULICO

PILAS Y ESTRIBOS	E1		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	E2	
ELEMENTO	DRENAJE	PROTECCIONES	DRENAJE	PROTECCIONES							
TIPO											
PROBLEMA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
CONDICION											

OBSERVACIONES:

## 13. COMPLEMENTARIOS

ACCESORIO	ILUMINACION	SEÑALIZACION		DRENAJES	SEPARADORES
		VERTICAL	HORIZONTAL		
CONDICION					

OBSERVACIONES:

## 14. ZONA SISMICA

ZONA	I	II
COND.	2	1

## 15. ZONA DE INUNDACION

ZONA	ZI	ZNI

OBSERVACIONES:

## 16. CARGAS

CARGA DE DISEÑO	>=HS-20-40	1
	VALORES INTERMEDIOS	2
	<=H-15	3
SOBRECARGA		

OBSERVACIONES:

INSPECTOR:

FECHA: / /

17. RUTA ALTERNA

< 500 mts.	1
500 mts < L. Alterna < 2000 mts.	2
> 2000 mts	3

OBSERVACIONES:

18. CAUCE

CAUCE	AGUAS ARRIBA						AGUAS ABAJO						
	IZQUIERDO			DERECHO			IZQUIERDO			DERECHO			
	OBRAS DE PROTECCION	TALUDES	VEGETACION										
TIPO													
PROBLEMA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
CONDICIÓN													

OBSERVACIONES:

19. SOBRE CARGA REAL

CARGAS MAX. POCO INTENSAS	1
CARGAS MAXIMAS FRECUENTES	2
MAYORES QUE REGLAMENTARIAS	3

OBSERVACIONES:

20. MANTENIMIENTO

MANTENIMIENTO FRECUENTE	1
MANTENIMIENTO ESPORADICO	2
FALTA ABSOLUTA DE MANTENIMIENTO	3

OBSERVACIONES:

INSPECTOR:

FECHA: / /

## 21. SENSIBILIDAD REGIONAL

EL MEDIO AMBIENTE ES IDEAL	1
REQUIEREN ALGUNAS ACCIONES PARA PROTEGERLO DEL MEDIO AMBIENTE	2
REQUIEREN ACCIONES URGENTES PARA PROTEGERLO DEL MEDIO AMBIENTE	3

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## 22. ANTIGÜEDAD DEL PUENTE

ANTIGÜEDAD < 40 AÑOS	1
ANTIGÜEDAD > 40 AÑOS	2

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## 23. IMPORTANCIA FUNCIONAL

ZONA AGRICOLA O GANADERA	1	2	3
ZONA TURISTICA	1	2	3
IMPORTANCIA MILITAR	1	2	3
FUENTE DE MATERIALES	1	2	3
IMPORTANCIA ESTRATEGICA	1	2	3

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## 24. MAGNITUD DEL TRABAJO DE REPARACION

RUTINARIO	1
IMPORTANTE	2
EMERGENCIA	3

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

INSPECTOR: \_\_\_\_\_

FECHA: / /

# **A3**

## **INSPECCIÓN PRINCIPAL DE PUENTES A LOS EJEMPLOS DE APLICACIÓN**

NOMBRE DEL PUENTE: Paso Hermano Lejano

AÑO DE CONSTRUCCIÓN: 1998 CONSTRUCTOR: URBEC SA de CV PROPIETARIO: MOP  
 M = M.O.P. P = Particular

ZONA: Central OC = Occidental CE = Central OR = Oriente PC = Paracentral

DEPARTAMENTO: San Salvador MUNICIPIO: 14 (San Salvador)

AH SA SO LL CH SS CU CA SV LP US SM MO LU

RED: ES(ESPECIAL) ES PR SE TE RA RB TRAMO:     CARRETERA:

ESTACIONAMIENTO:   +   OBSTACULO TIPO: \_\_\_\_\_ NOMBRE: \_\_\_\_\_

TIPO DE PUENTE:

VICON <b>1</b>	VIPRE <b>2</b>	BOVEDA <b>3</b>	SUPER-SPAN <b>4</b>	CAJA <b>5</b>	ARCO <b>6</b>	CERCHA <b>7</b>	OTRO: _____ _____ _____
COLGANTE <b>8</b>	MADERA <b>9</b>	MIXTO <b>10</b>	LOSA <b>11</b>	VICAJON <b>12</b>	BAILEY <b>13</b>	OTRO <b>14</b>	

MATERIAL DE LA LOSA / TABLERO: CONCRETO  METAL  MADERA   
 MATERIAL DE LA CAPA DE RODADURA: CONCRETO  ASFALTO  MADERA  GRAVA

LONGITUD TOTAL DEL PUENTE: 235.56 mts. NÚMERO DE VANOS: 9

VANO No.	LONGITUD (mts)	TIPO
1	24.90	12
2	25.30	12
3	25.22	12
4	30.22	12

VANO No.	LONGITUD (mts)	TIPO
5	30.56	12
6	25.63	12
7	25.41	12
8	25.3 y 24.9	12

ANCHO TOTAL: 8.40 mts. ANCHO DE CALZADA: 7.90 mts. No. DE CARRILES: 2

ANCHO DE ACERA IZQUIERDA: \_\_\_\_\_ mts. ANCHO DE ACERA DERECHA: \_\_\_\_\_ mts.

LONG. DE ACERA IZQUIERDA: \_\_\_\_\_ mts. LONG. DE ACERA DERECHA: \_\_\_\_\_ mts.

	BARANDAS			
	IZQUIERDA		DERECHA	
	EXTERNA	INTERNA	EXTERNA	INTERNA
ALTURA (mts)	1.0		1.0	
LONGITUD	236		236	
MATERIAL	acero		acero	

PUENTE CURVO: SI  NO  DRENAJES: SI  NO  RUTA ALTERNA: SI  NO

ANGULO DE ESIVIAJE: 90

INFORMACIÓN DISPONIBLE DEL PUENTE

ESTRUCTURALES SI  NO  ESTUDIOS DE SUELOS SI  NO   
 CRECIDAS MÁXIMAS SI  NO  CONTROL DE PESOS DE VEHÍCULOS SI  NO   
 CONTEOS DE TRÁFICO SI  NO  ESQUEMAS Y FOTOGRAFÍAS EXISTENTES SI  NO

NOMBRE DEL PUENTE: Paso Hermano Lejano

1. CAPA DE RODAMIENTO

TIPO	B	
PROBLEMA	1	0
	2	0
	3	0
	4	0
	5	0
CONDICIÓN	0	

OBSERVACIONES:

2. CALZADA

ANTES DEL PUENTE	Ancho	8.5	No de carriles	2	Condición	1
EN EL PUENTE	Ancho	8.4	No de carriles	2	Condición	1
DESPUES DEL PUENTE	Ancho	8.5	No de carriles	2	Condición	1

OBSERVACIONES:

3. JUNTAS DE EXPANSIÓN.

APOYO	E1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		P9		E10	
TIPO	A		A		A		A		A		A		A		A		A		A	
PROBLEMA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1
	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1
	4	0	4	0	4	0	4	0	4	0	4	0	4	0	4	0	4	0	4	0
	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1
CONDICIÓN	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

OBSERVACIONES:

4. APARATOS DE APOYOS

APOYO	E1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		P9		E10	
TIPO	E		E		E		E		E		E		E		E		E		E	
PROBLEMA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1
	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1
	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1
	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0
	7	0	7	0	7	0	7	0	7	0	7	0	7	0	7	0	7	0	7	0
CONDICIÓN	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

OBSERVACIONES:

APOYO		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		P9		E10	
DER.	IZQ.	DER.	IZQ.	DER.	IZQ.	DER.	IZQ.	DER.	IZQ.	DER.	IZQ.	DER.	IZQ.	DER.	IZQ.	DER.	IZQ.	DER.	IZQ.
E1	0.85	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.85
LONG. (mts)																			

OBSERVACIONES:

6. DISTANCIA VERTICAL LIBRE

CLARO	E1-P2	P2-P3	P3-P4	P4-P5	P5-P6	P6-P7	P7-P8	P9-E10
BAJO EL PUENTE	ALT. 7.9	ALT. 9.6	ALT. 10.9	ALT. 10.10	ALT. 11.1	ALT. 11.4	ALT. 10.6	ALT. 7.1
\$OBRE EL PUENTE	ALT. COND. 1							

OBSERVACIONES:

7. SUPERESTRUCTURA

CLARO	E1-P2	P2-P3	P3-P4	P4-P5	P5-P6	P6-P7	P7-P8	P9-E10											
SIST. ESTRU.	8	8	8	8	8	8	8	8											
COND. DE APOYO	1	1	1	1	1	1	1	1											
ELEMENTO	LONGITUDINAL		DIAFRAGMA		TABLERO		LONGITUDINAL		DIAFRAGMA		TABLERO		LONGITUDINAL		DIAFRAGMA		TABLERO		
	D	B	D	B	D	B	D	B	D	B	D	B	D	B	D	B	D	B	
PROBLEMA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CONDICION	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

OBSERVACIONES: El claro P8-P9 se encontraba en las mismas condiciones que los tramos anteriores (no se observó algún problema significativo) por lo que no se anexó otra hoja de formato de la tabla 7, como lo sugiere el manual.



9. FUNDACIONES

PILAS Y ESTRIBOS	E1	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	E2
SIST. ESTRUCTURAL		C	C	C	C	C	C	C	
PROBLEMA	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	5	5	5	5	5	5	5	5	5
CONDICIÓN									0

OBSERVACIONES: No es posible observarlas, pero de los planos se sabe que son pilotes.

10. ACCESOS

ESTRIBO	E1						E2					
ELEMENTO	RAMPA		RECUBRIMIENTO		TERRAPLEN		RAMPA		RECUBRIMIENTO		TERRAPLEN	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
PROBLEMA	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
	3	0	3	0			3	0	3	0		
	4		4	0			4		4	0		
CONDICION	0		0		0		0		0		0	0

OBSERVACIONES:

11. ACERAS Y BARANDAS

ACERA	TIPO	IZQUIERDA				DERECHA				
	PROBLEMA		1				1			
		2				2				
		3				3				
		4				4				
CONDICION										
BARANDA	TIPO	INTERIOR		EXTERIOR		INTERIOR		EXTERIOR		
		-		C		-		C		
	PROBLEMA	1			1	0	1		1	0
		2			2	0	2		2	0
		3			3	0	3		3	0
		4			4		4		4	
		5			5		5		5	
		6			6		6		6	
7			7		7		7			
CONDICION			0				0		0	

OBSERVACIONES: No posee Aceras y tampoco barandas interiores.



## 17. RUTA ALTERNA

< 500 mts.	1
500 mts < L. Alterna < 2000 mts.	2
> 2000 mts	3

OBSERVACIONES:

## 18. CAUCE

CAUCE	AGUAS ARRIBA						AGUAS ABAJO						
	IZQUIERDO			DERECHO			IZQUIERDO			DERECHO			
	OBRAS DE PROTECCION	TALUDES	VEGETACION										
TIPO													
PROBLEMA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
CONDICIÓN													0

OBSERVACIONES: No existe río que ponga en peligro la Subestructura.

## 19. SOBRE CARGA REAL

CARGAS MAX. POCO INTENSAS	1
CARGAS MAXIMAS FRECUENTES	2
MAYORES QUE REGLAMENTARIAS	3

OBSERVACIONES:

## 20. MANTENIMIENTO

MANTENIMIENTO FRECUENTE	1
MANTENIMIENTO ESPORADICO	2
FALTA ABSOLUTA DE MANTENIMIENTO	3

OBSERVACIONES:

## 21. SENSIBILIDAD REGIONAL

EL MEDIO AMBIENTE ES IDEAL	1
REQUIEREN ALGUNAS ACCIONES PARA PROTEGERLO DEL MEDIO AMBIENTE	2
REQUIEREN ACCIONES URGENTES PARA PROTEGERLO DEL MEDIO AMBIENTE	3

OBSERVACIONES:

## 22. ANTIGÜEDAD DEL PUENTE

ANTIGÜEDAD < 40 AÑOS	1
ANTIGÜEDAD > 40 AÑOS	2

OBSERVACIONES:

## 23. IMPORTANCIA FUNCIONAL

ZONA AGRICOLA O GANADERA	1	2	3
ZONA TURISTICA	1	2	3
IMPORTANCIA MILITAR	1	2	3
FUENTE DE MATERIALES	1	2	3
IMPORTANCIA ESTRATEGICA	1	2	3

OBSERVACIONES:

## 24. MAGNITUD DEL TRABAJO DE REPARACION

RUTINARIO	1
IMPORTANTE	2
EMERGENCIA	3

OBSERVACIONES: