

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



**SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE PUENTES: ANÁLISIS
DE SISTEMA EXISTENTE Y PROPUESTA DE MEJORA**

PRESENTADO POR:

ANA YESENIA RECINOS GONZÁLEZ

CLAUDIA LISSETH RODRÍGUEZ ZELAYA

KESSIA EMERAUDE TURCIOS MOLINA

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

CIUDAD UNIVERSITARIA, MAYO 2019.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

MSC. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

SECRETARIO GENERAL:

MSC. CRISTOBAL HERNAN RIOS BENITEZ

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO:

ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

SECRETARIO:

ING. JULIO ALBERTO PORTILLO

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

DIRECTOR:

ING. JORGE OSWALDO RIVERA FLORES

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:

**SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE PUENTES:
ANÁLISIS DE SISTEMA EXISTENTE Y PROPUESTA DE
MEJORA**

Presentado por:

ANA YESENIA RECINOS GONZÁLEZ

CLAUDIA LISSETH RODRÍGUEZ ZELAYA

KESSIA EMERAUDE TURCIOS MOLINA

Trabajo de graduación aprobado por:

Docentes asesores:

ING. ADRY VIVINA FLORES ALVARADO

ING. MIGUEL ÁNGEL LEMUS HERNÁNDEZ

SAN SALVADOR, MAYO DE 2019

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Asesores:

ING. ADRY VIVINA FLORES ALVARADO

ING. MIGUEL ÁNGEL LEMUS HERNÁNDEZ

AGRADECIMIENTOS

Doy gracias y dedico este logro...

...Primeramente a Dios, por haberme permitido culminar mi carrera en Ingeniería Civil con el presente trabajo de graduación, por brindarme de su sabiduría cada vez que la necesitaba, por haberme permitido cambiar todo lo que podía cambiar y aceptar todo lo que no, dándome fuerzas para seguir adelante y avanzar con más ímpetu.

A mi familia que ha esperado con afán ver que lograra una meta que ellos no habían logrado obtener, especialmente a mis padres, quienes siempre buscaron la forma en que yo saliera adelante con mi carrera, ahora les digo “si se pudo”.

A todos mis amigos y amigas, que me apoyaron e insistieron en seguir adelante cuando yo creía que no podía más, por haberme brindado sus consejos y haberme hecho entender que no existen límites cuando se quiere lograr un objetivo.

A todos los profesionales que brindaron su apoyo a mis compañeras de tesis y mi persona para que lográramos culminar este trabajo, brindándonos su opinión y experiencia profesional.

Y a todas esas personas que de una u otra forma me hicieron crecer como persona, ética y moralmente...

...muchas gracias por su apoyo.

Ana Yesenia Recinos González.

AGRADECIMIENTOS

Dedico Este Logro:

A DIOS TODO PODEROSO: Por haberme dado entendimiento, discernimiento y sabiduría para alcanzar la meta deseada.

A MI ABUELA: Por brindarme sus sabios consejos y no dejarme perder la fe ante las situaciones adversas que se presentaron.

A MI MADRE: Quien con su amor, paciencia y esfuerzo me ha permitido alcanzar mi carrera profesional, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, para no temer las adversidades porque Dios y ella estarán siempre conmigo.

A MI PADRE: Quien me ha amado y apoyado incondicionalmente para alcanzar mis metas profesionales, y de quien aprendí que crecer no es tan fácil y hay que mantenerse firmes para salir adelante ante cualquier situación.

A MIS HERMANOS Y HERMANA: Por haber estado conmigo en todo momento y cuidar de mí, por brindarme consuelo y palabras de aliento cuando más lo necesite.

A MIS AMIGAS: Por brindarme su sincera amistad y por qué no faltaron ni una sola noche cuando las necesite, por apoyarme en mis tiempos de crisis, y brindarme las mejores experiencias durante mi vida estudiantil, las llevare en mi corazón hasta el último día de mi vida.

A MIS PROFESORES: Que con todos sus conocimientos y enseñanzas contribuyeron con mi formación profesional.

A MIS COMPAÑERAS DE TESIS: Por el trabajo y esfuerzo que cada una puso para la realización y finalización de este trabajo de graduación.

A TODOS LOS PROFESIONALES: Que de alguna manera contribuyeron para la elaboración de este trabajo de graduación.

Claudia Lisseth Rodríguez Zelaya.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco, primeramente, a Dios por darme sabiduría y entendimiento, por ser mi fortaleza y mi apoyo en todo momento, porque a pesar de los obstáculos y dificultades, me permitido cumplir con esta meta propuesta.

A mis padres, por darme la vida y haberme regalado la oportunidad de tener educación de calidad a lo largo de mi vida, por confiar y creer en esta meta, por sus consejos, valores y principios, por apoyarme siempre en lo que necesitara, por darme animo en los momentos difíciles y que pese a mis errores estar siempre para mí, los amo.

A mi hermana, gracias por ser mi compañera en tantas luchas, mi amiga y mi ejemplo a seguir como profesional de Ingeniería, gracias por el apoyo incondicional durante este proceso. A toda mi familia gracias por sus oraciones, consejos y palabras de aliento, hicieron de mí una mejor persona.

A mis amigos, por convertir esta experiencia en una de las mejores de mi vida, por compartir esos buenos y malos momentos, por acompañarme y apoyarme en el cumplimiento de esta meta, simplemente gracias a todos, son los mejores y aunque nuestros caminos se separen algún día sepan que siempre los llevare en mi corazón y a cada uno de los recuerdos que construimos a lo largo de este trayecto.

A los docentes, que nos aconsejaron e instruyeron a lo largo de toda la carrera, gracias por tratar de convertirnos en la mejor versión de profesionales que podíamos ser. A todos los profesionales que nos ayudaron en este trabajo de investigación, gracias por ser luz y guía, por contribuir con su conocimiento y experiencia, por apoyarnos y regalarnos tiempo en sus apretadas agendas.

Finalmente, y pero no menos importante, gracias a mis compañeras de tesis, por su esfuerzo paciencia y comprensión, en la culminación de este trabajo de investigación. Gracias por permitirme completar con ustedes esta meta, le deseo lo mejor como profesionales y muchos éxitos profesionales.

A todas y cada una de las personas involucradas en el desarrollo de este trabajo de investigación, que contribuyeron directa o indirectamente, gracias por creer, confiar y por su apoyo.

Kessia Emeraude Turcios Molina

ABREVIATURAS UTILIZADAS EN ESTE TRABAJO.

AASHO	American Association of State Highway Officials
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
AMSS	Área Metropolitana de San Salvador
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BIRM	Bridge Inspection Reference Manual
BrM	Bridge Management TM
BMS	Bridge Management Systems
CEN	Costo de estructura nueva
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CONAVI	Consejo Nacional de Vialidad
DACGER	Dirección de Adaptación al Cambio Climático y Gestión de Riesgo
DGCC	Dirección General de Conservación de Carreteras
DOS	Disk Operating System (Sistema Operativo de Disco)
DOT	Departamento de Transporte (Estados Unidos)
DPOP	Dirección de Planificación y Diseño de la Obra Pública
EE. UU.	Estados Unidos
FHWA	Federal Highway Administration
FOVIAL	Fondo de Conservación Vial
GIS	Sistema de Información Geográfico
GPS	Global Positioning System
IABMAS	International Association for Bridge Maintenance and Safety
IBP	Inventario Básico de Puentes
ICFES	El Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación
IECP	Inventario de Estado de Condición de Puentes
IP	Índice de Prioridad
ISTEA	Intermodal Surface Transportation Efficiency Act
ITYAC	Ingeniero Toscarelli y Asociados S.A:
JICA	Japan International Cooperation Agency
LanammeUCR	Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica
MALSA	Mauricio A. Lara y Asociados S. A.
MOP	Ministerio de Obras Públicas

SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE PUENTES: ANÁLISIS DE SISTEMA EXISTENTE Y PROPUESTA DE MEJORA.

MOPT	Ministerio de Obras Públicas y Transporte
MOPTVDU	Ministerio de Obras Públicas, Transporte, Vivienda, y Desarrollo Urbano
NAME	Nivel de Aguas Máximas Extraordinarias
NBIS	National Bridge Inspection Standards
NCHRP	National Cooperative Highway Research Program
NICET	Sociedad Nacional de Ingenieros Profesionales para la certificación nacional en tecnologías de ingeniería
OMS	Organización Mundial de la Salud
OPS	Organización Panamericana de la Salud
OF	Obsolescencia funcional
PFE	Propensión a la Falla Estructural
Ph.D	Philosophiæ Doctor (Doctor en Filosofía)
PIARC/AIPRC	Permanent International Association of Road Congresses
SAEP	Sistema de Administración y Evaluación de Puentes
SAP	Sistema de Administración de Puentes
SAOPIV	Subdirección de Administración de Obras de Paso y de Inventarios Viales
SCT	Secretaría de Comunicaciones y Transporte
s.f.	Sin fecha
SGP	Sistemas de Gestión de Puentes
SIEP	Sistema de Inventario y Evaluación de Puentes
SIPUCOL	Sistema de Administración de Puentes de Colombia
SIPUMEX	Sistema de Administración de Puentes de México
TI/CONAVI	Tecnologías de Información/ Consejo Nacional de Vialidad
TPDA	Tráfico Promedio Diario Anual
UPV	Unidad de Planificación Vial
VAE	Vulnerabilidad a los Agentes Externos
WRA	World Road Association

INDICE DE CONTENIDO

Introducción.....	i
1. CAPITULO I: GENERALIDADES.....	2
1.1. ANTECEDENTES Y RESEÑA HISTORICA.....	2
1.1.1. Historia del desarrollo de los sistemas de administración de puentes en algunos países de América	3
1.1.2. Historia de la Administración de Puentes en El Salvador	12
1.1.3. Daños en puentes en El Salvador.....	21
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	36
1.3. OBJETIVOS	39
1.3.1. Objetivo General	39
1.3.2. Objetivos Específicos	39
1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES.....	40
1.4.1. Alcances	40
1.4.2. Limitaciones	41
1.5. JUSTIFICACIÓN	42
2. CAPITULO II: SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE PUENTES DE EL SALVADOR.....	44
2.1. COMPONENTES DE UN SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN PARA PUENTES.....	45
2.2. SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE PUENTES DE EL SALVADOR, MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS (MOP).....	47
2.2.1. COMPONENTES DEL SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE PUENTES DE EL SALVADOR, MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS (MOP).....	48
2.2.1.1. ACTIVIDADES DE INSPECCIÓN VISUAL	55

2.2.1.1.1.	Planificación de inspecciones.....	58
2.2.1.1.2.	Requerimientos para un inspector de puentes	60
2.2.1.1.3.	Seguridad durante la inspección.....	63
2.2.1.1.4.	Equipos y herramientas necesarios para la inspección.....	65
2.2.1.1.5.	Informes	75
2.2.1.2.	ACTIVIDADES DE INVENTARIO DE PUENTES.....	79
2.2.1.2.1.	Inventario de puentes, base de datos de año 2017.....	86
2.2.1.3.	ACTIVIDADES DE EVALUACIÓN.....	86
2.2.1.3.1.	Evaluación de puentes mediante el sistema informático SAP	90
2.2.1.3.2.	Uso de la lógica difusa en la obtención del IP para los puentes y obras de paso.....	93
2.2.1.4.	ACTIVIDADES DE EJECUCIÓN	101
3.	CAPITULO III: PROPUESTAS DE MEJORA PARA REGISTRO Y EVALUACIÓN DE DAÑOS EN PUENTES DE EL SALVADOR.....	104
3.1.	PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA EVALUAR ESTADO DE PUENTES CON BASE A DAÑOS EXISTENTES.....	107
3.1.1.	Clasificación de elementos de un puente por categoría.....	110
3.1.2.	Evaluación de daños en los elementos de un puente.....	112
3.1.3.	Uso de metodología del Sistema GP para la evaluación general del puente.	117
3.1.4.	Factor de prioridad de mantenimiento.....	120
3.1.5.	Factor de costo de reparación o mantenimiento.	120
3.2.	PROPUESTA DE MEJORA PARA FORMULARIO INVENTARIO DE ESTADO DE CONDICIÓN DE PUENTES (IECP).....	121
3.3.	PROPUESTA DE MEJORA PARA FORMULARIO INVENTARIO BÁSICO DE	

PUENTES (IBP).....	124
3.3.1. Formulario: Inventario Básico de puentes -1 (IBP-1).	127
3.3.2. Formulario: Inventario Básico de puentes -2 (IBP-2).	131
3.3.3. Formulario: Inventario Básico de puentes -3 (IBP-3).	134
3.1.1. Formulario: Inventario Básico de puentes -4 (IBP-4).....	134
3.4. PROPUESTA: GUÍA DE INSPECCIÓN VISUAL EN PUENTES.....	137
3.4.1. Estructuración de “Guía de inspección visual en puentes”	138
4. CAPITULO IV: APLICACIÓN DE PROPUESTAS DE MEJORA PARA REGISTRO Y EVALUACIÓN DE DAÑOS EN PUENTES DE EL SALVADOR.....	143
4.1. APLICACIÓN DE FORMULARIOS (IBP E IECP) Y GUÍA DE INSPECCIÓN VISUAL EN PUENTES PROPUESTOS, PARA INVENTARIO BÁSICO DE PUENTES E INVENTARIO DE ESTADO DE CONDICIÓN DEL PUENTE.....	146
4.1.1. Actividades para la visita de campo.....	148
4.1.2. Actividad de registro de datos de inspección.....	158
4.2. RESULTADOS DE LA INFORMACIÓN RECOLECTADA PARA LOS TRES PUENTES ESCOGIDOS DURANTE LA INSPECCIÓN A PARTIR DE LOS FORMULARIOS PROPUESTOS.....	158
4.2.1. Puente Rio Grande.....	158
4.2.2. Puente El Obraje.....	164
4.2.3. Puente Santa Bárbara.....	167
4.3. OBTENCIÓN DE CALIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA APLICANDO PROPUESTA DE MEJORA PARA EVALUACIÓN DE DAÑOS EN PUENTES.....	169
4.3.1. Evaluación de estado de condición de la estructura puente El Obraje.....	171
4.4. RESULTADOS DE CALIFICACIONES.....	181

4.4.1. Puente Rio Grande.....	181
4.4.2. Puente El Obraje.....	184
4.4.3. Puente Santa Bárbara.....	186
4.5. EJEMPLO DE APLICACIÓN DE COSTOS PARA PUENTE EL OBRAJE.....	189
5. CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	198
5.1. CONCLUSIONES.....	199
5.2. RECOMENDACIONES.....	205
6. BIBLIOGRAFÍA.....	208
7. GLOSARIO.....	216
8. ANEXOS.....	222
8.3. ANEXO A-1: MANUALES DE LLENADO Y CATALOGO DE DAÑOS EXISTENTES DEL MOP.....	223
8.4. ANEXO A-2: DATOS ESTADÍSTICOS GENERALES DE PUENTES EXISTENTES EN LA BASE DE DATOS DEL MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS EN EL AÑO 2017.....	398
8.5. ANEXO A-3: ÁRBOL JERAQUICO DEL SAP	412
8.6. ANEXO A-4: EJEMPLO DE CÁLCULO DEL SISTEMA SAP ACTUAL.....	414
8.7. ANEXO A-5: PROPUESTA DE MEJORA GUIA DE INSPECCIÓN DE PUENTES	433
8.8. ANEXO A-6: ENCUESTA.....	528
8.9. ANEXO A-7: ÁRBOL JERARQUICO PROPUESTO.....	537
ANEXO A-8: FORMULARIOS DE INSPECCIÓN EXISTENTES.....	539
8.10. ANEXO A-9: FORMULARIO DE INSPECCIÓN PROPUESTOS.....	596
8.10. ANEXO A-10: EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONDICIÓN DE PUENTES Y ESTIMACIÓN DE COSTOS (APLICACIÓN DE PROPUESTA).....	625

INDICE DE IMÁGENES

Imagen 1.1.	Años en que aparecen las primeras versiones de sistemas de administración de puentes según IABMAS.....	4
Imagen 1.2.	Puente de Oro derribado por la guerrilla en 1981, El Salvador.....	13
Imagen 1.3.	Puente Cuscatlán derribado en 1984, durante conflicto armado.....	13
Imagen 1.4.	Línea de tiempo para el desarrollo e implementación del SAP en El Salvador.....	21
Imagen 1.5.	Puente de tipo Bailey sobre el río Lempa, colapsado por lluvias. Ubicado sobre carretera Panamericana (puente “Cuscatlán”).....	22
Imagen 1.6.	El Salvador, Eventos de lluvia extrema, 1962 – 2011.....	23
Imagen 1.7.	Puente Ateos colapsado debido a depresión tropical DOCE-E en 2011.....	24
Imagen 1.8.	El puente Arce sobre el río Paz, en frontera con Guatemala, fue socavado debido a intensidad de tormenta	24
Imagen 1.9.	Tipos de daños que ocurren en puentes durante eventos lluviosos extraordinarios.....	26
Imagen 1.10.	Puente San Antonio, sobre el km 34 de la carretera El Litoral, dañado en su totalidad debido al impacto de dos árboles sobre este.....	27
Imagen 1.11.	Colapso de puente Titihuapa debido a obstrucción en el paso del cauce del río	27
Imagen 1.12.	Puente El Jobo (2018), frontera "Las Chinamas" (El Salvador-Guatemala)	29
Imagen 1.13.	Ubicación geográfica de puente El Jobo, en frontera "Las Chinamas" (El Salvador-Guatemala).....	29

Imagen 1.14.	Deterioro de vigas metálicas.....	30
Imagen 1.15.	Deterioro de las placas de Unión	30
Imagen 1.16.	Vistas de los deterioro de los elementos de transición de carga a la pila central.....	30
Imagen 1.17.	Puente Melara.....	31
Imagen 1.18.	Ubicación geográfica del Puente Melara, Departamento de La Libertad, El Salvador.....	31
Imagen 1.26.	Colapso de Puente Melara, Departamento de La Libertad, El Salvador, Noviembre de 2009	32
Imagen 1.27.	Puente Melara, Departamento de La Libertad, El Salvador, 2008.....	32
Imagen 1.28.	Puente San Antonio (Departamento La Libertad, El Salvador, 2014).....	33
Imagen 1.29.	Ubicación geográfica del Puente San Antonio, Departamento de La Libertad, El Salvador.....	33
Imagen 1.30.	Colapso de Puente San Antonio, Departamento de La Libertad, El Salvador, Noviembre de 2009.....	34
Imagen 1.30.	Colapso de Puente San Antonio, Departamento de La Libertad, El Salvador, Noviembre de 2009.....	34
Imagen 1.21.	Puente Motochico colapsado por lluvias (El Paraíso - El Dorado, 2017).....	35
Imagen 1.22.	Ubicación geográfica del Puente Motochico, Departamento de Chalatenango, El Salvador.....	35
Imagen 1.23.	Colapso de Puente Motochico, Departamento de Chalatenango, El Salvador, Junio 2017	36
Imagen 2.1.	Organigrama jerárquico de las instituciones que intervienen en el Sistema de Administración de Puentes de El Salvador.....	49
Imagen 2.2.	Interacción de las instituciones durante la realización las actividades que les corresponde dentro del Sistema de administración de Puentes de El Salvador.....	50

Imagen 2.3.	Actividades del Sistema de administración de Puentes de El Salvador.....	51
Imagen 2.4.	Actividades del Sistema de administración de Puentes de El Salvador	52
Imagen 2.5.	Actividades del Sistema de administración de Puentes de El Salvador	53
Imagen 2.6.	Actividades del Sistema de administración de Puentes de El Salvador	54
Imagen 2.7	Recomendaciones para la planificación de actividades de Inspección.....	59
Imagen 2.8	Portada del manual para el inventario de puente del MOP.....	72
Imagen 2.9	Portada del Manual para la evaluación del estado de condición de Puentes. MOP.....	73
Imagen 2.10	Portada del Manual para la evaluación del estado de condición de Puentes. Catálogo de Daños. MOP.....	74
Imagen 2.11.	Pantalla de ingreso a la plataforma virtual del SAP-WEB del MOP.....	78
Imagen 2.12.	Resultado de base de datos en formato de hoja de cálculo de Excel.....	79
Imagen 2.13.	Listado de Resultado Final de la Evaluación de Puentes.....	89
Imagen 2.14.	Procedimiento para determinación de estado de un puente que actualmente utiliza el Ministerio de Obras Publicas MOP	90
Imagen 2.15.	Ejemplo de Número Difuso.....	96
Imagen 2.16.	Valores (Difusos) que podría adoptar los elementos de un puente.....	97
Imagen 2.17.	A - Números exactos en cuadro típico para gráfico de números difusos, B - Números difusos en cuadro típico para gráfico de números borrosos.....	99

Imagen 2.18.	Promedio ponderado borroso (números y pesos borrosos)..... 100	
Imagen 3.1.	Rangos de agrupación para evaluación de condición de daños.....	116
Imagen 3.2.	Propuesta de mejora para formulario IECP (Registro de daños en estructura).....	122
Imagen 3.3.	División para clasificación de puentes según tipo estructural propuesta en formulario de IBP.....	127
Imagen 3.4.	Propuesta de formulario de Inventario Básico de Puente 1 (IBP-1), división de 3 secciones para su formulación.....	129
Imagen 3.5.	Propuesta de formulario de Inventario Básico de Puente 2 (IBP-2), división de 3 secciones para su formulación.....	132
Imagen 3.6.	Propuesta de formulario de Inventario Básico de Puente 3 (IBP-3).....	134
Imagen 3.7.	Propuesta para formulario de Inventario Básico de Puentes 4 (IBP-4).....	135
Imagen 4.1.	Calificaciones de puentes según Sistema GP.....	145
Imagen 4.2.	Apreciación errónea del daño presente en el puente por parte del inspector.....	147
Imagen 4.3.	Daño de recubrimiento saltado y Corrosión del acero en Concreto.....	147
Imagen 4.4.	Diagrama de recorrido de inspección de elementos de puentes subestructura.....	149
Imagen 4.5.	Diagrama de proceso de inspección de puentes para recolección de datos para formulario de IECP	150
Imagen 4.6.	Diagrama de proceso de inspección de puentes para recolección de datos para formulario de IECP.....	151

Imagen 4.7.	Identificación de algunos elementos para un puente según manual de inspecciones de puentes propuesto.....	153
Imagen 4.8.	Parte de formulario de IBP lleno con datos de inspección.....	153
Imagen 4.9.	Explicación y detalle de forma de recolección de datos de inspección de puentes con formulario de IBP en manual propuesto.....	154
Imagen 4.10.	Detalle de explicación en el manual actual del MOP para IBP, para toma de datos durante la inspección de puentes.....	154
Imagen 4.11.	a- acceso, b- sección longitudinal y c- sección transversal de puente Rio grande.....	155
Imagen 4.12.	a- acceso, b- sección longitudinal y c- sección transversal de puente El obraje.....	155
Imagen 4.13.	a- acceso, b- sección transversal externa y c- sección transversal interna de puente Santa Bárbara.....	155
Imagen 4.14.	Elementos en orden jerárquico de importancia según clasificación del MOP según tipo de puente (esquemas tomados de manual propuesto para inspecciones de puentes). A: Puente de tipo Súper span, B: Puente de vigas con tramos isostáticos.....	156
Imagen 4.15.	Formulario IECP: Demostración existencia del elemento.....	157
Imagen: 4.16.	a- Descripción general del puente, b- Ubicación geográfica de puente Rio Grande, sobre el departamento de La Libertad.....	159
Imagen 4.17.	A- Puente Rio grande con tramos de vigas de concreto y pilas de mampostería, B- Apoyos de chapa de caro existente.....	160
Imagen 4.18.	Elementos faltantes en barandales de puente.....	161
Imagen 4.19.	Destrucción de barandales de puente.....	161
Imagen 4.20.	Asentamiento de vigas longitudinales en pilas y apoyos destruidos.....	162
Imagen 4.21.	Presencia de humedad y eflorescencias en la losa.....	162

Imagen 4.22.	Colmenas en vigas longitudinales.....	162
Imagen 4.23.	Grieta en viga de apoyo en pila.....	162
Imagen 4.24.	Fisuras y desprendimiento de concreto en vigas transversales....	162
Imagen 4.25.	Desprendimiento de concreto , concreto manchado y corrosión de acero de refuerzo en vigas longitudinales.....	162
Imagen 4.26.	Presencia de socavación en fundación de pila y desprendimiento de material de zapata.....	163
Imagen 4.27.	Deformación del elemento de junta.....	164
Imagen 4.28.	Obstrucción en juntas por sobre capas de asfalto.....	164
Imagen 4.29.	a- Características generales del puente El Obraje, b- ubicación del puente.....	165
Imagen 4.30.	Baches, suciedad y crecimiento de vegetación en la capa de rodadura.....	166
Imagen 4.31.	Socavación en la fundación en muros interiores y aletones.....	167
Imagen 4.32.	Socavación en la fundación en muros interiores y aletones.....	167
Imagen 4.33.	a- Características generales del puente Santa Bárbara, b- Ubicación geográfica del puente.....	168
Imagen 4.34.	Abolladura en arco metálico.....	169
Imagen 4.35.	Rangos de agrupacion para evaluacion de condicion de daños....	173
Imagen 4.36.	Superposición de resultados en gráfico de rangos de agrupación de evaluación de mantenimientos.....	182
Imagen 4.37.	Código de color para mantenimientos en gráfico de rangos de agrupación de evaluación de mantenimientos.....	183
Imagen 4.38.	Compatibilidad de resultado de triangulo asimetrico difuso con los triangulos difusos de rangos de mantenimientos.....	183

Imagen 4.39.	Superposición de resultados en gráfico de rangos de agrupación de evaluación de mantenimientos.....	185
Imagen 4.40.	Código de color para mantenimientos en gráfico de rangos de agrupación de evaluación de mantenimientos.....	185
Imagen 4.41.	Compatibilidad de resultado de triangulo asimetrico difuso con los triangulos difusos de rangos de mantenimientos.....	186
Imagen 4.42.	Superposición de resultados en gráfico de rangos de agrupación de evaluación de mantenimientos.....	187
Imagen 4.43.	Código de color para mantenimientos en grafico de rangos de agrupacion de evaluacion de mantenimientos.....	187
Imagen 4.44.	Compatibilidad de resultado de triangulo asimetrico difuso con los triangulos difusos de rangos de mantenimientos.....	188
Imagen 5.1	Recomendación de presentación de calificaciones de condición de puentes.....	207

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1.	Mayores avances en el sistema de gestión de puentes de Estados Unidos.....	10
Tabla 1.2.	Mayores avances en el sistema de gestión de puentes de México.....	11
Tabla 1.3.	Mayores avances en el sistema de gestión de puentes de Costa Rica.....	11
Tabla 1.4.	Mayores avances en el sistema de gestión de puentes de Colombia.....	11
Tabla 1.5.	Puentes colapsados a causa de la tormenta tropical DOCE-E en 2011.....	24
Tabla 1.6.	Puentes dañados a causa de la tormenta tropical DOCE-E en 2011.....	25
Tabla 1.7.	Obras de paso menores entre colapsadas y dañadas a causa de la tormenta tropical DOCE-E en 2011	25
Tabla 2.1	Instituciones que intervienen directamente en el Sistema de Administración de Puentes en El Salvador.....	48
Tabla 2.2	Tipos de inspecciones.....	56
Tabla 2.3	Requerimientos básicos para el personal de inspección de puentes.....	61
Tabla 2.4	Consideraciones de seguridad para la realización de inspecciones de puentes.....	64
Tabla 2.5	Requisitos de FOVIAL con respecto al equipo de inspección de puentes en comparación con el Bridge Inspector’s Reference Manual BIRM (Manual de Referencia del Inspector de Puente)	66
Tabla 2.6:	Calificaciones asignadas en Microsoft Excel para estados de condición de elementos en la base de datos de puentes correspondiente al año 2017 como resultado de la descarga desde SAP-WEB.....	82

Tabla 2.7	Comparación de documentos requeridos para historial en puentes	83
Tabla 2.8	Datos mínimos necesarios que debe poseer una base de datos para el Sistema de Administración de Puentes.....	85
Tabla 2.9	Valor preferido y sustento para los términos calificativos de condición.....	97
Tabla 3. 1	Elementos el puente.....	109
Tabla 4.1	Puentes que pertenecen a la base de datos obtenida directamente de las inspecciones visuales realizadas por FOVIAL.....	145
Tabla 4.2	Muestra de puentes para realización de pruebas e inspecciones....	146
Tabla 4.3	Elementos establecidos por MOP de acuerdo con su función en la estructura.....	156
Tabla 4.4	Valores de severidad y consecuencia del daño para cálculo.....	170
Tabla 4.5 a.	Rangos de comparación para variable cualitativa de estado del elemento: Elementos estructurales.....	170
Tabla 4.5 b.	Rangos de comparación para variable cualitativa de estado del elemento: Elementos Funcionales.....	170
Tabla 4.6	Ejemplo de cálculo para evaluación de daño en elementos Estructurales.....	172
Tabla 4.7 a :	Ejemplo de variables calificadas.....	174
Tabla 4.7 b:	Ejemplo de Importancia de variables calificadas.....	174
Tabla 4.8	Resultados de evaluación de daños.....	175
Tabla 4.9	Valores requeridos para realizar el promedio ponderado difuso de la categoría superestructura.....	175
Tabla 4.10	Calculo de valor preferido del promedio ponderado para superestructura.....	176
Tabla 4.11 a.	Valores para combinar de importancias máximas y mínimas.....	176
Tabla 4.11 b.	Valores máximos y mínimos del valor preferido de las variables....	176
Tabla 4.12	Combinaciones de valores máximos y mínimos de la importancia de la Variable.....	177

Tabla 4.13 a:	Resultado de valor Mínimo del Mínimo.....	177
Tabla 4.13 b:	Resultado de valor Máximo del Máximo	177
Tabla 4.14.	Resultado de número triangula difuso asimétrico para súper estructura.....	178
Tabla 4.15	Valores requeridos para realizar el promedio ponderado difuso de la categoría elementos estructurales.....	178
Tabla 4.16	Calculo de valor preferido del promedio ponderado para los elementos estructurales.....	179
Tabla 4.17	Valores máximos y mínimos de la importancia de la variable.....	179
Tabla 4.18.	Resultado de número triangular difuso asimétrico para elementos estructurales.....	179
Tabla 4.19	Valores requeridos para realizar el promedio ponderado difuso de la categoría estructura.....	180
Tabla 4.20	Calculo de valor preferido del promedio ponderado para estructura.....	180
Tabla 4.21	Valores máximos y mínimos de la importancia de la variable.....	180
Tabla 4.22.	Resultado de número triangular difuso asimétrico para estructura.....	180
Tabla 4.23	Resultados de calificaciones para puente RIO GRANDE.....	182
Tabla 4.24	Resultados de calificaciones para puente EL OBRAJE.....	184
Tabla 4.25	Resultados de calificaciones para puente SANTA BARBARA.....	187
Tabla 5.1	Resultados de sistema SAP versus resultados de metodología propuesta para puentes evaluados.....	204

INTRODUCCIÓN.

La necesidad de un Sistema de Administración de Puentes (SAP), que mejor se adapte al estado real de la Infraestructura Vial Nacional es indiscutible. Actualmente, los puentes que existen en la red vial nacional requieren de un constante control del estado mismo que presenta, esto, para preservar la inversión de las estructuras existentes y proveer niveles continuos de seguridad y comodidad a los usuarios de la vía.

El presente trabajo de investigación, surge de la necesidad del Ministerio de Obras Publicas de poder optimizar los procedimientos actuales de evaluación de estado de condición de los puentes que existen en el país, con el fin de garantizar la conservación de estos a través del tiempo. En la red de carreteras nacional, circula transporte pesado con cargas mayores a las de diseño que poseen algunos puentes debido a su antigüedad y que todavía se encuentran en servicio; lo cual ocasiona que los materiales de los elementos estructurales de los puentes se deterioren más rápido y en el peor de los casos que las funciones estructurales del puente se vean afectadas. Por lo que se la supervisión y el mantenimiento constante son vitales para la conservación de los puentes del país.

El objeto general de esta investigación es la de proporcionar al MOP aquellos parámetros que permitan realizar una mejor administración de los puentes en El Salvador a nivel de mantenimiento rutinario y preventivo, a través de las actividades de inspección que se realizan periódicamente en cada puente de la red vial nacional.

El trabajo de investigación, consta de cinco capítulos, los cuales se describen a continuación:

El Capítulo I expone las generalidades del documento, en el que se presenta inicialmente los Sistemas de Administración de Puentes que funcionan en los países de Estados Unidos, México, Costa Rica, y Colombia, de forma general, y luego se enfoca en el desarrollo del Sistema de Administración de Puentes a través del tiempo en El Salvador.

En el Capítulo II se realizó un análisis exhaustivo de cada una de las partes que componen el actual Sistema de Administración de Puentes utilizado por el Ministerio de Obras Publicas de El Salvador, para poder determinar la factibilidad de uso del sistema que se implementa hasta la fecha, así como detectar situaciones

en las que se requiera actualizar o mejorar los recursos que se utilizan para la administración.

En el Capítulo III, se definen las propuestas de mejoras, las cuales surgen a partir del análisis que se realizó en el desarrollo del capítulo II, con el fin de proporcionar condiciones de evaluación del estado de condición de los puentes que permitan mejores resultados para la toma de decisiones. Estas propuestas corresponden a actualización de formularios manuales y catálogo de daños, las cuales son instrumentos de suma importancia para la captación de la información de los puentes, así como también se incluye la metodología de evaluación para obtener la calificación de la variable Estructura de los puentes.

En el Capítulo IV, se describen la aplicación en la realidad de cada una de las propuestas de mejoras que se presentaron en el capítulo III, así como el análisis de resultados correspondiente que permite determinar la factibilidad del método, y de cada una de las propuestas descritas anteriormente.

En el Capítulo V se plantean las Conclusiones y Recomendaciones pertenecientes al desarrollo del trabajo de investigación.

Finalmente, se presentan los anexos correspondientes los cuales son totalmente necesarios para poder comprender el desarrollo de la investigación, por lo que se recomienda hacer uso de ellos cada vez que el contenido lo precise. Estos anexos incluyen tanto la documentación actual que posee el Ministerio de Obras Públicas actualmente como el resultado de las propuestas de mejora que se plantearon en el desarrollo del capítulo III, además de otros documentos complementarios a la lectura misma.

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1. GENERALIDADES.

1.1. ANTECEDENTES Y RESEÑA HISTÓRICA.

Una infraestructura vial adecuada es fundamental para el desarrollo socio económico de un país, dentro del cual, los puentes juegan un papel especial e importante, porque estos ayudan a cruzar obstáculos de una manera más fácil y directa. Según el informe: Nuevos métodos de reparación y rehabilitación de puentes de carretera (AIPCR/PIARC, 2015), *“En una amplia parte del mundo, una gran cantidad de puentes han sido construidos hace aproximadamente 50 años. Una buena cantidad de los mismos se encuentran en malas condiciones”*.¹

Muchos de los puentes a nivel mundial, soportan cargas mayores a las que fueron diseñados, por lo cual se considera que no cumplen con los estándares de capacidad de carga para un puente en la actualidad, esto es debido a que muchas vías con el paso del tiempo se han vuelto muy transitadas, por ejemplo, *“Hay más de 550,000 puentes carreteros en los Estados Unidos, la mayoría de estos fueron construidos antes del año 1935, y aproximadamente un 40% de estos se consideran estructuralmente deficientes o funcionalmente obsoletos”* (EU-Project Rehabcon, ANNEX A , 2004, pág. 3)²; dato estadístico que en El Salvador se desconoce debido a la falta de registro de los puentes existentes.

La antigüedad de los puentes, la sobrecarga, la falta de herramientas para la gestión de puentes, la falta de organización de algunas entidades gubernamentales, entre otros, generan que algunos puentes lleguen a estados críticos con respecto a su estabilidad estructural, originando altos niveles de incertidumbre en la seguridad del tránsito asociados a diversos riesgos que van en aumento. Es por ello que países como los Estados Unidos, Dinamarca, Colombia, entre otros, han hecho y continúan haciendo grandes esfuerzos para mejorar su vialidad básica.

A pesar de los progresos obtenidos en la gestión de puentes, en cuanto al desarrollo y mejora de la disponibilidad de infraestructura de estos a nivel mundial durante los últimos años, su conservación exige la intervención de instituciones, organización,

¹ Nuevos métodos de reparación y rehabilitación de puentes de carretera del año 2015 [Asociación Mundial de la Carretera AIPCR/PIARC]

² EU-Project Rehabcon, ANNEX A, 2004, pág. 3 [Rehabcon - Strategy for maintenance and rehabilitation in concrete structures]

financiamiento y herramientas técnicas adecuadas para llevarla a cabo en forma eficiente, aspectos sobre los cuales resulta necesaria aún una mayor focalización.

En Estados Unidos, el National Cooperative Highway Research Program (NCHRP) a principio de los años 70's, detectó la necesidad de disponer de técnicas efectivas para una adecuada "Administración de los Puentes" a fin de resolver este problema, asignando correctamente los escasos recursos disponibles. Con ese propósito se desarrollaron, en los Departamentos de Transporte de diversos Estados, los denominados Bridge Management Systems (BMS), que puede traducirse como Sistemas de Gestión de Puentes (SGP).

"Específicamente un Sistemas de Gestión de Puentes (SAP), es una serie de funciones de ingeniería y gerencia, que brinda una aproximación racional hacia la organización y concreción de actividades relativas a la planificación, diseño, construcción, mantenimiento, rehabilitación y reemplazo de puentes.

Una herramienta de este tipo es vital para el funcionamiento de la infraestructura del transporte, ya que provee información sobre las acciones necesarias para implementar un programa de manejo de puentes. Un SAP ayudará a los responsables de la toma de decisiones, para seleccionar la alternativa de óptimo costo y eficiencia destinada a lograr los niveles de servicio deseados respetando los fondos disponibles, y para identificar los requerimientos de fondos que serán necesarios en el futuro." Consorcio MALSA-ITYAC (2007). ESTUDIO: ACTUALIZACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE PUENTES, Informe Inicial (pág. 24).

1.1.1. Historia del desarrollo de los Sistemas de Administración de Puentes en algunos países de América.

Según The IABMAS Bridge Management Committe, en su Overview of Existing Bridge Management Systems (Visión general de los sistemas de gestión de puentes existentes) del año 2014, los propietarios de un Sistema de Gestión de Puentes (SGP) en general, puede ser un país, una provincia o estado y una municipalidad, también, según esta asociación internacional de puentes los Sistemas de gestión de puentes como tal, empezaron en 1975 con DANBRO (Bridge Management System de Dinamarca) y desde entonces más países han ido implementando sus propios sistemas, tal como se muestra en la Imagen 1.1, en esta imagen también se refleja que para el año 2014 el IABMAS contaba con registro de 25 Sistemas de Gestión de

Puentes y para ese año, 17 de 25 habían sido actualizados en los últimos 5 años (2010-2014), lo cual indica que, desde el año en que surgieron estos se han ido actualizando con el pasar del tiempo para acoplarse a las necesidades particulares de cada país.

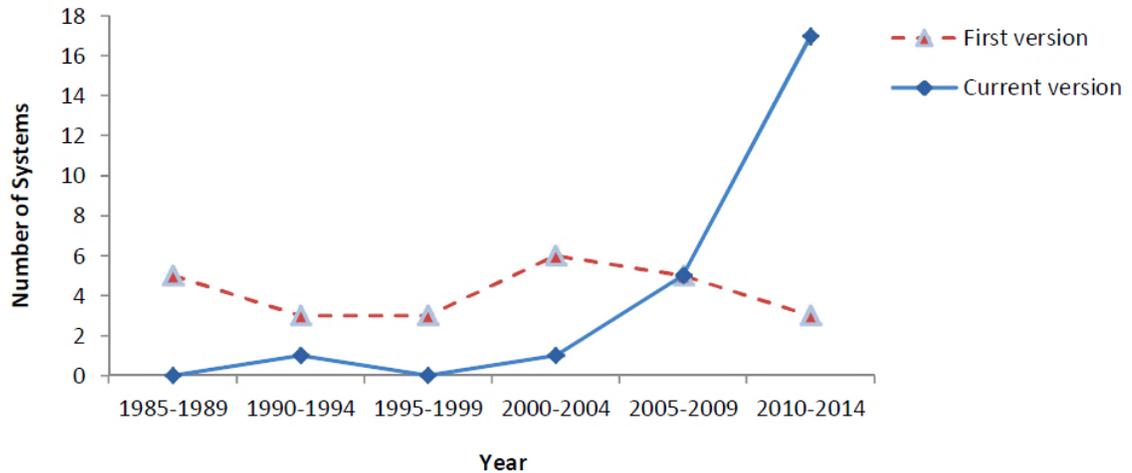


Imagen 1.1: Años en que aparecen las primeras versiones de sistemas de administración de puentes según IABMAS

Fuente: The IABMAS Bridge Management Committee. (2014). Overview of Existing Bridge Management Systems.

A continuación, se explica brevemente el desarrollo histórico de los Sistemas de Administración/Gestión de Puentes de cuatro países americanos, los cuales son: Estados Unidos, México, Costa Rica y Colombia, países de los cuales se ha logrado obtener información histórica confiable sobre el desarrollo de sus Sistemas de Administración/Gestión de Puentes a través de los años; cabe destacar, que muchos otros países americanos como Canadá, Perú, Panamá, Guatemala, entre otros, también cuentan con sus propios sistemas de gestión de puentes o están en el desarrollo de los mismos, pero no se han incluido en esta investigación debido a que no se cuenta con suficiente información verificable para estos países. La intención de mencionar los sistemas de Estados Unidos, México, Costa Rica y Colombia es con el fin de poder mostrar la forma en que estos surgieron en su respectivo país y de qué forma se han ido mejorando o actualizando con el paso del tiempo.

Años 60'

Durante el Auge de la construcción de puentes en los años 50's y 60's, Estados Unidos tuvo poco énfasis en la inspección de seguridad y mantenimiento de puentes, pero

esto cambio cuando el puente Silver Bridge al oeste de Virginia sobre el rio Ohio colapsó el 15 de diciembre de 1967.³

En 1968, la Federal Highway Administration (FHWA) puso en marcha el National Bridge Inspection Program, y todos los puentes de los Estados Unidos fueron inventariados, creando una base de datos conocida como National Bridge Inventory, para estos puentes, se evaluaba su “Suficiencia”, con valores que iban desde el 0 al 100, con el resultado de la evaluación, se establecían las acciones a seguir, si el puente no requería inversiones en ese momento este sería inspeccionado cada 5 años, si el puente pasaba a un programa de rehabilitación, recibiría inspecciones cada 2 años o se comenzaba a considerar su reemplazo, realizando inspecciones semestrales o anuales.⁴

Para México, Costa Rica y Colombia no se poseen registro de sus respectivos sistemas de Administración/Gestión de puentes para este periodo.

Años 70'

En 1971 en Estados Unidos el National Bridge Inspection Standards (NBIS), estableció una política respecto a las inspecciones en puentes, posteriormente a esta, se desarrollaron tres manuales los cuales fueron vitales para el NBIS. El primer manual fue la Federal Highway Administration (FHWA) denominado “Manual de Capacitación del Inspector de Puente 70 (Manual 70)”. Este manual establecía el estándar para la capacitación de inspectores. El segundo manual fue de la American Association of State Highway Officials (AASHO) “Manual para la Inspección de Mantenimiento de Puentes”. Este sirvió como estándar para proporcionar uniformidad en los procedimientos y políticas para determinar la condición física, las necesidades de mantenimiento y la capacidad de carga de puentes de carretera. El tercer manual fue de la Federal Highway Administration (FHWA): “Guía de Grabación y Codificación para Estructuras, Inventario y Evaluación de los Puentes de la Nación (Guía de codificación)”. Proporcionó orientación detallada en la evaluación y codificación de datos específicos del puente.⁵

Con la Ley Surface Transportation Efficiency Act ISTEA (Ley de Asistencia de Transporte y Superficie) de 1978, se proporcionaron fondos necesarios para la

³ Bridge Inspection Programs. Topic 1.1. History of the National Bridge Inspection Program. Pág. 1.1.2

⁴ Informe inicial consorcio MALSA-ITYAC. ESTUDIO: ACTUALIZACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE PUENTES, 2007. Sistema de Administración de Puentes de El Salvador.

⁵ Ídem 3

rehabilitación y reconstrucción de todos los puentes públicos arriba de 20 pies de largo que habían sido inspeccionados de acuerdo con la NBIS en diciembre de 1980.⁶

En Costa Rica se inició en 1974 el Programa de Mantenimiento de Carreteras MOPT-AID, que generó el Manual de Inspección y Mantenimiento de Puentes basado en el Manual “Bridge Inspector’s Training Manual 70” preparado por “U.S. Department of Transportation”, “Federal Highway Administration” y “Bureau of Public Roads” de Estados Unidos.⁷

Para México y Colombia no se poseen registro de sus respectivos sistemas de Administración/Gestión de puentes para este periodo.

Años 80’

A inicios de 1980 empezaron a conocerse los Sistemas de Administración de Puentes (SAP) como tal, pero todos se presentaban inicialmente como bases de datos, ya que únicamente almacenaban las deficiencias que presentaban las estructuras tal como lo era el National Bridge Inventory (Inventario nacional de puentes), de los Estados Unidos.

En Costa Rica, para el año de 1980 el MOPT utilizó un sistema de base de datos centralizado, el cual contenía información del inventario de los puentes, tales como la identificación, geometría, materiales de la estructura, entre otros, este sistema daba una calificación a cada elemento, así como una calificación del estado general del puente.⁸

En 1981, en México las autoridades de la Secretaria de Comunicaciones y transporte (SCT) se empezaron a preocupar en relación a los puentes con respecto a las cargas que estos podían soportar y el número de puentes existentes en su red vial.⁹

Colombia, en 1983, elaboró su primer proyecto relacionado con la gestión y administración de los puentes, denominado “Revisión Periódica de Puentes”.

En Estados Unidos el sistema de inspección de puentes hasta el momento no había sido tomado muy en serio y habían creado dos nuevos manuales de inspección de

⁶ Ídem 3

⁷ Gutiérrez, Y., Muños, G., & Ramíres, M. (s.f.). Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (SAEP). San José, Costa Rica.

⁸ Ídem 7

⁹ Secretaría de Comunicaciones y Transporte. (2014). Guía de procedimientos y técnicas para la conservación de carreteras en México. México D.F.

puentes. Emerge un interés nacional por la inspección de estas estructuras, cuando el puente Mianus sobre el río de Connecticut colapsó debido a fatiga y fractura en junio de 1983.

Con el colapso de puente Schoharie Creek en Nueva York, Estados Unidos en 1987, debido a socavación en las fundaciones, se empezó a prestar más atención a las inspecciones submarinas en los elementos de fundación de los puentes, orientando especial atención en estos elementos.¹⁰

Posteriormente en Colombia, entre 1989 y 1991, el Ministerio de Obras Públicas y Transporte (MOPT) y la Universidad del Cauca mediante un convenio interinstitucional ICFES-BID (Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación - Banco Interamericano de Desarrollo) realizaron el trabajo denominado “Investigación Nacional de Puentes”, trabajo que consistía en el inventario e inspección de daños en puentes ubicados en cada uno de los distritos de obras públicas.¹¹

Años 90'

A partir de 1991, en Estados Unidos, mediante la aplicación de la Ley Federal Intermodal Surface Transportation Efficiency Act (ISTEA) se supuso un cambio importante en la planificación y política de transporte, como la primera legislación federal de EE. UU. Era del sistema de autopistas interestatales, es entonces que comienza a prestarse mayor interés a las gerencias de mantenimiento, obligándose a las administraciones estatales a implementar verdaderos sistemas de gestión. Fue entonces que el software de gestión de puentes llamado Pontis fue desarrollado bajo un contrato de FHWA (Federal Highway Administration) con Cambridge Systematics y Optima Inc. y el California DOT (California Department Of Transportation/ Departamento de Transporte de California) ayudó en el desarrollo del proyecto, eran dos versiones softwares DOS (Disk Operating System/Sistema Operativo de Disco) proporcionados a los estados en 1992 y 1993 respectivamente, Pontis y BRIDGIT.¹²

En México, en el año de 1993 la Dirección General de Conservación de Carreteras (DGCC) de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) implantó un sistema

¹⁰ Ídem 3

¹¹ Díaz, E. E. (2011). Ingeniería de puentes. Reseña histórica, tipología, diagnóstico y recuperación. Bogotá, D. C.: Pontificia Universidad Javeriana.

¹² Administration, U. D. (15 de Febrero de 2008). *Asset Management*. Obtenido de <https://web.archive.org/web/20080215005314/http://www.fhwa.dot.gov/infrastructure/asstmgmt/pontmore.htm>

de administración de puentes denominado Sistema Integral de Puentes Mexicanos (SIPUMEX); este sistema integra una base de datos, en la que se tiene el inventario de todos los puentes con sus características geométricas y estructurales básicas, su ubicación, los materiales de que están contruidos, su estado físico y los datos de tránsito que soportan, así como también las reparaciones realizadas y la calificación de sus condiciones.¹³

En el año 1994, American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) incorporó el programa Pontis al programa AASHTOWare (un sitio para licenciarios de Pontis que requiere una contraseña de AASHTO para acceder a información) y la versión de Windows fue lanzada como Pontis 3.0 durante 1995 y versión 3.4 en 1998.¹⁴

En 1996, Colombia implementa el “Sistema de Administración de Puentes de Colombia (SIPUCOL)”, el cual basado en las experiencias de otros países, tomó como modelo los sistemas DANBRO (Sistema de Administración de Puentes de Dinamarca) y SIPUMEX (Sistema de Administración de Puentes de México), para mejorar los estudios que habían realizado anteriormente en la “Investigación nacional de puentes”.¹⁵

En el año 1999, Costa Rica implementó un Sistema de Administración de Puentes, que debía organizar y priorizar la intervención a las actividades relacionadas con planificación, diseño, construcción, mantenimiento, rehabilitación y reemplazo de puentes.

Años 2000'

Para el año 2001, como resultado del análisis de sus puentes, Costa Rica, decide incluir dentro de sus planes, el contrato con una firma consultora para el desarrollo de un Sistema de administración de puentes en cooperación con la Agencia Japonesa de Cooperación Internacional (JICA), que ofreció la Cooperación Técnica en materia de infraestructura de puentes, la cual incluyó el establecimiento del Sistema de Administración de Puentes, SAEP.¹⁶

¹³ Rodriguez, J., & Gutierrez, A. (21 de Febrero de 2012). *Sistema de puentes en México SIPUMEX*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/CICMoficial/sistemas-de-puentes-en-mxico-sipumex>

¹⁴ Ídem 12

¹⁵ Idem 9

¹⁶ Unidad de puentes, PITRA, LanammeUCR. (2014). *El sistema informático para la administración de estructuras de puentes de Costa Rica (SAEP): ¿Vamos en la dirección correcta?*

En el año 2002, Costa Rica, crea la Ley 8114 “Ley de Simplificación y Eficiencia Tributaria”, en lo relativo a evaluación de puentes existentes en las rutas concesionadas y rutas nacionales, que en conjunto con la “Unidad de Evaluación de red vial Nacional”, la cual acredita varias tareas al Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica (Lanamme UCR), tales como realizar evaluaciones a la red vial nacional anuales a carreteras y puentes en concesión.¹⁷

Para el año 2004 la Federal Highway Administration, al sistema Pontis (en Estados Unidos), ya había mejorado sus capacidades multimedia, contenía enlaces a fotografías y dibujos, ingresando datos en unidades métricas o inglesas.

En el año 2007 se concluyó el estudio que se estaba realizando en Costa Rica, el cual incluía el proceso de análisis, diseño y desarrollo del SAEP. Entre sus funciones se incluían: el registro y la actualización de datos de inventario, inspección y mantenimiento de puentes, registro de campos de texto e imágenes tales como fotografías y planos de los puentes, entre otras.

A partir de 2008, el sistema de gestión de puentes en Estados Unidos, fue licenciado por AASHTO a más de 45 departamentos de transporte del estado de los EE.UU. y otras organizaciones en los EE.UU. Las versiones del sistema Pontis, habrían llegado hasta la versión 5.1.3; que era una versión en la que se podían registrar datos desde una aplicación web y que funcionaba solamente como un software para inspecciones.

En enero del 2010 la Administración Superior del MOPT en Costa Rica, solicita colaboración al CONAVI para que su Dirección de Tecnologías de Información (TI/CONAVI) se encargue de brindar el soporte técnico necesario al Sistema SAEP y así poder realizar cualquier mejora informática, así a partir de este año el TI/CONAVI asumió de manera permanente el mantenimiento del Sistema.¹⁸ En enero del año 2014, el SAEP v.1.3 era el programa informático oficial desarrollado y utilizado en Costa Rica para la actualización del inventario técnico de los puentes de la Red Vial Nacional.¹⁹

Entre los años 2012 y 2013 en Estados Unidos, luego de incluir a AASHTO en las investigaciones del sistema, se empezó a crear la versión del programa BrM 5.2., con

¹⁷ Unidad de puentes, Universidad de Costa Rica, Laboratorio nacional de materiales y modelos estructurales LanammeUCR

¹⁸ Idem 7

¹⁹ Idem 7

el cual ya se consideraba como un software avanzado para la gestión de puentes, debido a varias razones: tenía un mejor soporte de base de datos, se podía acceder al sistema desde cualquier lugar y cualquier hora desde un navegador web, además, contaba con sistema de ubicación GIS en el sistema, entre otras funciones. Este sistema se ha ido mejorando en los últimos años, ya que ahora también genera una evaluación de riesgos y contiene modelos de deterioro y para el año 2016 en su versión 5.2.3., tenían planeado agregar herramientas de función administrativa al mismo. Ahora, Estados Unidos cuenta con el software de gestión de puentes llamado AASHTOWare Bridge Management™ (BrM), el que era conocido como Pontis. Por más de 20 años BrM ha visto mejoras dramáticas debido a cambios tecnológicos, innovaciones de productos y, lo más importante, comentarios directos de los usuarios. El programa BrM sigue siendo ampliamente utilizado como el principal software de gestión de puentes por agencias de transporte en los Estados Unidos.²⁰

A continuación se presenta un resumen, del desarrollo más importante de los sistemas de administración de puentes en los países anteriormente mencionados tenemos:

Tabla 1.1: Mayores avances en el sistema de gestión de puentes de Estados Unidos.

ESTADOS UNIDOS	1968	→ La FHWA puso en marcha el National Bridge Inspection Program, todos los puentes de los Estados Unidos fueron inventariados, creando una base de datos "National Bridge Inventory".
	1971	→ El National Bridge Inspection Standards (NBIS), estableció una política respecto a las inspecciones en puentes.
	1978	→ La Ley Surface Transportation Efficiency Act proporcionó fondos muy necesarios para la rehabilitación y reconstrucción de los puentes públicos arriba de 20 pies de largo.
	1992 - 1993	- El software de gestión de puentes llamado Pontis fue desarrollado, eran dos versiones de softwares DOS proporcionados a los estados en respectivamente, Pontis y BRIDGIT.
	1994	→ AASHTO incorporó el programa Pontis al programa AASHTOWare.
	1995	→ La versión de Windows fue lanzada como Pontis 3.0.
	1998	→ La versión de Windows fue lanzada como Pontis 3.4.
	2004	→ La Federal Highway Administration, al sistema Pontis ya le había mejorado sus capacidades multimedia.
	2012/ 2013	→ Sistema de gestión de puentes que ya cuenta con herramientas de función en el mismo, versión BrM 5.2.
	2016	→ Sistema de gestión de puentes que ya cuenta con herramientas de función en el mismo, versión BrM 5.2.3.

²⁰ AASHTOWare Bridge Management Review, Formely PONTIS. BrM Bridge

Tabla 1.2: Mayores avances en el sistema de gestión de puentes de México.

MÉXICO	1981 →	La Secretaria de Comunicaciones y Transporte se empezó a preocupar en base a los puentes, las cargas que estos podían soportar y el número de puentes existentes en su red vial.
	1993 →	La Dirección General de Conservación de Carreteras (DGCC) de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) implantó El Sistema Integral de Puentes Mexicanos (SIPUMEX).

Tabla 1.3: Mayores avances en el sistema de gestión de puentes de Costa Rica.

COSTA RICA	1974 →	Se crea el Programa de Mantenimiento de Carreteras MOPT-AID, que generó el Manual de Inspección y Mantenimiento de Puentes basado en el Manual “Bridge Inspector’s Training Manual 70.
	1980 →	El Ministerio de Obras Públicas y Transporte (MOPT) utilizó un sistema de base de datos centralizado, con información general de los puentes.
	1999 →	Nace la preocupación de los Puentes de la Red Vial Nacional, por lo que deciden implementar un Sistema de Administración de Puentes.
	2001 →	Para el desarrollo de un Sistema de administración de puentes JICA, ofreció la Cooperación Técnica en materia de infraestructura de puentes, se el establecimiento del Sistema de Administración de Puentes, SAEP.
	2007 →	Se concluye el estudio de puentes que se estaba realizando, el cual incluía el proceso de análisis, diseño y desarrollo del SAEP.
	2010 →	El MOPT solicita colaboración al CONAVI para que su dirección de Tecnologías de Información (TI/CONAVI) se encargue de brindar el soporte técnico al sistema, el TI/CONAVI asumió de manera permanente el mantenimiento del sistema.
	2014 →	El SAEP v.1.3 era el programa informático oficial desarrollado y utilizado en Costa Rica para la actualización del inventario técnico de los Puentes de la Red Vial Nacional.

Tabla 1.4: Mayores avances en el sistema de gestión de puentes de Colombia.

COLOMBIA	1983 →	Se elaboró su primer proyecto de gestión y administración de puentes, denominado “Revisión Periódica de Puentes”.
	1989-1991 →	El Ministerio de Obras Públicas y Transporte (MOPT) y la Universidad del Cauca mediante un convenio interinstitucional ICFES-BID realizaron un trabajo denominado “Investigación Nacional de Puentes”.
	1996 →	Se implementa el “Sistema de Administración de Puentes de Colombia (SIPUCOL)”, tomando como modelo los sistemas DANBRO y SIPUMEX

1.1.2. Historia de la Administración de Puentes en El Salvador.

Después de presentar la evolución del desarrollo de los Sistemas de Administración de Puentes (SAP) con el pasar del tiempo en algunos países americanos, a continuación se presenta el desarrollo correspondiente del sistema que se ha utilizado en nuestro país.

En El Salvador, el Ministerio de Obras Públicas (MOP) es el responsable de recoger la información detallada de los puentes y de la evolución del SAP que se ha ido desarrollando estos años, sin embargo no se dispone de ella debido a la pérdida de la misma durante el traspaso de las instalaciones, cambios de gestiones, deterioro, entre otros, por lo cual, no existen registros oficiales de todos los puentes que existen en el país; es por ello que la información que se muestra en la siguiente sección acerca de los puentes y los avances que se han tenido con el SAP en el país, en algunos casos resultará un poco inconstante, debido a que la información histórica recopilada se ha basado en trabajos de graduación, artículos de revistas, notas periodísticas y consultas al personal que labora en el Ministerio de Obras Públicas (MOP).

En El Salvador en 1916 se crea la Dirección General de Caminos por decreto del Poder Ejecutivo, la cual, en ese entonces, tenía a cargo todo lo relacionado con las vías de comunicación de la República, puentes y obras que tuvieran relación a estas. Posteriormente, en 1917 se emitió un Decreto Legislativo con el que se crea el Ministerio de Fomento y Obras Públicas, ya en 1920, la Dirección General de Obras Públicas contaba con varias secciones, entre las cuales estaba la sección de Puentes y Calzadas.²¹

La dirección que tenían a cargo la infraestructura vial, fue realizando sus cambios a través de los años, ya en 1954, se convierte en Direcciones Generales dentro del ramo de obras públicas. Todos estos cambios eran producto de la necesidad de ordenar el crecimiento de las ciudades, tanto en su parte arquitectónica como en infraestructura, por lo cual se le encomiendan las funciones específicas de construir, mantener y rehabilitar la infraestructura urbana y vial del país, en esta última se incluyen las carreteras interurbanas, rurales y urbanas; las cuales se constituyen en uno de los pilares que sostiene la economía nacional.²²

²¹ Ministerio de Obras Públicas de El Salvador, Historia 2009. Recuperado desde:
http://www.mop.gob.sv/index.php?option=com_content&view=article&id=49&Itemid=84

²² Ídem 21

Históricamente en El Salvador se construyeron 4 puentes icónicos entre 1935 y 1955 por la firma Roebling's Son's Co.; de los cuales dos ya no existen, debido al conflicto armado, los cuales son el Puente de Oro o Puente San Marcos Lempa (Imagen 1.2), puente colgante que se ubicaba sobre la carretera el Litoral entre San Marcos y San Nicolás Lempa, derribado en octubre de 1981²³ y el Puente Cuscatlán (Imagen 1.3), ubicado sobre el kilómetro 90 de la carretera Panamericana, derribado en enero de 1984²⁴. Los puentes aun existentes son, el puente vehicular en la frontera de las Chinamas (Guatemala – El Salvador), puente conocido como puente El Jobo, y el puente metálico ferroviario ubicado al norte del país, puente que ya no está en uso.



Imagen 1.2: Puente de Oro derribado por la guerrilla en 1981, El Salvador.
[Fotografía de New York Times]. (San Marcos Lempa, El Salvador, 1981). SALVADOR REBELS BLOW UP BRIDGE, NATION'S BIGGEST.

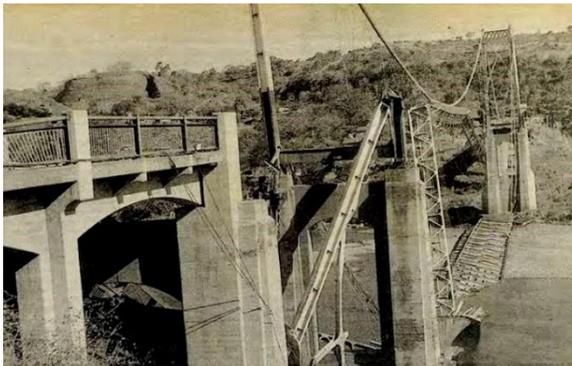


Imagen 1.3: Puente Cuscatlán derribado en 1984, durante conflicto armado.
[Fotografía de Universidad Tecnológica de El Salvador]. Sistema bibliotecario UTEC (2017). Derriban puente Cuscatlán. <http://biblioteca.utec.edu.sv/sitios/conflicto/index.php/1984/01/01/puente-cuscatlan-es-impactado-con-carga-explosiva/>

²³ Duro golpe contra infraestructura del país, dinamitan Puente de Oro, una obra milloraria destruida, Recopilado de: Derriban el Puente Cuscatlán. Recuperado de: <http://biblioteca.utec.edu.sv/sitios/conflicto/index.php/1984/01/01/puente-cuscatlan-es-impactado-con-carga-explosiva/>

²⁴ Derriban el Puente Cuscatlán. Recuperado de: <http://biblioteca.utec.edu.sv/sitios/conflicto/index.php/1984/01/01/puente-cuscatlan-es-impactado-con-carga-explosiva/>

Con el conflicto armado en los años 80's, El Salvador experimentó un descuido prolongado en las carreteras, que condujo al deterioro progresivo y acelerado de los pavimentos, en las principales carreteras y la desaparición de algunos caminos total o parcial.²⁵ Para el período de 1994-1999 se consideró un programa de inversiones, que en términos de los préstamos en ejecución se tenía un total de 1,887 millones de colones contratado, de los cuales se invirtió 927.5 millones de colones (49%) con el objetivo de restaurar la red vial del país.²⁶

“En 1994, aparecen los primeros indicios de preocupación por el estado de los puentes en El Salvador, el Ministerio de Obras Públicas (MOP) desarrolla el programa computacional denominado “Sistema de Inventario y Evaluación de Puentes (SIEP)”. Este sistema permitía crear y mantener un inventario de puentes, recopilar las características geométricas, ubicación, información sobre las condiciones reales de los puentes, y crear un sistema de priorización, con el propósito de elaborar planes de mantenimiento y rehabilitación.

Por falta de recursos materiales y personal, el programa no fue alimentado apropiadamente, quedando el inventario a nivel de formularios, no se procesaron los datos a nivel físico.

Debido a la necesidad de convertir el Sistema de Inventario y Evaluación de Puentes (SIEP) en una herramienta no difícil de operar, dada su importancia en las actividades de conservación de los puentes del país, el Ministerio de Obras Públicas, en Noviembre de 1999, realiza una segunda versión del SIEP denominada versión 1.0, el cual es un sistema que almacena los datos del inventario de puentes, mediante el registro de las inspecciones de campo con el propósito de determinar las prioridades basadas en los resultados de esas inspecciones. En ésta oportunidad se inventariaron 119 puentes de dos carreteras del país (carretera CA01 y CA02), con el objeto de poner a prueba la funcionalidad del sistema.” (Mendoza, Luz, & Portillo, 2003, págs. 2-3).²⁷

El SIEP, era un sistema que priorizaba los puentes basándose en sus condiciones reales, obteniendo como resultado un Índice de Prioridad (IP), basándose en los

²⁵ Mendoza, W., Luz, N., & Portillo, F. (2003). *Manual para el mantenimiento rutinario y preventivo de puentes en El Salvador*. San Salvador: Universidad de El Salvador.

²⁶ Kattan, J., Perla, J., & Rodríguez, M. (1998). *Guía para el diseño de puentes de concreto reforzado en caminos rurales y vecinales*. San Salvador: Universidad de El Salvador.

²⁷ Ídem 25

datos de inspecciones visuales, este sistema no incorporaba datos de análisis estructural para los puentes inventariados.

También, en el año 2000, en la Universidad de El Salvador, se elaboró la tesis denominada: “Vulnerabilidad de puentes en El Salvador. Aplicación carretera (CA01) San Salvador-El Amatillo”, cuyo objetivo principal era incorporar la información necesaria para calcular los índices de vulnerabilidad, al SIEP que el MOP había implementado hasta esa fecha. Como desarrollo de esta tesis, se realizaron 88 inspecciones en aquellos puentes y obras de paso ubicados sobre la carretera CA01, entre los puntos fronterizos el Amatillo y San Cristóbal, con las repúblicas de Honduras y Guatemala respectivamente. Esta tesis planteo que para inicios del año 2000, el Ministerio de Obras Públicas, Transporte, Vivienda, y Desarrollo Urbano (MOPTVDU) en el SIEP contaba con el inventario de los puentes que se encontraban sobre la carretera CA02, un total de 98 estructuras de puentes sobre esta vía.

El 30 de noviembre de 2000, mediante decreto legislativo N° 208, se aprobó la Ley de Conservación Vial, la cual tiene como objetivo: Establecer el marco legal para el financiamiento y gestión de la conservación de la Red Vial Nacional Prioritaria Mantenible y de la Red Vial Urbana Prioritaria Mantenible. Con esta Ley, se creó el Fondo de Conservación Vial (FOVIAL), como una entidad de derecho público, carácter técnico, utilidad pública, duración indefinida, personalidad jurídica y patrimonio propio, con plena autonomía en el ejercicio de sus funciones, tanto en lo financiero como en lo administrativo y presupuestario. Para el ejercicio de sus atribuciones que se establecen en esta Ley.²⁸

En Noviembre de 2001 y Febrero de 2002, el Ministerio de Obras Públicas impulsa el proyecto “Implementación de un Sistema de Gestión de la Red Vial”, el cual contempla el Sistema de Administración de Puentes (SAP), siendo éste una versión mejorada del SIEP. El SAP determina que nuevos puentes serán agregados a la lista creciente de estructuras deficientes o funcionalmente obsoletas. El problema del mal estado de los puentes en El Salvador crece más rápido que las posibilidades de su resolución. (Mendoza, Luz, & Portillo, 2003, pág. 4).²⁹

Con la implantación de este nuevo sistema de administración de puentes, la finalidad era (además de funcionar como base de datos de las condiciones de los puentes), primero, que esta posea una base de parámetros de costos asociados con el

²⁸ Reglamento de la ley del fondo de conservación vial. Decreto legislativo N° 208 (2000)

²⁹ Ídem 25

presupuesto disponible para las intervenciones en los puentes, y segundo, analizar los datos de evaluación para tener datos que permitan la prioridad de mantenimiento o reparación en los puentes, finalidad que no pudo ser lograda entonces, debido a que la herramienta aún les resultaba poco funcional y práctica.

En el año 2003, estudiantes de la Universidad de El Salvador, desarrollan su trabajo de graduación denominado “Manual para El Mantenimiento Rutinario y Preventivo de Puentes de El Salvador” (trabajo de referencia en algunas de la citas anteriores), en la cual se mencionan metodologías que se pueden utilizar para la reparación de los daños más representativos en puentes según las evaluaciones realizadas por el MOP hasta esa fecha. Este manual procuraba dar solución a los problemas que se presentan en los materiales de los cuales están conformados los elementos estructurales de los puentes, pero no se pretendía brindar solución a los problemas relacionados con Diseño Estructural, ya que estas eran etapas aún más complejas en el Sistema de Administración de Puentes. Con este manual se proyectaba, realizar un aporte para el MOP, para el desarrollo en las tareas de Mantenimiento Rutinario y Preventivo de puentes en El Salvador.

En una entrevista que se realizó para este trabajo de graduación, se muestra que con los terremotos ocurridos en el país en el año 2001, el MOP en colaboración de un grupo de especialistas de la Secretaría de Comunicaciones y Transporte de México (SCT), realizó la evaluación de los puentes sobre la carretera Litoral. Con ésta evaluación se concluyó que los daños que presentaban estos puentes, no eran debido a los sismos ocurridos, sino su falta de mantenimiento.

En agosto de 2005, el Ministerio de Obras Públicas (MOP) en conjunto con la Unidad de Planificación Vial (UPV) realizó el “Manual de Inventario Físico de Puentes”, establecido para realizar inspecciones visuales en puentes.³⁰

El Ministerio de Obras Públicas (MOP) en el año 2008, realizó la contratación de una consultoría nacional, con el Consorcio Mauricio A. Lara y Asociados, S.A. (MALSA) – Ingeniero Tosticarelli y Asociados Sociedad Anónima Consultora (ITYAC), en la cual se tenía como objetivo, actualizar el inventario del Sistema de Administración de Puentes (SAP) y formular una Base de Datos, que incluyera las condiciones tangibles e intangibles que afecten todas las obras inventariadas. Para ello, se debía de evaluar técnicamente cada obra afectada, tanto en sus condiciones físicas como químicas.

³⁰ Ministerio de Obras Públicas. (Noviembre 2009). Sistema de Administración de Puentes: Manual para la evaluación del estado de condición de puentes. San Salvador.

Con el propósito de establecer mecanismos de mejoramiento al Sistema de Administración de Puentes existente, para hacer una evaluación y diagnóstico de las obras en condiciones críticas a lo cual seguirá el diseño final de reparaciones, rehabilitaciones, ampliaciones y reemplazos, según lo requiera el diagnóstico. El Sistema de Administración de Puentes que se propuso en ese momento, es un sistema computarizado diseñado y desarrollado por los Ingenieros Civiles: Tomás del Carril y Javier Fazio, de Buenos Aires, República de Argentina.³¹

Con la implementación del Sistema se pretendía lograr diversos objetivos:

- ✓ *Confecionar un inventario detallado de los puentes de la red.*
- ✓ *Obtener una calificación del estado de cada una de las obras inventariadas.*
- ✓ *Ordenar, por medio de un Índice de Prioridad, todos los puentes de acuerdo a una serie de parámetros tales como: el estado de la estructura, su vulnerabilidad frente a agentes externos, su obsolescencia funcional, y la importancia del puente desde el punto de vista de la economía regional.*
- ✓ *Suministrar, para cada puente, la calificación de cada una de las variables consideradas para la evaluación, las tareas de mantenimiento ó rehabilitación a realizar, la prioridad y el tiempo estimado dentro del cual deben realizarse.*
- ✓ *Constituir una herramienta de planificación proporcionando los programas de inversiones, priorizadas para períodos semestrales o anuales, mediante la asignación de costos estimados de las obras necesarias en cada puente o conjunto de puentes.*
- ✓ *Emitir programas de inspecciones a realizar en el futuro, a fin de controlar la evolución de los parámetros que permiten calificar las estructuras con el tiempo.*
- ✓ *Planificar las tareas de mantenimiento rutinario y preventivo de puentes, así como los estudios especiales que deban realizarse en algunos de ellos para definir su rehabilitación.*
- ✓ *Proporcionar procedimientos de acción ante las emergencias detectadas durante las inspecciones. (Consortio MALSA-ITYAC, 2007, pág. 27)*

Con la implementación de la Actualización y Mejoramiento del Sistema de Administración de Puentes, el MOP hizo uso de un manual para la recolección de datos denominado “Manual para la evaluación del estado de condición de puentes”, este fue realizado sobre la base del “Manual de Inventario Físico de Puentes”; esta

³¹ Ídem 4.

nueva versión del manual, se preparó para servir como instructivo y guía para la realización de un inventario revisado y actualizado de todos los puentes, con el objetivo de alimentar la Base de Datos de Puentes Nacionales con la que operaría la nueva versión del Sistema de Administración Puentes (SAP) en ese momento.³²

Por lo que todos los formularios que se incluyeron en el Manual, permitieron asentar las variables de la Base de Datos, a partir de una primera inspección de las obras y/o de la primera vez que se ingresara a la Base una obra nueva.³³

Dichos formularios presentaban la siguiente información:

- Generalidades que permitían aplicarse a prácticamente cualquier tipo de puente según el Ministerio de Obras Públicas.
- Tablas con una amplia gama de elementos de diferentes formas, materiales y características.

Todo esto con el objetivo de tener un único formulario para asentar en el inventario a cualquier obra de puente.

Durante la consultoría realizada por el Consorcio MALSA-ITYAC como parte del estudio "**ACTUALIZACION Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ADMINISTRACION DE PUENTES (SAP)**" en el periodo 2008-2010, tomó en cuenta: información, recomendaciones y comentarios valiosos de:

- El Sistema de Administración de Puentes SAP, existente (Sistema que corresponde al utilizado durante el año 2001) del Ministerio de Obras Públicas de El Salvador (MOP);
- Del Manual de puentes de AASHTO (The Manual for Bridge Evaluation, actualización disponible para los años 2008-2010);
- El Manual para Inspección y Conservación de Puentes del Estado de Illinois (actualización disponible para los años 2008-2010);
- Experiencia del Inventario de Puentes ejecutado en Bolivia (actualización disponible para los años 2008-2010)³⁴.

En diciembre de 2009, la Universidad de El Salvador, realizó un levantamiento y evaluación de daños en infraestructura de los puentes ubicados en el Municipio de

³² Ídem 30.

³³ Ídem 30.

³⁴ Consorcio MALSA-ITYAC. (2009) MANUAL DE INSPECCIONES DE PUENTES DEL SAP IBP E IECP. ESTUDIO: "ACTUALIZACION Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ADMINISTRACION DE PUENTES". San Salvador.

Verapaz y la colonia Caridad de la Ciudad de San Vicente, esta iniciativa surgió debido a la baja presión ocurrida en los días 7 y 8 de noviembre del mismo año. Las evaluaciones de estos daños se realizaron en los puentes que se encontraban sobre los ríos Jutiapa, Jiboa y Acahuapa y las quebradas Jalponga, Baila Huevo, La Quebradona (San Antonio Los Ranchos), Guarumo, Calabos, Piedra Pacha, Rio Verapaz, Lempita y El Limón; se evaluaron en total 12 puentes (además de otras estructuras como viviendas, escuelas y otros), al finalizar el trabajo de campo y la evaluación realizada, se concluyó que los daños presentados en los puentes a simple vista no era meramente estructurales, pero que se debía de realizar una evaluación más detallada de los puentes para saber con certeza el estado de los mismos, así como también se determinó que programas de mantenimiento de puentes debían realizarse periódicamente.³⁵

Para el año 2010, el Consorcio MALSA-ITYAC, luego de muchas investigaciones de campo, ajustes al Sistema de Administración de Puentes y de lograr lo que el MOP estaba solicitando en ese momento, hace entrega del denominado “*Sistema GP*”, el cual era un Sistema informático para la Administración de Puentes, que era capaz de realizar evaluaciones de todos los puentes existentes en la base de datos para ese año y darles un índice de prioridad de mantenimiento de acuerdo a la importancia de la vía en que este se encontraba a nivel nacional, y que también proporcionaba datos de costos de reparación para cada puente evaluado.

El MOP ya contaba con el “*Sistema GP*”, que era capaz de generar índices de prioridad para el mantenimiento de los puentes, pero siempre existía una dificultad con el ingreso de datos al sistema; una vez el FOVIAL entregaba los formularios de inspección de los puentes (cerca de 2 millones de datos en formularios), se debía de ingresar dato por dato, y la tarea se convertía en un trabajo largo y tedioso, siendo así, que el MOP advierte sobre el no tener los suficientes recursos para realizar el ingreso de los datos al sistema para que este los analizara, por lo cual estos se iban quedando a base de archivos, problema por el cual los datos de las inspecciones visuales realizadas, ya no eran analizados y con el tiempo el sistema dejo de ser alimentado y actualizado, además del hecho de que el programa presentaba problemas de ejecución en el software sin posibilidad de reparación ya que no era posible tener acceso a el código de programación del mismo, todo esto provoco el total desuso del Sistema GP.

³⁵ Escuela de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad de El Salvador. (2009). “INFORME DE EVALUACION DE DAÑOS EN INFRAESTRUCTURAS ORIGINADO POR LA BAJA PRESION DE LOS DIAS 7 Y 8 DE NOVIEMBRE DE 2009”. San Salvador.

“Durante el periodo de 2013-2014 el Ministerio de Obras Públicas coordinó la puesta en marcha del SAP - WEB”. (Ministerio de Obras Publicas MOPTVDU, 2013), la implementación de este nuevo sistema facilitaría la recolección de los más de 2 000 000 de datos que actualmente, conforman la base de datos de inspecciones de puentes realizadas por personal del Fondo de Conservación Vial (FOVIAL) en el territorio nacional, evitando así, la acumulación de documentación física difícil de procesar y la reducción en los tiempos de envío y recepción de la misma. La plataforma es habilitada para los usuarios en el año 2015 (Ing. R. Cruz, comunicación personal, Junio 2018).

Actualmente el personal del Fondo de Conservación Vial (FOVIAL) autorizado para el uso del sistema “SAP-WEB”, ingresa los datos de las inspecciones al sistema del SAP-WEB (Sistema de Administración de Puentes–WEB) sin tener que enviar el formulario lleno al MOP, pero, aún con este sistema, existe un inconveniente, la programación y estructuración del mismo no es compatible con el anterior Sistema GP, con el cual se pretendía evaluar los datos recolectados en la inspección. Por lo que a partir de la implementación del “SAP-WEB” es que el “Sistema GP” queda totalmente desfasado y no es una posibilidad para el MOP utilizarlo para realizar la actual Administración de Puentes.

El “SAP-WEB”, actualmente solo funciona como un colector que facilita la creación de una base de datos integral de todos los puentes y obras de paso que existen sobre la red vial nacional, pero que por sí sola no es capaz de brindar un resultado de priorización de estados de condición de todos los puentes.

A partir de los registros existentes en la base de datos propiedad del MOP de todos los puentes y obras de paso, las estructuras de puentes manifiestan deterioros ocasionados por acciones como: accidentes de tránsito, influencia del medio ambiente, diseño ineficiente, control de calidad, posibles errores durante la construcción.

Toda la información descrita anteriormente, el esfuerzo y los avances logrados por el MOP, para lograr la implementación de un SAP que permita darle el mantenimiento adecuado a las estructuras de estos es notable, pero que a la fecha no es una realidad ya que no se ha logrado homogeneizar los procedimientos de recolección y evaluación de puentes, tal y como lo han logrado países como los son Estados Unidos, México, Colombia y otros que ya cuentan sistemas integrales de

conservación de puentes, lo cual da un claro ejemplo de la necesidad de implementar en El Salvador políticas y programas de conservación de puentes.

Como resumen de todas las implementaciones y actualizaciones en los Sistemas de Administración de Puentes en El Salvador, en la Ilustración 1.4, se muestra en resumen los inicios de aplicación de cada programa destinado a la administración de puentes según el año en que se empieza a implementar y los nuevos sistemas generados a partir de nuevas necesidades, en base a lo explicado en este capítulo.

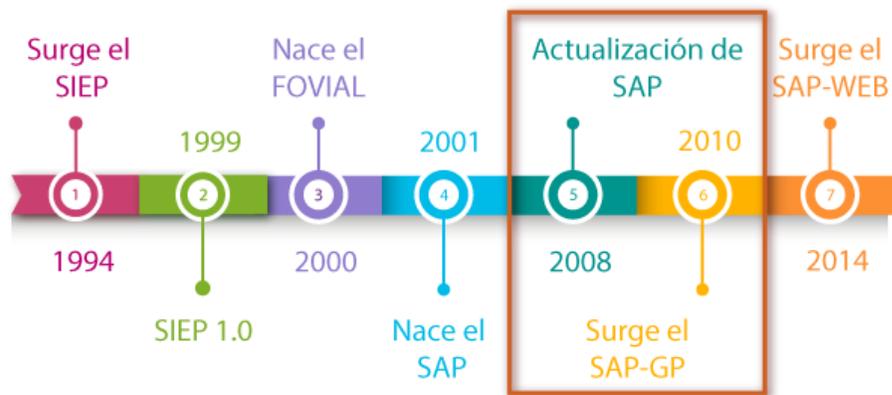


Imagen 1.4: Línea de tiempo para el desarrollo e implementación del SAP en El Salvador

Fuente: Propia

Una vez definido el proceso del desarrollo e implementación del Sistema de Administración de Puentes en El Salvador, es también importante conocer como los factores ambientales influyen directamente en el estado del puente. Es por ello que a continuación se describirán todos aquellos sucesos de los que se poseen registros, que han ocasionado que el estado de condición de los puentes se vea afectado negativamente.

1.1.3. Daños en puentes en El Salvador.

El mayor problema de daños en las estructuras de puentes en El Salvador, según Pastora, D., García, J., & Guzmán, W. (2013), en su: “Estudio de la vulnerabilidad de puentes y obras de paso en El Salvador” para la presentación de su primer seminario; indican que entre el 68% y el 82% de los problemas de funcionamiento de puentes sobre cauces fluviales se relacionan a factores relacionados con el flujo de agua (“factores hidráulicos”); lo que nos indica que cada vez que llega un temporal acompañado de lluvia o una tormenta intensa a El Salvador, los puentes cuya

funcionalidad es: el cruce sobre cauces de ríos, son los que se ven mayormente afectados, cuando estos no colapsan debido a la misma.

Según un reporte de la CEPAL (1998), el huracán Mitch dejó grandes pérdidas tanto en víctimas mortales como daños materiales en infraestructuras entre las pérdidas existían: viviendas destruidas o con daños graves, unidades de salud dañadas, escuelas destruidas parcial o totalmente y daños a la red vial. En ese entonces, se contabilizaron 11 puentes dañados por el huracán, entre los cuales se incluían los puentes tipo Bailey que se habían colocado en sustitución de los puentes Cuscatlán y Puente de Oro, sobre el río Lempa (derribados en los 80's durante el conflicto armado en el país), tal como se muestra en la Imagen 1.5 (puente Cuscatlán tipo Bailey colapsado debido al huracán Mitch), estos puentes eran la conexión más importante para la comunicación de la zona oriental de El Salvador con el resto del país.



Imagen 1.5: Puente tipo Bailey sobre el río Lempa, colapsado por lluvias. Ubicado sobre carretera Panamericana. (Puente “Cuscatlán”).

[Fotografía de OPS/OMS].(San Lorenzo, 1998). Crónicas de desastres – Huracanes George y Mitch (OPS, 1999; 398 Paginas). <http://helid.digicollection.org>.

Hasta el año 2011 el huracán Mitch, había sido el temporal lluvioso con mayor intensidad que había existido en El Salvador con 472 mm de lluvia en 24 horas según los registros existentes en el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), fue entonces que en octubre de 2011, ocurrió un temporal asociado a la depresión tropical 12E proveniente del Pacífico el cual superó los récords de lluvia de Mitch, con 672 mm de lluvia en 24 horas tal como se muestra en la Imagen 1.6.

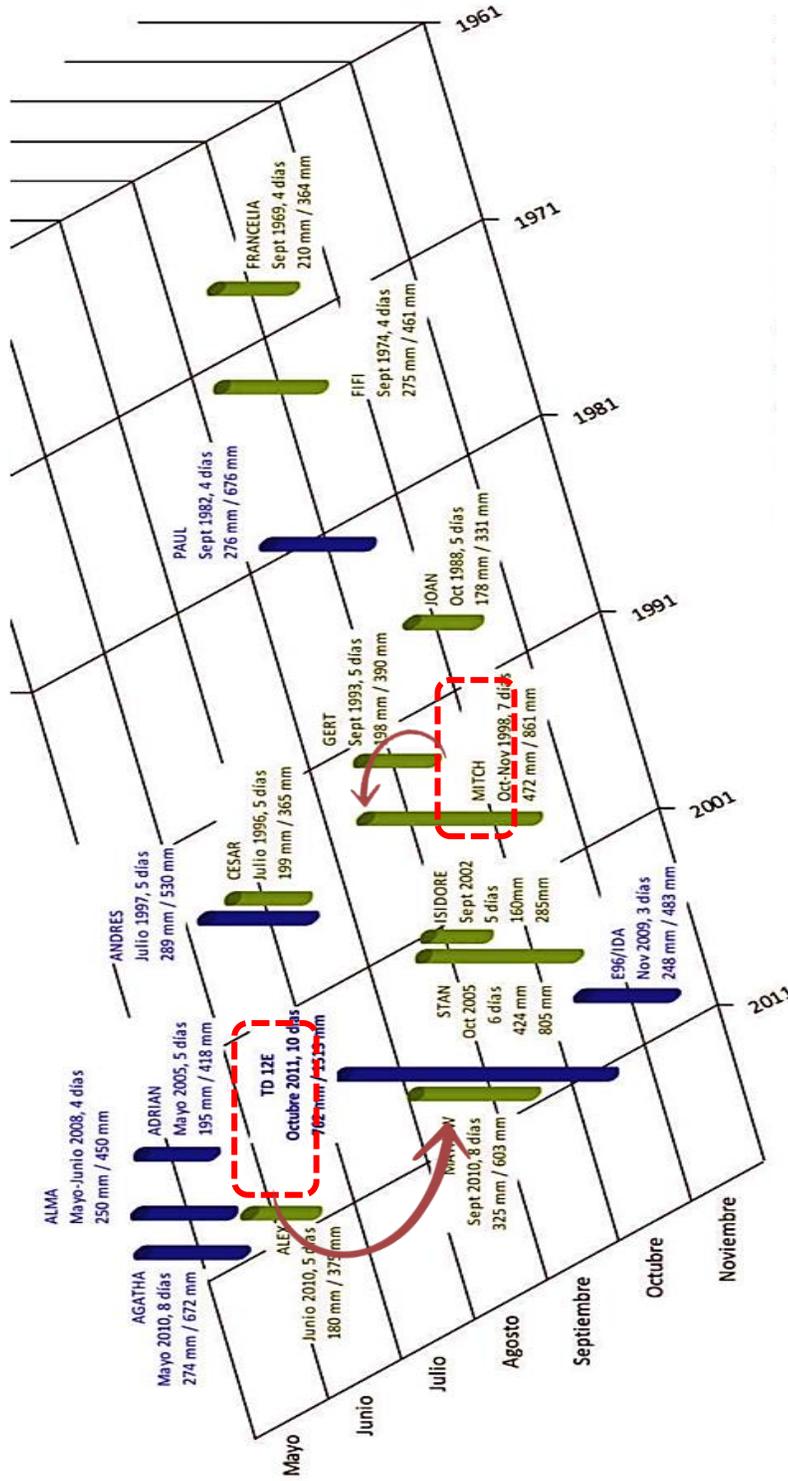


Imagen 1.6: El Salvador. Eventos de lluvia extrema, 1962-2011.

Ciclones tropicales nombrados y sistemas de baja presión ocasionaron más de 100 mm de lluvia en 24 horas y más de 350 en 72 Horas (ocurrencia, duración y lluvia acumulada durante cada evento en mm. Promedio Nacional/Máximos registrados).

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Gobierno de El Salvador. (2013). Estrategia nacional de recursos hídricos (Versión 2). Recuperado de <http://www.marn.gob.sv/estrategia-nacional-de-recursos-hidricos-2/>

Entre uno de los mayores daños que causo la tormenta tropical DOCE-E en el país, se encuentran las redes viales (Imágenes 1.7 y 1.8), de las cuales muchos puentes se vieron dañados o colapsados debido a las crecidas de los ríos, según informes del Ministerio de Obras Públicas (MOP) tal como se muestran en la tabla 1.5: Puentes colapsados; tabla 1.6: Puentes dañados y tabla 1.7: Obras de paso menores entre colapsadas y dañadas, para el año 2011, daños registrados a nivel nacional, datos para los cuales se desconoce si fueron reparadas en su totalidad.



Imagen 1.7: Puente Ateos colapsado debido a depresión tropical DOCE-E en 2011.

[Fotografía de Revda. Blanca Irma Rodríguez]. (Puente Ataco, 2011). Emergencia. Iglesia Luterana "Pan de vida", Jayaque.



Imagen 1.8: El puente Arce sobre el río Paz, en frontera con Guatemala, fue socavado debido a intensidad de tormenta.

[Fotografía de ASETCA]. (Frontera La Hachadura, Ahuachapán, 2011). Nacionales. El Salvador Noticias.net

Tabla 1.5: Puentes colapsados a causa de la tormenta tropical DOCE-E en 2011

NO.	PUENTE/UBICACIÓN	ESTADO
1	Puente La Reforma, Tramo Termos del Río, a un km al norte del desvío Carretera Panamericana, La Libertad	Colapsado
2	Puente Ateos, Km 31 Carretera hacia Sonsonate, sobre Río Talnique, Cantón Ateos, La Libertad	Colapsado
3	Puente Copapayo, sobre Río Copapayo, Sonsonate	Colapsado
4	Puente sobre Río Sucio, a 12 km del desvío hacia San Pablo Tacachico,	Colapsado

Tabla 1.6: Puentes dañados a causa de la tormenta tropical DOCE-E en 2011.

1	Puente Arce, Carretera El Litoral, Ahuachapán	Dañado
2	Puente Jujutla, Carretera El Litoral, a la altura del km 98.6, municipio de Jujutla, La Libertad	Dañado
3	Puente Rio Grande, Carretera que de La Libertad conduce a Sonsonate, a la altura de km 21, La Libertad	Dañado
4	Puente en camino que conduce hacia Caserío El Triunfo, Sonsonate	Dañado
5	Puente en Camino que conduce hacia Caserío Paniagua, Sonsonate	Dañado
6	Puente a 12.2 kilómetros del desvío Carretera Panamericana, Suchitoto, Cuscatlán	Dañado
7	Puente sobre Río Palio, Calle Joya de Cerén, hacia San Juan Opíco	Dañado
8	Puente sobre carretera que conduce de Ateos hacia Tepecoyo, Rio Los Encuentros	Dañado
9	Puente Carretera El Litoral, desvío a Santa Isabel Ishuatan, Sonsonate	Dañado
10	Puente final Prolongación Av. Masferrer, 650 metros antes de llegar a 75 Av. Norte, SS	Dañado
11	Puente en Intersección entre Suchitoto y Cuscatlán	Dañado
12	Puente Apancoyo, El Litoral, Km 96, Caserío Apancoyo, Cantón Las Piedras, Sonsonate	Dañado
13	Puente Caserío El Limón Km 71.5 rumbo a Chalatenango, Cantón San Bartolo	Dañado
14	Puente sobre Río San Antonio, Av. Juan Aberle, limite San Salvador-Mejicanos	Dañado

Tabla 1.7: Obras de paso menores entre colapsadas y dañadas. a causa de la tormenta tropical DOCE-E en 2011.

1	Puente a la entrada al cantón el centro, cerca monumento de la cruz, Santa Cruz Michiapa, Cuscatlán	Dañado
2	Obra de paso km 13.5 Carretera Panamericana antigua	Dañada
3	Obra paso Ruta Panorámica, tramo de Cojutepeque hacia Santo Tomás, Cantón San Agustín, Cuscatlán	Colapsada

Fuente: Ministerio de Obras Públicas, octubre 2017. 29 puentes y obras de paso menores entre colapsados, dañados y en situación de riesgo.

Según Pastora et al. (2013) la Dirección de Adaptación al Cambio Climático y Gestión de Riesgo (DACGER) del Ministerio de Obras Públicas (MOP), realizó un análisis sobre los daños ocurridos durante la DT 12E, lo cual permite tener un mejor entendimiento de las causas y tipos de daños que ocurren durante eventos extraordinarios.

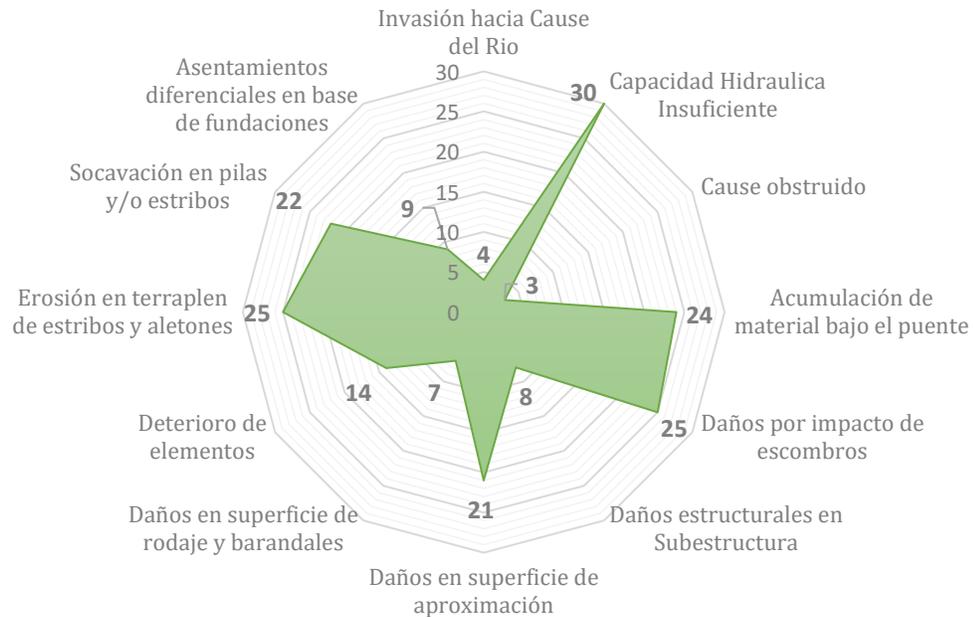


Imagen 1.9: Tipos de daños que ocurren en puentes durante eventos lluviosos extraordinarios.

Fuente: Pastora, D., García, J., & Guzmán, W. (Julio de 2013). Consideraciones de adaptación al cambio climático en el diseño de puentes de El Salvador. I Seminario de estudio de la vulnerabilidad de puentes y obras de paso en El Salvador. Dirección de Adaptación al Cambio Climático y Gestión Estratégica del Riesgo (DACGER).

Al analizar el esquema en la Imagen 1.9 se puede verificar que son 6 tipos de daños los que afectan en su mayoría a los puentes que son: capacidad hidráulica insuficiente, socavación en pilas y/o estribos, erosión en terraplén de estribos y aletones, daños en superficie de aproximación, daños por impactos de escombros y acumulación de material bajo el puente, pero, la de mayor influencia es la “Capacidad hidráulica insuficiente”, lo que indica que el mayor problema se da desde el diseño de los puentes, ya que no son ubicados en el lugar apropiado desde su inicio.

Sin embargo, aunque los eventos de lluvia durante el Huracán Mitch (2001) y la tormenta DOCE-E (2011) hayan sido los mayores eventos lluviosos en El Salvador, no son los únicos eventos de lluvia que han dejado inhabilitado el paso por un puente, en las imágenes 1.10 y 1.11 se muestran unos de los daños ocurridos en puentes, causados por lluvias en el año 2009, donde se muestran los puentes Rio Grande y Titihuapa totalmente colapsados y obstruidos por material que arrastró la corriente de agua en ese momento provocando finalmente el colapso de esos puentes.



Imagen 1.10: Puente San Antonio, sobre el km 34 de la carretera El Litoral, dañado en su totalidad debido al impacto de dos árboles sobre este.

[Fotografía de Mario Amaya]. (Puerto de La Libertad y San Diego, 2009). Incomunicados por puentes destruidos y los derrumbes. archivo.elsalvador.com



Imagen 1.11: Colapso de puente Titihuapa debido a obstrucción en el paso del cauce del río.

[Fotografía de Ing. Guillermo Candela]. (San Ildefonso y Dolores, 2009). Desastres en Puentes.

Algunos de los daños que se generaron en los puentes debido a lluvias, pudieron ser de menor magnitud e inclusive hasta evitarse, si se hubieran aplicado medidas correctivas o de mantenimiento preventivo en los puentes, como por ejemplo: realizar limpieza en los causes de los ríos cuando inicia la temporada de lluvia, o como se mencionó anteriormente, la correcta ubicación del puente desde su construcción con la cual la capacidad hidráulica no se considere como insuficiente; para poder determinar esto es necesario realizar un estudio hidrogeológico previo, pero considerando que muchos de los puentes en nuestro país tienen edades de aproximadamente 50 años o más, no es posible determinar con exactitud si para su construcción se utilizó alguna normativa para puentes, que dictaminara un estudio

hidrogeológico, que determinara la ubicación definitiva del puente, y que este no sufriera daños en un futuro por problemas de capacidad hidráulica.

Actualmente, para la inspección de daños en puentes en El Salvador, los daños se clasifican en 4 categorías, de acuerdo al catálogo de daños del MOP, las categorías en las que se dividen los daños son:

- a. **Estructura:** Es el tipo de daño que afecta directamente a la estructura, subestructura y accesos al puente, puede causar mayor incertidumbre con respecto a la estabilidad de un puente en base a la severidad de los daños que presenten.
- b. **Agentes externos:** Este es el tipo de daño causado a la estructura por agentes químicos o causas naturales, genera deterioros a la estructura progresivos, cuando estos son poco agresivos o generan un daño severo al puente directamente, como por ejemplo, sobrecarga excesiva en un puente.
- c. **Funcionalidad:** Este tipo de daño se presenta por problemas funcionales, causada a menudo por la antigüedad o por un pobre diseño del puente. También se considera cuando una mejora es mal diseñada o pierde su función, como una capa de rodadura que se deteriora en muy poco tiempo.
- d. **Importancia:** Esta categoría de daño, se basa en el impacto socioeconómico que se generaría de faltar un puente y la clasificación de costo que conllevaría arreglar dicho daño.

A continuación se muestran fichas detalladas con las generalidades, información básica de localización y estado de daños de puentes que se encuentran en la red vial del país y que sirven de ejemplo para ver las condiciones en las que se encuentran las estructuras de puentes en el país; los puentes que se muestran son:

- Puente EL JOBO
- Puente MOTOCHICO
- Puente MELARA
- Puente SAN ANTONIO

Puente EL JOBO	
Criterio	Descripción
Generalidades	<p>El Puente El Jobo, es un puente colgante, construido originalmente en la década de los 50's, sobre el cauce del Rio Paz, y forma parte de la red primaria de carreteras de El Salvador y que ha contribuido durante muchos años a agilizar el tránsito humano y comercial entre estas dos repúblicas.</p> <div style="text-align: center;">  <p>Imagen 1.12: Puente El Jobo (2018), frontera "Las Chinamas" (El Salvador-Guatemala) Fuente: Propia.</p> </div>
Ubicación Geográfica	<p>Ubicado en El río Paz, Cantón Las Chinamas, Departamento de Ahuachapán, en la frontera denominada "Las Chinamas" entre la República de El Salvador y La República de Guatemala específicamente en la carretera CA-8W y CA-8, cuyas coordenadas en el sistema geográfico de ubicación son: 14°01'74.00"N y -89°90'59.00".</p> <div style="text-align: center;">  <p>Imagen 1.13: Ubicación geográfica de puente El Jobo, en frontera "Las Chinamas" (El Salvador-Guatemala).</p> </div>
Intervenciones	<p>En 1994 el puente se somete a su primera intervención profunda, a causa de daños por el incremento en la circulación de vehículos, los cuales dañaron la infraestructura, por lo que se puede deducir que hubo un incremento en la carga de diseño.</p>

<p>Daños</p>	<p>Durante la participación del proyecto NORSAR (Universidad de El Salvador, 2007) con el tema: “Vulnerabilidad en puentes”, se realizó la inspección de condición del puente El Jobo, en el cual los daños que más se destacaban fueron los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Daños en los elementos metálicos; vigas, columnas y armaduras metálicas, presentaban corrosión, la cual reduce la resistencia y las dimensiones de estos. ✓ No se visualizó deterioro en los cables, no obstante en las placas de unión y pernos si existía corrosión, se conoce que estos cables habrían sido sustituidos en la reparación de 1994. ✓ Losa reticular; presentaba grietas en los casetones, algunas se observaron profundas, pero no se pudo medir el ancho de las grietas por no tener acceso a ellas. Sobre la superficie de la losa no se encontró grieta alguna por estar sobre ella el pavimento. ✓ Estribos y pilas; no se observaron daños, sin embargo, cerca del estribo frontera con Guatemala se observaron como que algunos elementos fueron incorporados, de los cuales no se mencionaba en ningún documento. ✓ En el acceso peatonal se presentaba desprendimiento de la losa en algunos lugares a lo largo del acceso tal como es muestra en la ilustración 1.18. 	
<p>Fotografías de daños [Fuente: proyecto NORSAR “Vulnerabilidad en puentes” (Universidad de El Salvador 2007)]</p>	 <p>Imagen 1.14: Deterioro de vigas metálicas</p>	 <p>Imagen 1.15: Deterioro de las placas de Unión</p>
 <p>Imagen 1.16: Vistas de los deterioro de los elementos de transición de carga a la pila central.</p>		

Puente MELARA	
Generalidades	<p>Puente modular metálico tipo Arco, tiene una longitud de 75 metros y un ancho de rodaje de 7.32 metros, de doble carril y será apoyado sobre dos estribos de concreto reforzado y una pila de estructura metálica</p> <div style="text-align: center;">  <p>Imagen 1.17: Puente Melara [Fotografía de www.pinterest.es/mopsocial/estampas-de-el-salvador]. (Cantón Melara, La Libertad, 2010)</p> </div>
Ubicación Geográfica	<p>Ubicado sobre el Río Huiza, Cantón Melara, La Libertad, específicamente en la carretera CA02AE, tramo comprendido entre CA04S - LD LA PAZ, cuyas coordenadas en el sistema geográfico de ubicación son: 14°28'45.90"N y 89°12'28.4"</p> <div style="text-align: center;">  <p>Imagen 1.18: Ubicación geográfica del Puente Melara, Departamento de La Libertad, El Salvador</p> </div>
Daños	<p>Los daños es este puente llamaron la atención debido a que, durante la Tormenta Ida, colapsa en noviembre de 2009. El Puente Melara ha sido repuesto en dos oportunidades ya que las fuertes lluvias registradas en julio de 2008 provocaron el colapso de la estructura de concreto y acero, lo que obligó al MOP a instalar uno provisional tipo Bailey en agosto de ese año. Sin embargo la Tormenta Ida hizo sucumbir este puente el que más tarde en noviembre de 2010 es reconstruido en totalidad.</p>

**Fotografías de
daños**



Imagen 1.19: Colapso de Puento Melara, Departamento de La Libertad, El Salvador, Noviembre de 2009,
[Fotografías de Ing. Adry Vivina Flores]. (Universidad de El Salvador).



Imagen 1.20: Puento Melara, Departamento de La Libertad, El Salvador, 2008,
[Fotografías de www.mapio.net]. (Universidad de El Salvador).

Puente SAN ANTONIO

Generalidades Puente de concreto presforzado del tipo “Bowstring” (Arco Tirante) de 36 metros de luz, con dos arcos, uno a cada lado de la calzada, atirantados por su respectiva viga inferior. Tiene una calzada de 9.30 metros, conformada por dos carriles de 3.60 metros de ancho y hombros de 1.05 metros, delimitados por barrera rígida y los propios arcos, emplazándose en cada lateral una acera de 1.10 metros de ancho. Ancho total de 13.80 metros.



Imagen 1.21: Puente rio San Antonio
[Fotografía de CIVING S.A. de C.V.]. (Departamento La Libertad, El Salvador, 2014)

Ubicación Geográfica Ubicado sobre la carretera del litoral, específicamente en el Km 33.8 entre el Puerto de La Libertad y San Diego CA02AE, tramo comprendido entre CA04S - LD LA PAZ, cuyas coordenadas en el sistema geográfico de ubicación son: 13°28'53.65"N y 89°14'43.08"

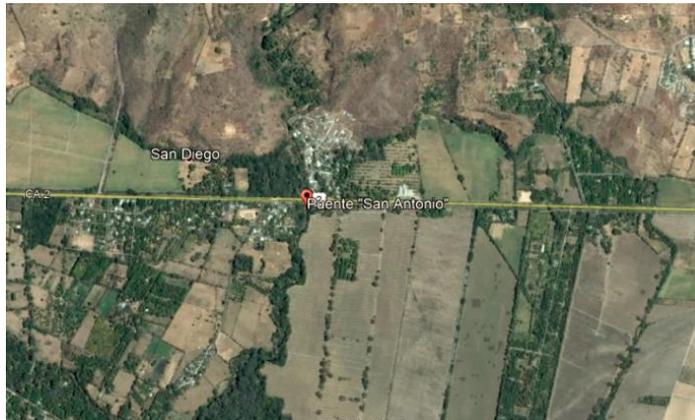


Imagen 1.22: Ubicación geográfica del Puente rio San Antonio ,
Departamento de La Libertad, El Salvador.

Daños	Los daños en este puente llamaron la atención durante la Tormenta Ida, ya que hicieron que este colapsara en noviembre de 2009, siendo hasta diciembre de 2013 se da inicio a la construcción del nuevo puente gracias a USAID en el marco del programa de reconstrucción de daños por la Huracán Ida.
Fotografías de Daños	 <p>Imagen 1.23: Colapso de Puente San Antonio, Departamento de La Libertad, El Salvador, Noviembre de 2009, [Fotografías de Ing. Adry Vivina Flores]. (Universidad de El Salvador).</p>
	 <p>Imagen 1.24: Colapso de Puente San Antonio, Departamento de La Libertad, El Salvador, Noviembre de 2009, [Fotografías de Ing. Adry Vivina Flores]. (Universidad de El Salvador).</p>

Puente MOTOCHICO

<p>Generalidades</p>	<p>Puente de vigas y losa de concreto, compuesto por 2 tramos isostáticos, con pilas de mampostería, que conforman una longitud total de 40 metros de largo y 12.20 metros de ancho</p> <div style="text-align: center;">  <p>Imagen 1.25: Puente Motochico colapsado por lluvias [Fotografía de Mario Castro]. (El Paraíso - El Dorado, 2017). Noticias. elsalvador.com.</p> </div>
<p>Ubicación Geográfica</p>	<p>Ubicado en el km 69 de la carretera longitudinal del norte, del departamento de Chalatenango, específicamente en la carretera CA03E desvío El Paraíso - desvío El Dorado, cuyas coordenadas en el sistema geográfico de ubicación son:</p> <p style="text-align: center;">14°05'44.5"N y 89°04'19.4"</p> <div style="text-align: center;">  <p>Imagen 1.26: Ubicación geográfica del Puente Motochico, Departamento de Chalatenango, El Salvador</p> </div>

<p>Daños</p>	<p>Los daños es este puente llamaron la atención debido a que durante las intensas lluvias en junio del 2017 este colapsa dejando incomunicados a varios poblados, siendo así, que el viceministro de Obras Pública, Eliud Ayala, informó que en septiembre de ese iniciarían con la demolición del puente Motochico, en Chalatenango.</p>
<p>Fotografías de daños</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">  </div> <p style="text-align: center;">Imagen 1.27: Colapso de Puente Motochico, Departamento de Chalatenango, El Salvador, Junio 2017, [Fotografías de Mario Castro]. (El Paraíso - El Dorado, 2017). Noticias. elsalvador.com.</p>

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La necesidad de un Sistema de Administración de Puentes (SAP), que se adapte al estado real de la Infraestructura Vial Nacional es indiscutible. Actualmente, en los registros en los registros de puentes se encuentran aproximadamente 1,500 estructuras, en condiciones que no son las óptimas, lo que sugiere una inversión significativa dentro del presupuesto del país.

El origen del problema radica en que, la mayoría de puentes que forman parte de la red Vial Nacional, están llegando al final de su vida útil, ya que esta depende del

estado de la estructura, de sus características funcionales, de las modificaciones previstas y principalmente de las medidas que se tomen para prolongarla.³⁶

A raíz de esta problemática es necesario cuestionarnos:

- ✓ ¿Cuál es el estado físico, estructural y funcional de los puentes en nuestro país?
- ✓ ¿Las estructuras de puentes en nuestro país se encuentran bajo un control estricto de evaluación?
- ✓ ¿Es necesario evaluar estructuralmente los puentes para determinar su estado?

La respuesta a cada una de estos cuestionamientos es realmente incierta ya que en el país no existe un modelo práctico de evaluación de puentes que permita obtener respuestas precisas; debido a la importancia en la red vial, las estructuras de puentes, deben incluirse dentro de un plan de mantenimiento, que permita que estos puedan funcionar correctamente durante los años de vida útil estimados. La inversión en mantenimiento preventivo por la presencia de daños encontrados, sería menor que una posterior reconstrucción debido a la falta de mantenimiento en la misma; desde esta perspectiva, es importante estar al tanto de las condiciones en las que se encuentran y operan los puentes.³⁷

Los Autores Charles R Farrar y Keith Worden mencionan en un artículo publicado en la *"Philosophical Transaction Of The Royal Society A Mathematical Physical And Engineering Sciences de 2007"*, que el proceso de implementación de estrategias para la identificación de daños en infraestructuras de ingeniería Aero-espacial, civil y sistemas mecánicos en general, es referido como el monitoreo de salud estructural. Para este monitoreo, el concepto de daño se define como "cambios materiales o de propiedades geométricas de estos sistemas incluyendo los cambios en las condiciones de frontera y la conectividad del sistema, los cuales afectan adversamente el desempeño de éste."³⁸

Por lo que para la correcta detección e identificación de daños en la infraestructura civil, según Rytter (1993) en el Ph.D. Dissertation, "Vibration Based Inspection of

³⁶ Grattesat, G. (1983). Informes de la construcción, Vol 34. *Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)*, pág.1.

³⁷ Inspección, evaluación y priorización de 8 puentes utilizando el proceso Analítico Jerárquico, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería en Construcciones, Septiembre 2012, pag. 1 Prefacio

³⁸ Farrar&Worden (2007) "an introduction to structural health monitoring". *Phil. Trans. R. Soc. A* 365, 303-315, 15 de febrero de 2007

Civil Engineering Structures”, del department of building technology and structural engineering, Aalborg University, Denmark. Existen cuatro niveles requeridos para obtener resultados confiables del estado que presenta la estructura; estos niveles corresponden a:

- Nivel 1- Detección: ¿Está dañada la estructura?
- Nivel 2- Localización: ¿Dónde se ubica el área con daño?
- Nivel 3- Cuantificación: ¿Cuál es la severidad del daño?
- Nivel 4- Predicción: ¿Cuál sería la vida útil remanente para la estructura? o ¿cuál sería su desempeño ante la ocurrencia de un posible evento?

En El Salvador, las prácticas convencionales de inspección de puentes, corresponden únicamente a los niveles de detección y localización, mencionados anteriormente y se ejecutan primordialmente en forma visual. Estas prácticas son importantes ya que, en forma directa, además de identificar la geometría y los elementos estructurales que constituyen cada puente inspeccionado, permiten también identificar las partes que presentan daños o deterioros en estos.

Los datos obtenidos de la inspección visual indicarían los niveles 1 y 2 (detección y localización), estos son la base para obtener los parámetros que permiten establecer la condición real del puente, resulta necesario poder implementar los niveles 3 y 4 (cuantificación y predicción), ya que permiten realizar análisis detallados del estado de la estructura para obtener resultados más cercanos a la realidad; dichos resultados, estarían basados únicamente en la apreciación profesional del inspector a cargo de realizar la evaluación.

Para obtener los resultados del estado en que se encuentran cada uno de los puentes en el país, no basta solo con tener a la mano los datos de las inspecciones realizadas, también es necesario contar con herramientas que permitan el correcto análisis de estos datos y evaluar las prioridades de los elementos a reparar, costos en que se incurre, además de poder determinar si un puente requiere únicamente mantenimiento rutinario, o es necesario desarrollar evaluaciones estructurales a detalle que permitan determinar la condición real del puente.

Para conseguir esto, es necesario plantear un orden lógico de parámetros de evaluación que permitan generar prioridades, de acuerdo a los daños identificados durante la inspección visual, esto para dar respuesta a cuestionamientos tales como:

- ✓ ¿Cuáles son los daños más típicos que presentan las estructuras de puentes?

- ✓ ¿Cuál es el grado de daños que estas estructuras poseen?
- ✓ ¿Cuál de estas estructuras requieren de intervención inmediata y cuáles pueden esperar?
- ✓ ¿Cuál es el costo aproximado que se puede disponer para el desarrollo de la intervención y/o mantenimiento de la estructura de puente?

Actualmente el SAP de El Salvador, cuenta con una herramienta informática denominada “Sistema GP”, que en la práctica presenta problemas de implementación debido a la falta de actualización para el sistema mismo como de la información de los puentes, ya que realizar el proceso de recopilación y análisis de la información, resulta tedioso y engorroso para el usuario debido a la gran cantidad de datos que se maneja, y a que el sistema solo permite el ingreso manual de la información de un puente por vez para realizar el análisis, sumado a esto, la búsqueda de información dentro de la aplicación es poco eficiente, lo que provoca la posibilidad que se den como resultado datos erróneos y/o poco precisos, que a largo plazo obstaculizan la disposición de recursos para el debido mantenimiento de los puentes que pueden requerir atención inmediata.

Es así, que debido a las deficiencias descritas anteriormente, hasta la fecha se ha dificultado poder dar respuesta a todos los cuestionamientos presentados, por lo que el MOP expresa, que su mayor deficiencia está en identificar de manera rápida y eficiente, cuales puentes necesitan una intervención inmediata y cuáles pueden postergar su reparación o mantenimiento (Ing. M. Lemus, comunicación personal, 8 de febrero de 2018).

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General:

Analizar el Sistema de Administración de Puentes del Ministerio de Obras Públicas (MOP) y con base a los resultados, proponer mejoras que contribuyan sustancialmente en la correcta inspección visual de las estructuras de puentes en El Salvador.

1.3.2. Objetivos Específicos:

- ✓ Analizar el Sistema de Administración de Puentes actualmente empleado en el MOP de El Salvador, para identificar las deficiencias que puedan existir, y así brindar propuestas de mejora de acuerdo a las observaciones realizadas.

- ✓ Investigar sistemas y/o herramientas para la administración de puentes utilizados en otros países, que puedan utilizarse como referencia para las propuestas de mejoras en el Sistema de Administración de Puentes (SAP) del país.
- ✓ Formular una Guía de inspecciones de puentes que sea didáctica y fácil de comprender para los Inspectores de inventario.
- ✓ Proponer mejoras en los formularios de inspección para lograr obtener datos más confiables y más ordenados.
- ✓ Formular un catálogo de daños para las inspecciones de puentes que sea didáctico y fácil de comprender para los Inspectores de inventario.
- ✓ Proponer una metodología para la evaluación de los daños de un puente con el cual se obtengan índices de prioridad para su reparación y/o mantenimiento, estableciendo parámetros que permitan la selección de la información, a partir de los datos de una inspección de campo.

1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES

1.4.1. Alcances.

El SAP en nuestro país, está conformado por diversas actividades que son:

- ✓ Inspecciones visuales en los puentes.
- ✓ Base de datos de Inventario Básico y de Estado de Condición de los puentes.
- ✓ Depuración de la base de datos de inventario.
- ✓ Evaluación de estado de condición de puentes.
- ✓ Establecimiento de prioridades.
- ✓ Evaluación económica de posibles acciones de mantenimiento o reparación.
- ✓ Implementación de acciones.

El alcance de este trabajo de investigación se centra en el desarrollo de aquellas herramientas necesarias para realizar una correcta **evaluación de estado de condición de puentes**. Esto, con el objetivo de aportar un conocimiento sólido sobre las actividades, consideraciones y parámetros que se deben tomar en cuenta durante y para la inspección visual que permitan obtener resultados cercanos a la realidad del estado que presentan los puentes en el país.

Para lo cual, el resultado de las propuestas de mejora se reúnen en el contenido de la denominada “**Guía de inspección visual de puentes**” (Ver anexo 5), la cual muestra conceptos que abarcan tanto las tipologías de puentes como de cada uno de los elementos que los conforman con base a la clasificación que se utiliza en el país, además, proporciona el detalle del procedimiento que se debe seguir para realizar el

llenado de las propuestas de formularios de Inventario Básico de Puentes (IBP) e Inventario de Estado de Condición de Puentes (IECP), así como también hace mención al equipo básico necesario para realizar las inspecciones de tipo visual.

En la guía propuesta no profundiza en temas tales como el funcionamiento o forma de trabajo de los puentes bajo la acción de cargas, por lo que únicamente pretende mostrar aquel concepto básico necesario que sirve para comprender la actividad misma de inspección visual.

De la misma forma se incluye el catálogo de daños propuesto, el que se muestra únicamente la conceptualización, descripción de daños y causas que los producen, que pueden ocurrir para la **estructura** de los puentes. Esto, debido a que el contenido que abarca el SAP para la evaluación de las variables de **agentes externos, funcionalidad e importancia**, que se encuentran en el actual catálogo de daños del MOP, requieren de estudios particulares y detallados para cada una, los cuales no fueron abarcados durante la investigación.

Se incluye la propuesta de metodología de evaluación de puentes cuya finalidad es: servir como modelo para el proceso de priorización de mantenimiento y/o reparación en puentes, que de igual forma que el antes mencionado catálogo de daños, este solo se incluyen las variables para la evaluación de la **estructura** del puente.

Para la calibración del uso de la guía de inspección como de la metodología de evaluación propuesta, se utilizaron los datos de 18 puentes proporcionados por las empresas supervisoras de FOVIAL a través del MOP, de los cuales se tomaron 3 puentes de referencia, de diferentes tipologías y diferente estado de condición, con el fin de validar la información que resulta de la evaluación.

El análisis y propuestas de mejora presentados en este trabajo de investigación no sustituyen el actual Sistema de Administración de Puentes (SAP) que utiliza el Ministerio de Obras Públicas (MOP), si no que funcionan como parámetro para desarrollar mejoras sustanciales al mismo, con el fin de darles el mantenimiento necesario a los puentes que se encuentran en la Red Vial Nacional.

1.4.1. Limitaciones.

La documentación de la investigación histórica de la evolución del Sistema de Administración de Puentes en El Salvador, y de los puentes en la red vial nacional, no ha sido proporcionada por el Ministerio de Obras Públicas, por lo cual la

información presentada, hace referencia a instituciones gubernamentales y no gubernamentales, tesis pertenecientes a instituciones universitarias nacionales y a entrevistas realizadas a personas que han trabajado en el área de puentes.

La metodología de evaluación de daños en puentes que se propone para el SAP, se desarrolló únicamente utilizando la información obtenida directamente de las inspecciones visuales realizadas por personal de FOVIAL para el año 2017, debido a que en la base de datos del MOP existen errores que no permiten que esta información pueda utilizarse para generar Índices de Prioridad (IP) y aplicar la metodología propuestas.

Los puentes utilizados para la metodología y validación de la propuesta de mejora para la determinación de la priorización de mantenimiento de puentes se limitan a 3, de una población de 18 puentes facilitados por el MOP, debido a la disponibilidad de tiempo para la investigación, por lo que no será posible abarcar en su totalidad las tipologías de puentes existentes en el país.

Estos mismos 3 puentes utilizados para la validación de la metodología serán empleados para la obtención de los costos teóricos de reparación y mantenimiento de daños, por lo que no se obtendrán costos para el total de daños existentes en el Catálogo propuesto, por lo que se realizarán únicamente aquellos daños que presenten los puentes sometidos a evaluación y calibración de la información.

1.5. JUSTIFICACIÓN

En El Salvador, el transporte terrestre es considerado como una importante vía para el desarrollo del país, tanto en el aspecto económico, tecnológico y social; por lo que es necesario que las condiciones de las carreteras y de los puentes sean óptimas, no obstante, las estructuras civiles modernas son cada vez más complejas en tamaño y diseño, nuevos conceptos y materiales, las condiciones ambientales y operacionales resultan más demandantes.

Actualmente, en algunos de puentes, se encuentran diversos daños, como: la degradación en la fundación y estribos, fisuras en losa, barandales dañados, corrosión, deflexiones, desgaste en la superficie de rodamiento, entre otros, que se dan a consecuencia de factores como el incremento de cargas rodantes y falta de mantenimiento, cuyos efectos son agravados por el deterioro que causan los elementos ambientales y fenómenos naturales. Sumado a esto, en El Salvador las técnicas de conservación de puentes y de mantenimiento en todas las condiciones de

servicio de los puentes no siempre son las más adecuadas, debido a la inexistencia de herramientas ágiles, que permitan determinar el estado real de condición del puente, comprometiendo de esta manera la vida útil de estas estructuras.

De acuerdo con un artículo publicado por la revista Construir del año 2017, “en los últimos 7 años el MOP ha construido 104 puentes, con una inversión total de US \$70,9 millones”³⁹, y estos en su mayor parte con el financiamiento de instituciones y organizaciones internacionales, con el fin de contribuir con el desarrollo del país o bien solventar una necesidad de estas estructuras.

Al analizar estos montos de inversión, se puede identificar, que los puentes son estructuras que requieren una inversión alta dentro del presupuesto de un país, se estima que estas, a partir de la construcción, su vida útil se aproxime a los 100 años, sin que surjan daños significativos que impliquen una reconstrucción completa. Estas, requieren que se realice una planificación adecuada de los recursos de acuerdo a la necesidad de la estructura. Por lo que contar con una herramienta que permita establecer cuál de las estructuras requiere o no de atención inmediata, es vital para la correcta gestión de puentes.

Es por ello, que, el siguiente trabajo de investigación, plantea la propuesta de implementar metodologías de evaluación para los datos obtenidos durante la inspección visual, que, basado en metodologías existentes de priorización, permita generar un orden de priorización en el mantenimiento y/o reparación de los puentes, de forma más ágil y eficiente.

³⁹ Cedillos, K. (2017). El Salvador licita construcción de puentes en San Salvador. *Construir América Central y el Caribe*. Recuperado desde: <http://revistaconstruir.com/el-salvador-licita-construccion-de-puentes-en-san-salvador/?fbclid=IwAR05M2mHMNGlxugdQOqHRfeoY-8909fEH05MPfHldlOpqMxkcN57YGuE6uw>

**CAPÍTULO II:
SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE
PUENTES DE EL SALVADOR**

2. SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE PUENTES DE EL SALVADOR.

Los sistemas de administración de puentes surgen a partir de la necesidad de realizar mantenimiento o reparaciones adecuadas a los elementos que conforman la estructura de un puente en el momento idóneo, cuando el daño aún no se considere como inminente al puente.

Un Sistema de Administración de Puentes (SAP) suele confundirse con el concepto de Sistema de Gestión de Puentes (SGP), por tanto, es importante aclarar que el término “administrar”, hace referencia a la utilización de los recursos disponibles para la planificación de acciones que ayuden a lograr los objetivos deseados, mientras que, “Gestionar”, hace referencia a la puesta en marcha de actividades planificadas en la administración.

Según The Manual for Bridge Evaluation (El Manual de Evaluación de puentes) de la AASHTO, el objetivo principal del BRIDGE MANAGEMENT SYSTEM (BMS) (Sistema de Gestión de Puente) es:

“Determinar e implementar estrategias de preservación y mejoramiento de la infraestructura, que integre las actividades de capital y mantenimiento a fin de maximizar el beneficio neto para la sociedad”

Por tanto, un Sistema de Administración de Puentes eficiente, es la herramienta que los ingenieros responsables en la toma de decisiones utilizan para emprender programas de mantenimiento a corto y largo plazo frente a las restricciones fiscales; además, de permitir el uso óptimo de la financiación.

2.1 COMPONENTES DE UN SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN PARA PUENTES.

Para explicar brevemente los componentes principales que debe tener todo SAP para lograr establecer procedimientos y políticas que establecen la condición física, las necesidades de mantenimiento, la urgencia de reparación o rehabilitación de puentes, entre otros, se toma como referencia El Manual de Evaluación de Puentes (The Manual for Bridge Evaluation) de la AASHTO en su Sección 3: Bridge Management Systems (pág. 3-1 a 3-6), el cual muestra que los componentes principales son los siguientes:

1. Base de datos.

Debe ser un sistema de base de datos que sea capaz de sobrellevar varios análisis involucrados en la gestión de puentes. Los tres tipos principales de datos requeridos por los Sistemas de Gestión de Puentes son:

- Inventario de datos
- Datos de costos.
- Datos de actividad de preservación y mejora.

2. Análisis de datos.

Debe permitir realizar estrategias para asignar y usar recursos limitados de manera óptima. La mejor decisión es la que minimiza los costos a largo plazo a la vez que proporciona el nivel de servicio deseado.

Los Sistemas de Gestión de Puentes dentro del análisis que realizan incluyen mecanismos que ayudan a predecir efectos futuros a partir de las decisiones que se toman.

El análisis de datos se compone de tres componentes principales:

- **Análisis de datos de condición:** Comprende de planificación a largo plazo, requiere que la toma de decisiones resulten rentables a largo plazo, se deben evaluar las necesidades futuras en base a los datos de condiciones actuales. Se utilizan modelos de deterioro en los Sistemas de Gestión de Puentes para proyectar la condición futura de los elementos estructurales y otros elementos clave. Estos modelos se utilizan para estimar:
 - La vida útil de los puentes nuevos.
 - La vida útil restante de los puentes en servicio.
 - La extensión en la vida útil debido a la rehabilitación u otras actividades de mantenimiento.
- **Análisis de datos de costo:** Los costos a considerar incluyen los costos directos e indirectos en los que se incurrirán para la reparación y/o mantenimiento de los puentes.
- **Optimización:** El objetivo es seleccionar un conjunto de puentes de tal manera que se maximice el beneficio total de los proyectos seleccionados, estableciendo prioridades del proyecto y asignando de manera óptima fondos limitados en un horizonte de planificación

predefinido, tanto a corto como a largo plazo. Existen dos enfoques comunes los cuales son:

- Enfoque descendente, donde los problemas de nivel de red se abordan primero.
- Enfoque ascendente, donde una forma mejorada del análisis a nivel de proyecto se itera automáticamente, hasta que todas las preocupaciones a nivel de red sean satisfechas.

3. Apoyo a las decisiones

La función de un BMS es proveer la información del puente además de la capacidad de análisis de datos para mejorar la de toma de decisiones de los Administradores de Puentes. Un BMS nunca se usa para tomar decisiones. Los puentes no pueden ser administrados sin la práctica, experiencia y la entrada bien informada de un Ingeniero/Administrador. Un BMS nunca se usa en la práctica para encontrar una mejor política entre las opciones posibles. En cambio, los administradores deben usar el BMS como una herramienta para evaluar diversas iniciativas, a menudo se conoce como un análisis de "qué pasa si". Las opciones disponibles pueden estar relacionadas con decisiones de red-nivel o de proyecto-nivel.⁴⁰

Por tanto, lo mencionado en los tres literales anteriores de The Manual for Bridge Evaluation de la AASHTO (Base de datos, Análisis de datos y Apoyo a las decisiones), son los componentes básicos para un sistema de administración de puentes eficiente. En lo que resta del capítulo, se analizará cada sección y actividad para el Sistema de Administración de Puentes (SAP) establecido en el país y de esta manera verificar el alcance del mismo.

2.2 SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE PUENTES DE EL SALVADOR, MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS (MOP).

Como se mencionó en el capítulo I, Sección 1.1.2., en El Salvador, con el transcurso de los años se ha tratado de generar e implementar un modelo de Sistema de Administración de Puentes (SAP), que se acople a las necesidades de estas estructuras en el país, teniendo como objetivo principal la correcta administración de puentes y obras de paso que pertenecen a la Red Vial Nacional.

⁴⁰American Association of State Highway and Transportation Officials. (2011). *THE MANUAL FOR BRIDGE EVALUATION SECOND EDITION*. Estados Unidos.

Para efectos generales de esta investigación, y con referencia a lo mencionado en el Capítulo I (pág. 19) concerniente a los manuales en que se basó parte del actual SAP, se documentarán las especificaciones de gestión de puentes que dicta The Manual for Bridge Evaluation de la AASHTO (Manual de evaluación de puentes segunda edición 2011), y su referencia: The Bridge Inspector's Reference Manual de la FHWA (Manual de Referencia del Inspector de Puentes volumen 1, publicación N°. FHWA NHI 12-049, 2012), para realizar un análisis del sistema existente en el país, a través de un estudio comparativo entre el Sistema de Administración de Puentes del MOP en El Salvador y el sistema que se utiliza en gran parte de los Estados Unidos (el cual constantemente realiza actualizaciones), y de esta manera determinar la eficiencia del sistema utilizado en nuestro país.

2.2.1 Componentes del Sistema de Administración de Puentes (SAP) de El Salvador, Ministerio de Obras Públicas (MOP).

Como se mencionó en la sección 2.1, los componentes básicos de un SAP según el manual de la AASHTO son tres: Base de datos, Análisis de los datos y Apoyo a las decisiones, todas de suma importancia para obtener resultados eficientes en el manejo de recursos para las necesidades que requieran los puentes por el estado de condición que presenten; por lo que en la tabla 2.1 se muestra las instituciones que intervienen directamente en el SAP en El Salvador y sus respectivas responsabilidades, ya que estas actividades ayudan a que la aplicación de los 3 componentes básicos que menciona la AASHTO sean desarrollados en el país.

Tabla 2.1: Instituciones que intervienen directamente en el SAP de El Salvador

Institución	Información que administra al sistema
Ministerio de Obras Públicas, Transporte, Vivienda y Desarrollo Urbano (MOPTVDU)	A través de la Subdirección de Administración de Obras de Paso y de Inventarios Viales (SAOPIV) y, de la Dirección de Planificación de la Obra Pública (DPOP), asigna el personal responsable de la administración de puentes, para que estos evalúen la información del inventario y estado de condición de las estructuras con base a los datos existentes, además, asigna los puentes y obras de paso a cada una de las empresas contratadas para supervisión, ya que estas serán las responsables de la inspección visual.
Fondo de Conservación Vial (FOVIAL)	Administra y contrata todas las empresas para la supervisión, el mantenimiento rutinario de las vías e inspecciones de puentes, así como también, la información resultante de las inspecciones realizadas a los puentes, y el mantenimiento rutinario que estos

	necesiten, a través del Administrador de Red Vial (Mantenimiento Rutinario).
Empresas contratadas para la supervisión y el mantenimiento rutinario	Realiza las inspecciones de puentes. Estas obtienen toda la información de inventario y estado de condición de los puentes a través de los Inspectores de Inventario al realizar las inspecciones visuales en los puentes que les han sido asignados por la SAOPIV.

En el esquema 2.1 se muestran los organigramas jerárquicos actuales para cada una de las instituciones mencionadas anteriormente, cabe destacar que cada institución posee un organigrama jerárquico interno en el que muestra cada una de sus dependencias individuales, las cuales resultan demasiado extensas para su representación en este trabajo de investigación, por lo que se destacan únicamente aquellas dependencias que intervienen directamente en la Administración de Puentes de El Salvador y que se relacionan entre sí.

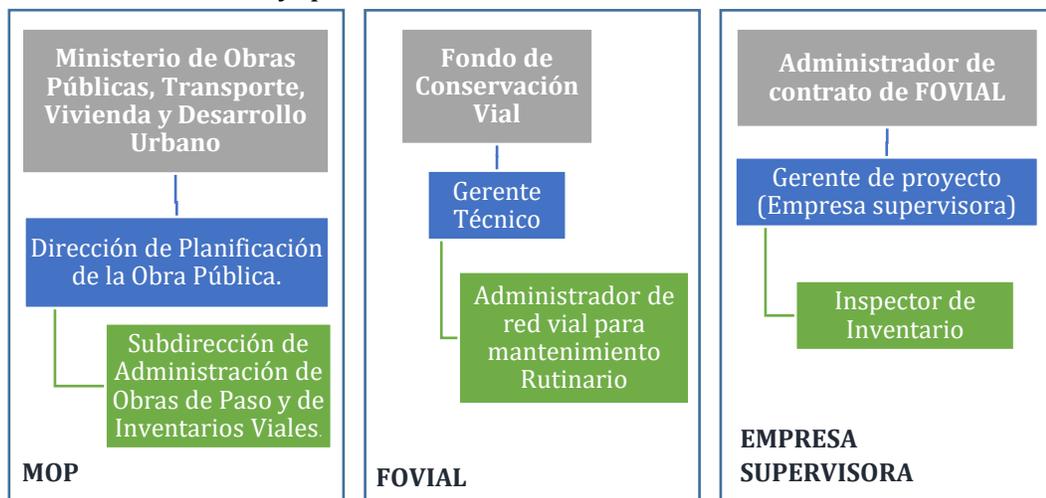


Imagen 2.1: Organigrama jerárquico de las instituciones que intervienen en el Sistema de Administración de Puentes de El Salvador.

En la imagen 2.2, muestra la forma en la que interactúan las instituciones que se han mencionado en la tabla 2.1, cuyo orden jerárquico se muestra en la imagen 2.1., ésta (imagen 2.2), muestra el manejo y recopilación de la información de los puentes tanto de inventario básico como de estado de condición de la estructura misma durante las actividades que realiza cada ente, donde, los encargados de recolectar dicha información de puentes son las empresas supervisoras contratadas y administradas por FOVIAL, quienes proporcionan el resultado de la información a personal encargado en FOVIAL y MOP. La interacción entre MOP y los ingenieros inspectores de las empresas supervisoras se da únicamente cuando se realizan

jornadas de capacitación con el objetivo de orientar al inspector de inventarios de puentes sobre la forma correcta de llenar los formularios de inspección.

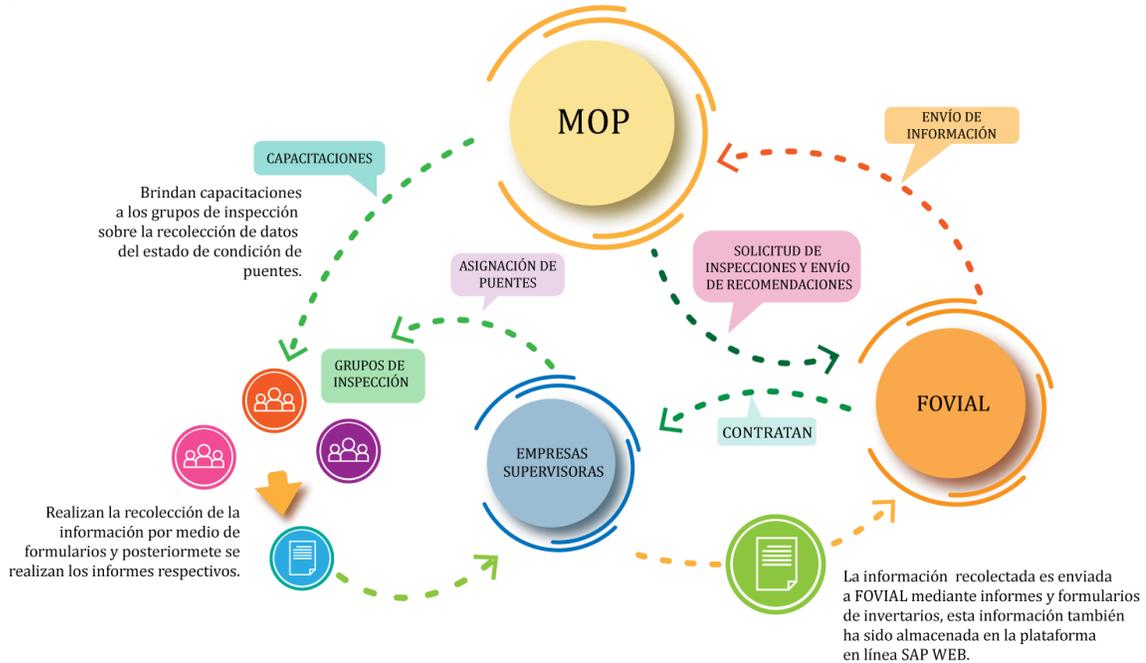


Imagen 2.2: Interacción de las instituciones durante la realización las actividades que les corresponde dentro del Sistema de administración de Puentes de El Salvador.

Para comprender el desarrollo de las actividades sobre el manejo de la información y trabajo de las entidades que componen el Sistema de Administración de puentes en El Salvador se tiene:

- ✓ **Actividades de inspección visual en puentes**, en las que se obtiene toda la información básica necesaria de los puentes. (Ver imagen posterior 2.3 y 2.4).
- ✓ **Actividades de inventario**, en donde se reúnen los datos de Inventario básico de puentes (IBP) y de Inventario de Estado y Condición de Puentes (IECP). (Ver imagen posterior 2.5).
- ✓ **Actividades de evaluación de condición de puentes** a partir de los datos obtenidos en las actividades de inspección visual e inventario. (Ver imagen posterior 2.5).
- ✓ **Actividades de ejecución** en las que se establecen prioridades de mantenimientos o reparaciones en los puentes, así como la evaluación económica de las actividades y la implementación de acciones a realizar a partir del análisis de la información. (Ver imagen posterior 2.5 y 2.6).

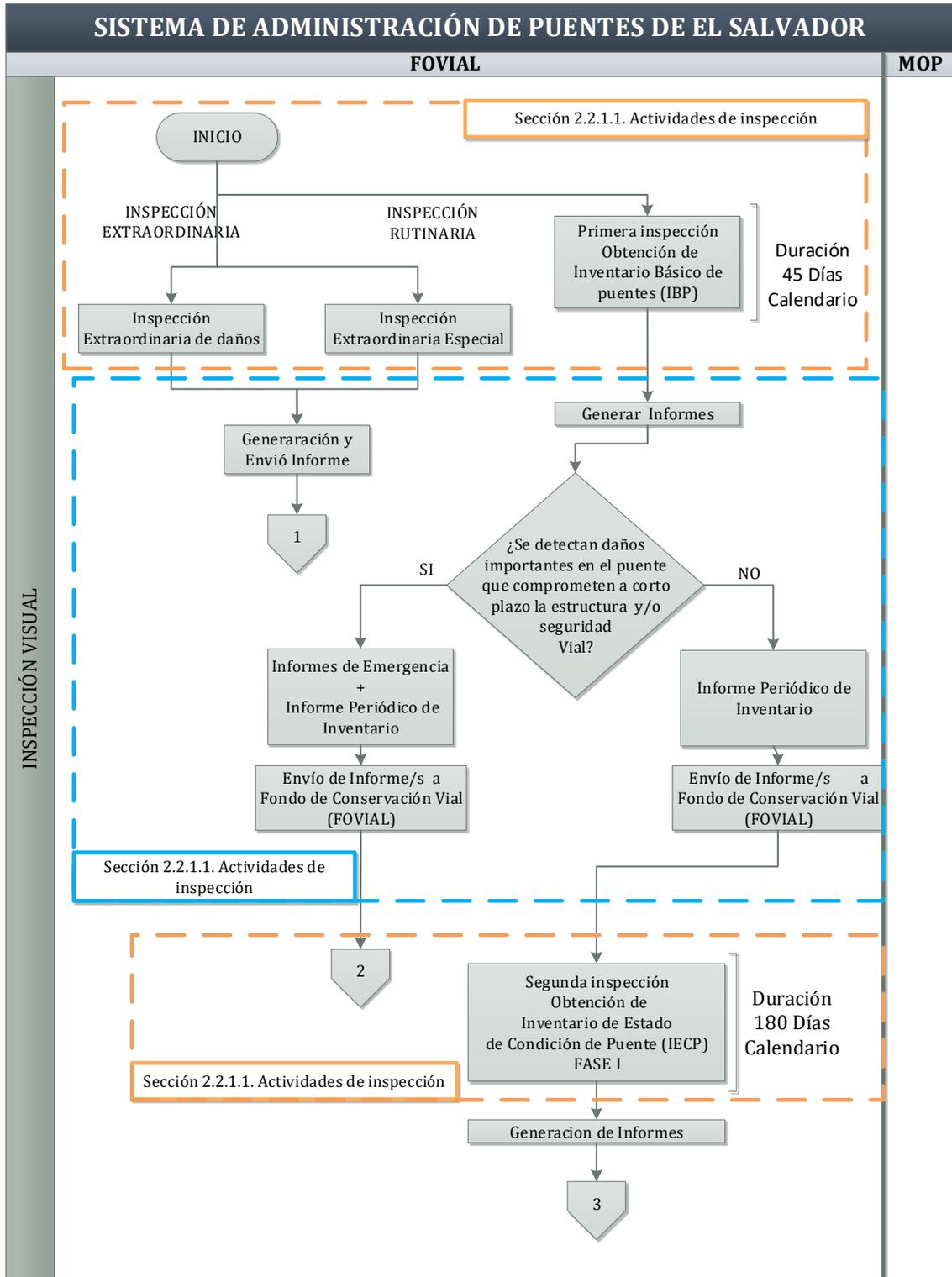


Imagen 2.3: Actividades del Sistema de administración de Puentes de El Salvador.

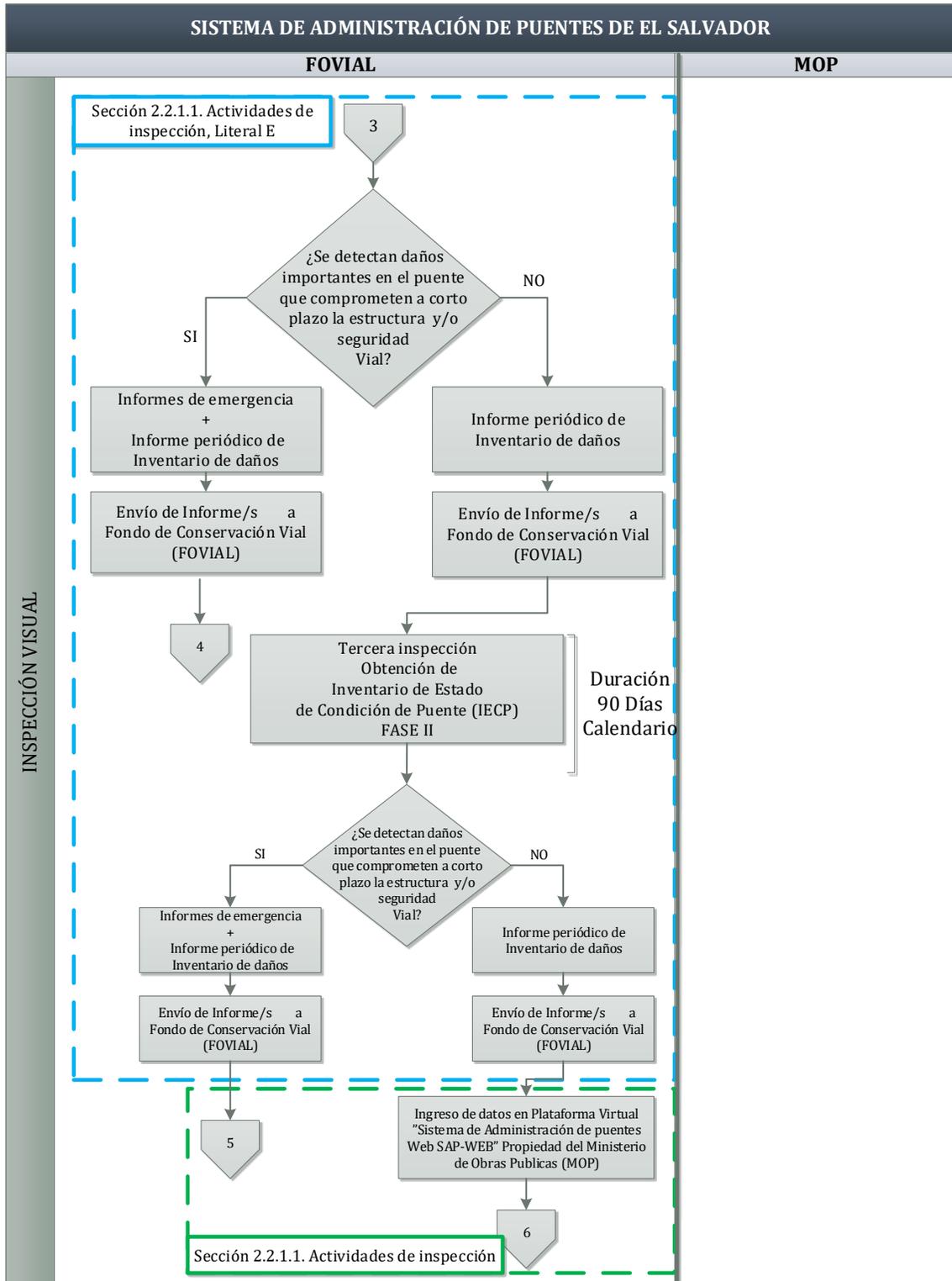


Imagen 2.4: Actividades del Sistema de administración de Puentes de El Salvador.

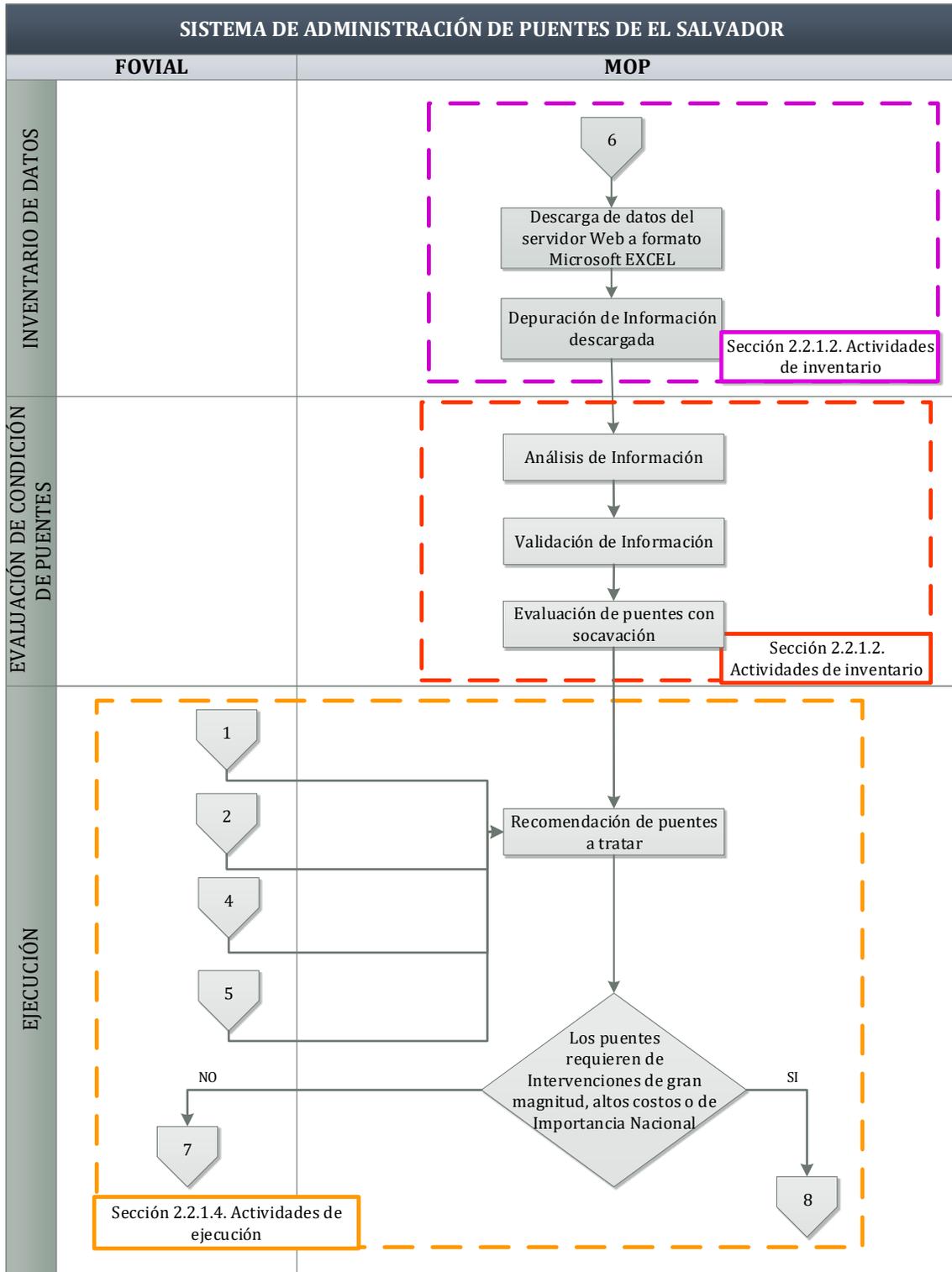


Imagen 2.5: Actividades del Sistema de administración de Puentes de El Salvador.

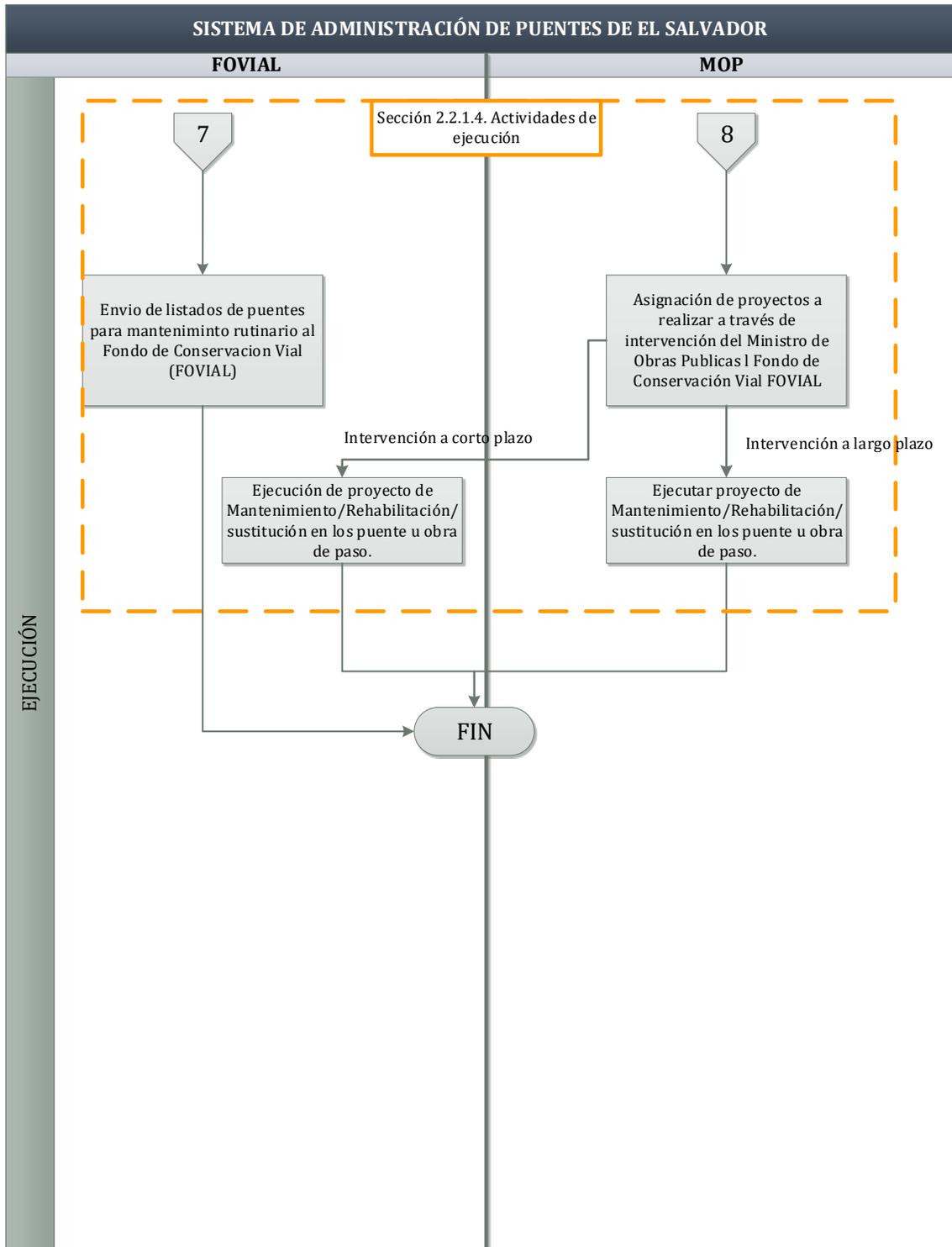


Imagen 2.6: Actividades del Sistema de administración de Puentes de El Salvador.

En las imágenes 2.3, 2.4, 2.5 y 2.6 respectivamente, se describe las actividades que conforman la Administración de Puentes actualmente en El Salvador, este esquema se ha presentado a través de un flujograma de orden jerárquico y se ha formulado con base al análisis de la información facilitada por el MOP (documentos y entrevistas realizadas a personal encargado de las inspecciones de campo y de la administración de puentes) sobre la forma en que cada actividad contribuye al SAP de El Salvador. Por lo tanto, los esquemas mostrados en las imágenes 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5 y 2.6, no se encuentran en documentación oficial del MOP, la ausencia de estos es debido a la falta de un departamento que Administre específicamente toda la información perteneciente a los Puentes de nuestro país.

A continuación se describirán cada actividad perteneciente al SAP de El Salvador en la actualidad, actividades que también se muestran en las imágenes 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5 y 2.6; se explicarán los elementos que conforman dichas actividades así como la comparación de cada uno de los elementos con los especificados en The Manual for Bridge Evaluation de AASHTO (Manual de evaluación de puentes, segunda edición 2011), y su referencia: The Bridge Inspector's Reference Manual de la FHWA (Manual de Referencia del Inspector de Puentes volumen 1, publicación N°. FHWA NHI 12-049, 2012).

2.2.1.1 Actividades de inspección visual.

Como se mencionó anteriormente, una de las actividades del SAP es la inspección visual tal como se muestra en la imagen 2.3 y 2.4, esta conforma la primera etapa del Sistema de Administración de Puentes en el país, que es donde se obtiene la impresión del estado de un puente a través del inspector de inventario, quien es el encargado de recolectar toda la información de inventario y estado de condición del puente, para que posteriormente esta información sea procesada en las siguientes etapas del Sistema de Administración de Puentes.

El análisis de esta sección se realiza a partir de una comparación entre los tipos de inspecciones que se ejecutan en el país y los tipos de inspecciones que establece The Manual for Bridge Evaluation (Manual de Evaluación de Puentes) de la AASHTO, así como las actividades intermedias que estas conllevan.

En el manual de la AASHTO se presentan siete tipos de inspecciones que permiten establecer niveles de inspección de acuerdo a la frecuencia con que se realiza, el tipo de estructura y detalles de la misma; ahora bien, en El Salvador se realizan cuatro tipos de inspecciones. Para explicar brevemente cada una de estas, se presenta la

tabla 2.2, en la que se muestra en qué consiste cada inspección y la frecuencia con la que se deben realizar.

Tabla 2.2: Tipos de inspecciones.

Inspecciones establecidas por The Manual for Bridge Evaluation de AASHTO (Manual de evaluación de puentes segunda edición 2011)	Inspecciones establecidas para el Sistema de Administración de Puentes (SAP) en El Salvador.***
<p>1. Inspecciones Iniciales: Es la primera inspección de un puente, ya que con esta se convierte en una parte del archivo de puentes. Esta proporciona todos los datos de Inventario y Evaluación de la Estructura, además de la determinación de las condiciones estructurales de referencia y la identificación y listado de cualquier problema.* Intervalos de inspección: 24 meses, con un límite de hasta los 48 meses, previa aprobación de escrita de la FHWA. **</p>	<p>1. Inspecciones Iniciales: Se debe recopilar toda aquella información que describe a cada puente y que no se ve alterada por el tiempo, como lo son la geometría y la ubicación de un puente, también se puede detectar algunos tipos de daños existentes que puedan generar inestabilidad en la estructura o que representen peligro para los usuarios de la vía. Duración: 45 días calendario a partir de la fecha declarada como inicio del proyecto (Ver imagen 2.2).</p>
<p>2. Inspecciones Rutinarias: Son inspecciones regularmente programadas, consisten en observaciones, mediciones o ambas necesarias para determinar la condición física y funcional del puente y además identificar cualquier cambio con respecto a la Inspección "Inicial".* Intervalos de inspección: 24 meses, con un límite de hasta los 48 meses, previa aprobación de escrita de la FHWA.**</p>	<p>2. Inspecciones Rutinarias: Realizada en dos fases Fase I: Se realiza una vez finalizada la etapa de obtención del Inventario Básico de Puentes (IBP), en la inspección Inicial. La finalidad es detectar todos los problemas, daños o defectos que puedan presentar los puentes. Duración: 180 días calendario, finalizado el periodo de 45 días de la inspección Inicial. (Ver imagen 2.2) Fase II: Con esta fase se pretende verificar la información recolectada durante la fase I, identificando la evolución de los daños ya presentes. Duración: 90 días calendario máximo, después de la finalización de la Inspección Rutinaria fase I. (Ver imagen 2.3) Estas fases de inspección se realizan durante las distintas temporadas del año en nuestro país, y de esta manera se observan si las estructuras han sufrido o no, modificaciones en los defectos o daños que se pudieron haber inventariado en años anteriores.</p>

<p>3. Inspecciones de Daños: Es una inspección no programada para evaluar el daño estructural, resultante por factores ambientales o acciones humanas cuyo propósito es determinar si son necesarias las restricciones de carga o el cierre del tráfico en el puente.* Intervalos de inspección: 24 meses, con un límite de hasta los 48 meses, previa aprobación de escrita de la FHWA.**</p>	<p>3. Inspecciones de Daños: Esta inspección ocurre cuando un puente u obra de paso se ha visto sometida a eventos naturales o accidentales, como lo son sismos, inundaciones, colisiones, u otros eventos que puedan haber generado algún tipo de daño estructural o a sus elementos accesorios. Intervalos de inspección: No está especificado en la documentación del Fondo de conservación vial (FOVIAL) sobre las inspecciones.</p>
<p>4. Inspecciones Especiales: Son inspecciones programada por propietario del puente o la agencia responsable. Se monitorean deficiencias conocidas o sospechadas particulares, como asentamiento o socavación de fundaciones y es realizada por personal calificado.* Intervalos de inspección: 24 meses, con un límite de hasta los 48 meses, previa aprobación de escrita de la FHWA.**</p>	<p>4. Inspecciones Especiales: Se realiza conjuntamente con el personal del Fondo de Conservación Vial (FOVIAL) o del Ministerio de Obras Públicas (MOP), previo requerimiento del Administrador de Contrato. Intervalos de inspección: No está especificado en la documentación del FOVIAL sobre las inspecciones.</p>
<p>5. Inspecciones profundas: Es la inspección realizada en los elementos del puente que se encuentran sobre o por debajo del nivel del agua, para identificar cualquier deficiencia que no se pueda detectar fácilmente mediante los procedimientos de Inspección visual rutinaria. Este puede incluir calificaciones de carga y pruebas de carga no destructivas.* Intervalos de inspección: 24 meses, con un límite de hasta los 48 meses, previa aprobación de escrita de la FHWA.**</p>	<p>5. Inspecciones profundas: Según la investigación, estas no se realizan actualmente y no están especificadas en ninguna documentación sobre las inspecciones tanto de FOVIAL como del MOP.</p>
<p>6. Inspecciones críticas por fractura: Es aquella que permite la identificación de los elementos críticos para la fractura (Critical Members of Fracture, FCM) en puentes de acero.* Intervalos de inspección: que no excedan los 24 meses.**</p>	<p>6. Inspecciones críticas por fractura: Según la investigación, estas no se realizan actualmente y no están especificadas en ninguna documentación sobre las inspecciones tanto de FOVIAL como del MOP.</p>
<p>7. Inspecciones subacuáticas: Se realiza en los elementos que forman parte de la subestructura de puentes que se encuentran bajo la superficie del agua. Cuando estas inspecciones son en elementos que se</p>	<p>7. Inspecciones subacuáticas: Según la investigación, estas no se realizan actualmente y no están especificadas en ninguna documentación sobre las inspecciones tanto de FOVIAL como del MOP.</p>

<p>encuentran a poca profundidad, por lo general se pueden realizar visualmente o táctilmente desde arriba de la superficie del agua; sin embargo, en aguas profundas generalmente requieren de buceo u otras técnicas apropiadas para determinar las condiciones de sus elementos.*</p> <p>Intervalos de inspección: 60 meses. Con un límite de hasta los 72 meses, previa aprobación escrita de la FHWA.**</p>	
---	--

* The Manual for Bridge Evaluation de AASHTO

** Estándares Nacionales de Inspección de Puentes en el Código de Regulaciones Federales, para periodos de extensión: "Revisiones de los Estándares de Inspección Nacional de Puentes" (National Bridge Inspection Standards, NBIS), T5140.21.

*** El Ministerio de Obras Públicas no se encarga de realizar las actividades de inspección directamente, es el Fondo de Conservación Vial (FOVIAL), a través de las empresas contratadas para la supervisión quien realiza las inspecciones y estas son solo de tipo visual.

Las inspecciones profundas, inspecciones críticas por fractura y las inspecciones subacuáticas que menciona The Manual for Bridge Evaluation (Manual de Evaluación de Puentes) de la AASHTO, no son mencionadas oficialmente para su realización en los manuales de inspección que proporciona FOVIAL y MOP, pero esto no resta posibilidad de que sean realizadas en algún determinado momento para un puente específico previa solicitud de ya sea el MOP o FOVIAL.

Para cada uno de los tipos de inspección, se requiere una variedad de equipos herramientas y personal capacitado, necesarios para ejecutarlas de forma adecuada y segura, por lo que a continuación, se mencionan y explican brevemente el tipo de actividades, que son requeridas en el país, tomando como referencia el manual de Inspección de puentes de la AASHTO.

2.2.1.1.1 Planificación de inspecciones.

Se requiere de una planificación adecuada de las actividades técnicas y equipamiento necesario durante la inspección para que ésta sea exitosa. Las actividades básicas incluyen:

- Determinación del tipo de inspección
- Selección del equipo de inspección, que incluye un líder de equipo calificado en los sitios para todas las inspecciones iniciales, de rutina, en profundidad, críticos a la fractura y submarinos.

- Evaluación de las actividades requeridas (por ejemplo, evaluación no destructiva, control de tráfico, incluido el uso de señalizadores, servicios públicos, espacios confinados, permisos, materiales peligrosos como excrementos de palomas, eliminación de pintura con plomo y amianto, etc.)
- Establecimiento de un cronograma que incluye la duración de la inspección.

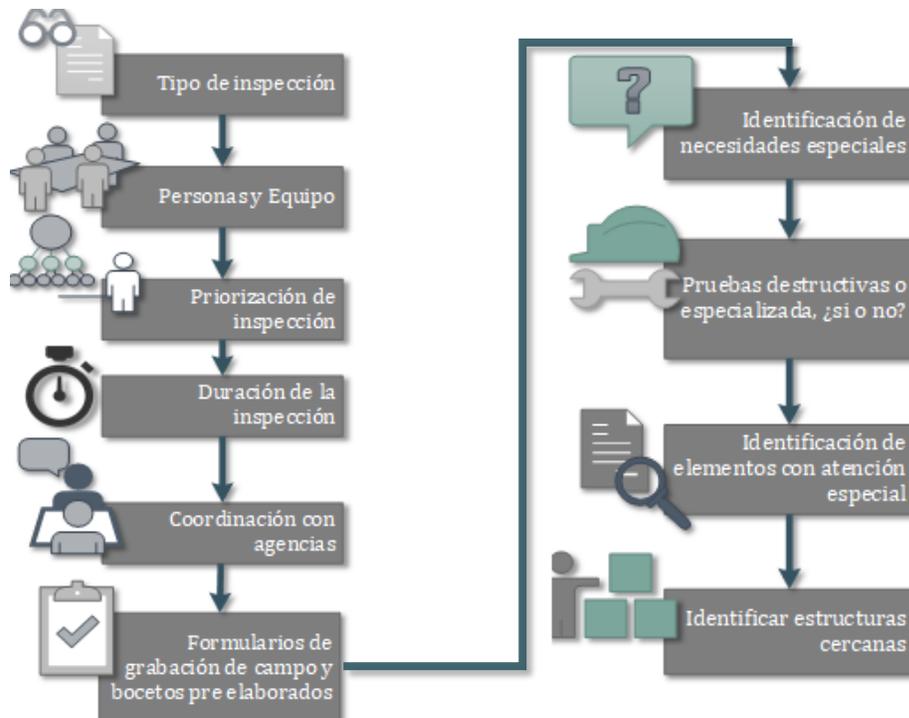


Imagen 2.7: Recomendaciones para la planificación de actividades de Inspección, según The Manual for Bridge Evaluation (Manual de Evaluación de Puentes de AASHTO) de AASHTO.

Tal como se muestra en la imagen 2.7, las actividades requeridas para la planificación según el manual de la AASHTO (The Manual for Bridge Evaluation), FOVIAL recomienda la misma forma de la planificación y las técnicas de inspección, ya que deben garantizar que las características estructurales y los problemas que presentan los puentes individualmente, sean consideradas al desarrollar el plan de inspección.

Las actividades de inspección del SAP son la base fundamental para este, por lo tanto, una buena planificación permite recolectar información de calidad y tener personal con el equipo adecuado para una inspección es una necesidad.

Personal encargado de las inspecciones de puentes, asegura que en algunas ocasiones la planificación para las inspecciones no se realiza en su totalidad debido a la gran cantidad de puentes que deben visitar en los lapsos de tiempo establecidos

anteriormente (tabla 2.2), por lo que formar un calendario de actividades para organizar rutas en base a las prioridades de inspección que requieran los puentes resulta difícil de lograr.

2.2.1.1.2 Requerimientos para un inspector de puentes.

Los Estándares Nacionales de Inspección de Puentes (National Bridge Inspection Standards - Federal Highway Administration NBIS-FHWA) son específicos con respecto a las calificaciones de los inspectores de puentes en Estados Unidos. El Código de Regulaciones Federales, Título 23, Parte 650, Subparte C, Sección 650.309, (23 CFR 650.309), enumera las calificaciones del personal para los Estándares Nacionales de Inspección de Puentes, aunque estos son estándares mínimos; por lo tanto, las agencias de carreteras estatales o locales pueden implementar requisitos más altos.

En El Salvador, el FOVIAL referente a las responsabilidades del inspector de Inventario especifica que las actividades de inspección deben realizarlas minuciosamente para lograr definir el estado de los elementos pertenecientes al puente, por lo que es necesario que este provea de registros precisos tales como:

- Establecer y mantener un archivo de la historia estructural y geométrica del puente.
- Identificar y evaluar los requerimientos de la reparación de puentes.
- Identificar y evaluar las necesidades de mantenimiento de puentes.
- Elaboración de informes de inspección a partir de las inspecciones.

Por lo que el inspector de Inventario, tiene el trabajo de *“Informar acerca de la condición estructural, de seguridad vial y de serviciabilidad de una obra de paso”* (Fondo de Conservación Vial, FOVIAL, 2009, pág. 4), al administrador de puentes de FOVIAL, con la finalidad de identificar los elementos que necesitan ser reparados, mantener la seguridad y estabilidad de la estructura, evitando así costos de reemplazo o rehabilitación excesivos.

En forma comparativa entre los requisitos que solicita AASHTO y los solicitados por FOVIAL en El Salvador se tiene un resumen en la tabla 2.3.

Tabla 2.3: Requerimientos básicos para el personal de inspección de puentes.

Requerimientos según AASHTO.	Requerimientos en El Salvador*.
<p>Gerente del programa: está a cargo de la unidad organizativa que tiene la responsabilidad de la inspección del puente, la presentación de informes y el inventario. Las calificaciones mínimas son las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ser un ingeniero profesional registrado o tener diez años de experiencia en la inspección de puentes. - Completar con éxito un curso de capacitación integral de inspección de puentes aprobado por la Administración Federal de Carreteras (FHWA). 	<p>Gerente del Proyecto: es la responsable de proporcionar todos los implementos de seguridad y señalización, así como el adiestramiento necesarios para efectuar las inspecciones de forma segura. Las calificaciones mínimas son las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Poseer título Académico en Ingeniería Civil. - Manejo de paquetes utilitarios: Windows y Microsoft Office: Word, Excel, Project y Power Point. (De preferencia con certificación de Grado Digital Nivel Básico) - Experiencia a nivel de dirección o gerencia en el sector público o privado. - Haber trabajado en proyectos de infraestructura vial y contar con amplia experiencia de campo, en procesos y tecnologías de construcción y conservación de infraestructura vial.
<p>Líder de equipo: es responsable de planificar, preparar y realizar las inspecciones de los puentes individuales, así como los aspectos diarios de la inspección.</p> <p>La National Bridge Inspection Standards (NBIS) de la Federal Highway Administration (FHWA) exige que un líder del equipo esté presente en todo momento durante cada inspección inicial, de rutina, profunda, crítica a la fractura y bajo el agua. Hay cinco formas alternativas de calificar como líder de equipo:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tener las calificaciones especificadas por la NBIS para el Administrador del programa. 2. Tener cinco años de experiencia en inspección de puentes y haber completado con éxito un curso de capacitación integral de inspección de puentes aprobado por la FHWA. 3. Certificarse como inspector de seguridad de puentes de nivel III o IV en el marco del programa de la Sociedad Nacional de 	<p>Inspector de Inventario: es el responsable de planificar y ejecutar las inspecciones además de preparar cada uno de los informes de inspección requeridos para puente.</p> <p>En El Salvador las calificaciones mínimas que se debe cumplir son las mencionadas a continuación:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Poseer el título Académico en Ingeniería Civil. - Manejo de paquetes utilitarios: Windows y Microsoft Office: Word, Excel, Project y Power Point. - Haber trabajado en proyectos de diseño, supervisión y ejecución de obras de paso mayor, Inventario de Puentes, inventario de vías, edificios de más de 3 niveles, de preferencia.

<p>Ingenieros Profesionales para la certificación nacional en tecnologías de ingeniería (NICET) y haber completado con éxito un curso de capacitación integral de inspección de puentes aprobado por la FHWA.</p> <p>4. Tener lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Licenciatura en ingeniería de un colegio o universidad acreditado o determinado como sustancialmente equivalente por el Consejo de Acreditación en Ingeniería y Tecnología. - Aprobar con éxito el examen del Consejo Nacional de Examinadores de Ingeniería y Encuesta Fundamentos de Ingeniería. - 2 años de experiencia en la inspección de puentes. - Completar con éxito un curso de capacitación integral de inspección de puentes aprobado por la FHWA. <p>5. Tener lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Un título de asociado en ingeniería o tecnología de ingeniería de un colegio o universidad acreditado o determinado como sustancialmente equivalente por la Junta de Acreditación de Ingeniería y Tecnología. - Cuatro años de experiencia en inspección de puentes. - Completó con éxito un curso de capacitación integral de inspección de puentes aprobado por la FHWA. 	
<p>Buzo de inspección de puentes subacuáticos: debe completar un curso de capacitación integral de inspección de puentes aprobado por FHWA u otro curso de capacitación de inspección de puentes submarinos aprobado por FHWA.</p>	<p>Este tipo de personal calificado para inspecciones subacuáticas, no existe ni es tomado en cuenta para las inspecciones en El Salvador.</p>

* FOVIAL. Proyecto: "Supervisión del servicio del mantenimiento rutinario de los grupos 4, 5 y 6 de vías pavimentadas, ubicadas en la zona 2 de El Salvador. PARTE II: CONDICIONES PARTICULARES DEL PROYECTO.

Otros requerimientos según el Bridge Inspector's Reference Manual del BIRM (Manual de Referencia del Inspector de Puente), para un inspector e Ingeniero, es que debe cumplir con responsabilidades básicas tales como:

- Mantener la seguridad pública y la confianza
- Proteger la inversión pública
- Proporcionar soporte para el programa de inspección de puentes
- Cumplir con las responsabilidades legales

De lo anterior se puede denotar que en nuestro país, en lo que respecta a los requerimientos de las actividades que el inspector debe realizar cumple con el mínimo requerido según AASHTO, pero con respecto a la capacitación y el grado de colegiación los inspectores no cumplen, ya que como se menciona en la tabla 2.3 el único requerimiento en el país, es que estos sean Ingenieros Civiles titulados mas no especifica que sean especializados en el área de puentes, por lo que el criterio de estos en determinadas situaciones, podría generar incertidumbre de la información recolectada, produciendo resultados poco confiables al momento de analizar y evaluar la información; en cambio si estos poseen formación especializada en el área de puentes proporcionarían datos confiables para la evaluación del estado de condición de los puentes.

2.2.1.1.3 Seguridad durante la inspección.

La actividad de inspeccionar puentes y obras de paso representa un potencial de riesgo, tanto para los inspectores que la ejecutan, como para los usuarios que lo transitan; en ese sentido, las medidas de seguridad son esenciales para efectuar una inspección de forma eficaz, ya que permitirán cumplir con los objetivos de la misma, sin daños ni perjuicios a terceros.

The Manual for Bridge Evaluation (El Manual de Evaluación de Puentes) de la AASHTO, proporciona algunas consideraciones con respecto a la seguridad en las inspecciones, éstas, son similares a las recomendaciones generales que FOVIAL solicita al inspector, tal como se muestra en la tabla 2.4, basado en el documento "Instructivo de Inspección de Puentes y Obras de Paso" de FOVIAL; en el cual proporciona aspectos importantes relacionados con la seguridad y salud ocupacional que todo Ingeniero Inspector de inventario debe tener en cuenta al momento de efectuar la inspección en el país.

Tabla 2.4: Consideraciones de seguridad para la realización de inspecciones de puentes, según FOVIAL con respecto a las recomendaciones de The Manual for Bridge Evaluation (El Manual de Evaluación de Puentes) de AASHTO.

<p style="text-align: center;">El Manual for Bridge Evaluation de la AASHTO (El Manual de Evaluación de Puentes).</p>	<p style="text-align: center;">Fondo de Conservación Vial FOVIAL</p>
<p>La clave para el rendimiento efectivo y seguro de cualquier inspección de puente es la planificación y preparación anticipada adecuada.</p>	<p>Realizar una correcta planificación de las actividades de inspección y sistematizar los procedimientos de inspección, con la finalidad de minimizar los errores durante su ejecución.</p>
<p>El buen juicio y el sentido común que debe tener el inspector para reconocer que cada sitio de cada puente es único e importante para no exponer su propia seguridad o integridad física. Es de suma importancia que el personal de inspección esté capacitado en primeros auxilios.</p>	<p>Es importante no exponer la integridad física del personal durante la inspección. La adecuada condición física y mental del inspector permitirá movimientos corporales adecuados y tener la suficiente concentración para efectuar la inspección de forma segura.</p>
<p>Todos los equipos, dispositivos de seguridad y maquinaria deben mantenerse en las mejores condiciones de funcionamiento posibles. Además, se debe advertir al personal de inspección que mantenga el equipo de seguridad limpio</p>	<p>Los inspectores deben revisar que todo el equipo de evaluación necesario esté a disposición y en buen estado antes de iniciar el recorrido de inspección. Realizar una revisión periódica de los equipos y herramientas a utilizar, con el objeto de mantenerlos en buenas condiciones para su uso.</p>
<p>Deben practicarse los métodos adecuados de protección auditiva, visual y facial, además se debe usar ropa de protección personal en todo momento, incluidos cascos, chalecos, gafas de seguridad (cuando sea necesario) y calzado apropiado.</p>	<p>El inspector debe tener en cuenta las medidas necesarias para ejecutar el trabajo de forma segura, debiendo subsanar a través del Gerente de Proyecto, cualquier requerimiento en cuanto al equipo de seguridad e higiene ocupacional que se necesita para efectuar la inspección.</p>
<p>Deben emplearse las precauciones de seguridad adecuadas al entrar en espacios confinados, como el interior de una viga de caja. Se pueden requerir pruebas de aire, cambios de aire, el uso de paquetes de aire o alguna combinación de los mismos.</p>	<p>No se especifica en la documentación del Fondo de Conservación Vial FOVIAL</p>
<p>El personal debe ser entrenado en el uso seguro de los vehículos de transporte y los procedimientos de emergencia en caso de falla del equipo.</p>	<p>Mantener el vehículo de transporte en buenas condiciones (revisar diariamente fluidos, luces y refacciones).</p>
<p>En interés de la seguridad pública, se deben emplear procedimientos adecuados para el control del tráfico y la protección de la zona de trabajo durante la inspección de un puente. El Manual sobre dispositivos uniformes de control del tráfico o Manual on Uniform Traffic Control Devices (MUTCD) que provee la FHWA, complementado por las autoridades estatales y locales, se utiliza como guía para dichos procedimientos en Estados Unidos.</p>	<p>Con respecto a la seguridad vial, es necesario tomar en cuenta, todas las recomendaciones proporcionadas en el <i>Manual de Seguridad Vial, Imagen Institucional y Prevención de Riesgos en Zonas de Trabajo</i> que provee el Fondo de Conservación Vial (FOVIAL), con el fin de minimizar las posibilidades de accidentes de tránsito debidos al proceso de inspección.</p>

Referente a lo mostrado en la tabla 2.4, tanto para las entidades encargadas de las inspecciones en nuestro país como la AASHTO, la correcta planificación de las actividades a realizar es de suma importancia para evitar y/o prevenir accidentes producto de mala praxis durante la inspección.

No obstante, esto no implica que en la práctica las empresas supervisoras contratadas por FOVIAL para la inspección de puentes, cumplan con los requisitos de seguridad, ya sea porque no se le asigne el equipo necesario y adecuado para la actividad o porque el Ingeniero Inspector de inventario no lo solicite, si bien, cada empresa supervisora puede tener su propio manual de seguridad y salud ocupacional en el que establezcan sus propios requisitos de seguridad; para este caso se desconoce el contenido de estos.

Por otra parte, también, se debe al poco personal disponible para la actividad, ya que según la investigación y entrevistas realizadas al personal que realiza las inspecciones de puentes en el país, las empresas supervisoras asignan el personal mínimo requerido por FOVIAL para las inspecciones, el cual es 2 personas por cuadrilla, las cuales deben inspeccionar los puentes 3 veces al año. Algunas de las empresas supervisoras tienen asignados más de 400 puentes, los cuales debe inspeccionar, siendo un caso crítico, en el que un grupo de inspectores donde solo son 2 personas, deban inspeccionar los más de 400 puentes 3 veces durante el año, esta situación puede limitar el tiempo para la planificación de la inspección y la misma seguridad del inspector.

2.2.1.1.4 Equipos y herramientas necesarios para la inspección.

Poseer los equipos y herramientas adecuados para la inspección de campo es de suma importancia, ya que tanto FOVIAL como el manual del BIRM los recomiendan para obtener resultados favorables de las mismas, la tabla 2.5 se describe el listado de equipos y herramientas que el Bridge Inspector's Reference Manual (BIRM) (Manual de Referencia del Inspector de Puente) recomienda para el Inspector de inventario durante el desarrollo de las actividades, además muestra un chequeo en la columna **"FOVIAL recomienda uso de equipo y herramientas para la inspección"**, marcando la celda con un "✓" cuando esta cumple y con un "x" cuando no cumple, con lo especificado en el BIRM.

Cabe destacar que el FOVIAL y el MOP realizan recomendaciones en cuanto al uso de equipos y herramientas, no las proporciona ni las regula, ya que es la empresa supervisora contratada por FOVIAL la responsable de proveer a su personal los equipos y herramientas adecuadas para el desarrollo de las inspecciones.

Tabla 2.5: Requisitos de FOVIAL con respecto al equipo de inspección de puentes en comparación con el Bridge Inspector's Reference Manual BIRM (Manual de Referencia del Inspector de Puentes).

Equipo y herramientas de uso recomendado por el BIRM para la inspección	Descripción de uso de equipo y herramientas según el BIRM para la inspección	FOVIAL recomienda uso de equipo y herramientas para la inspección
Equipo de seguridad.		
Casco	Se utiliza para proteger la cabeza de quien lo usa de peligros y golpes mecánicos.	✓
Chaleco reflectante de seguridad.	Los chalecos, camisas o chaquetas, pueden ser en tonos fluorescentes como naranja, amarillo o verde- amarillento.	✓
Gafas de protección.	Son usadas para evitar la entrada de objetos, agua o productos químicos en los ojos. Estos deberán ser de color transparente de manera que no dificulte la visibilidad.	✓
Guantes de hule y guantes de cuero de seguridad.	Utilizados para cubrir las manos de rasguños y riesgos mecánicos	✓
Máscara de polvo / respirador	Se usan para proteger contra la inhalación en condiciones de polvo o para evitar los excrementos de animales.	✗
Arnés de seguridad y cordón de seguridad	Se utilizaran en aquellos trabajos que se realicen a más de dos metros de altura.	✓
Equipo para acceso.		
Escaleras (en caso sea necesaria)	Utilizadas para las subestructuras y diversas áreas de la superestructura	✓
Cuerdas de nylon (30m o más)	Se usa para ayudar a escalar	✓
Barco	Utilizado para sondeos e inspecciones; seguridad para el trabajo sobre el agua	✗
Botas altas de hule	Utilizado para corrientes poco profundas	✓
Equipo para Limpieza.		
Escobilla	Se usa para eliminar la suciedad suelta y la suciedad.	✓
Cepillo de alambre	Se usa para eliminar la pintura suelta y la corrosión de los miembros de acero.	✓
Raspadores	Utilizados para eliminar la corrosión o el crecimiento de las superficies de los miembros.	✓
Destornillador plano	Se usa para limpieza general y sondeo	✓
Pala	Se usa para eliminar la suciedad de las áreas de los cojinetes y otras ares	✗
Equipo para inspección		
Navaja de bolsillo	Utilizada para tareas generales	✓
Picador de hielo	Utilizado para el examen de superficie de los miembros de la madera	✗

Abrazadera y brocas	Se usan para perforar áreas sospechosas de miembros de madera	x
Herramientas de perforación de madera	Se utilizan para el examen interno de los miembros de la madera	x
Martillo perforador con soporte de cuero (pico de geólogo de 16 onzas)	Se usa para aflojar la suciedad y la escama de herrumbre, sondear el concreto y verificar si hay sujetadores cortados o sueltos	✓
Plomada	Utilizado para medir la alineación vertical de una superestructura o miembro de la subestructura	✓
Cinturón de herramientas con bolsa de herramientas	Se usa para sostener y acceder de forma conveniente a herramientas pequeñas	✓
Cadena de arrastre	Se usa para identificar áreas de des laminación en plataformas de hormigón	x
Varilla / sonda de rango:	Se usa para probar agujeros de socavación	x
Equipo para ayuda visual		
Binoculares	Utilizados para pre visualizar áreas antes de la actividad de inspección y para examinar a distancias	✓
Linterna (de mano y de casco)	Se usa para iluminar áreas oscuras	✓
Lupa iluminada (por ejemplo, cinco de potencia y 10 de potencia)	Se usa para examinar de cerca las grietas y las áreas propensas a agrietarse	x
Espejos de inspección	Se utilizan para inspeccionar áreas inaccesibles (por ejemplo, parte inferior de las juntas de cubierta)	✓
Tinte penetrante	Se usa para identificar grietas y sus longitudes	x
Equipo para medir		
Cinta de bolsillo (regla de seis pies)	Se usa para medir deficiencias y dimensiones de miembros y articulaciones	x
Cinta de 25 pies y 100 pies	Utilizada para medir las dimensiones de los componentes	✓
Calibradores (Vernier o pie de rey)	Se utilizan para medir el grosor de un miembro más allá de un borde expuesto	✓
Medidor de grietas	Utilizada para mediciones precisas de anchos de grietas	✓
Medidor de película de pintura	Utilizado para verificar el espesor de la pintura	x
Medidor de inclinación y transportador	Utilizado para determinar las subestructuras inclinadas y para medir el ángulo de inclinación del rodamiento	x
Termómetro	Utilizado para medir la temperatura del aire ambiente y la temperatura de la superestructura.	x
Nivel de carpintero de cuatro pies	Se usa para medir la inclinación transversal de la cubierta, el asentamiento del pavimento de aproximación y la alineación de la estructura.	✓

D-Meter (medidor de espesor ultrasónico)	Se utiliza para mediciones precisas del grosor del acero.	✘
Medidor electrónico de distancia (EDM)	Se utiliza para mediciones precisas de longitudes de tramo y autorizaciones cuando el acceso es un problema.	✘
Nivel		✘
Equipo para documentación		
Formularios de inspección, portapapeles y lápices	Se utilizan para guardar registros en la mayoría de los puentes	✓
Cuadernos	Utilizados para el mantenimiento de registros adicionales para estructuras complejas	✓
Borde recto	Se usa para dibujar bocetos legibles	✓
Cámara digital y videocámara	Se usa para proporcionar imágenes digitales de deficiencias que se pueden descargar y enviar por correo electrónico para una evaluación instantánea	✓
Crayola o tiza, colores o marcadores	Se utilizan para la identificación de miembros y defectos para una mejor organización y documentación fotográfica	✓
Punzón central	Se utiliza para aplicar marcas de referencia a los miembros de acero para la documentación del movimiento (por ejemplo, inclinación del cojinete y aberturas de las juntas)	✘
Clavos "P-K"	Clavos de levantamiento de mampostería Parker Kalon utilizados para establecer un punto de referencia necesario para la documentación de movimiento de subestructuras y grietas grandes	✘
Otros equipos		
Abrazaderas tipo "C"	Se usa para proporcionar una "tercera mano" al tomar medidas difíciles	✘
Aceite penetrante	Ayuda a quitar los sujetadores, tuercas de seguridad y tapones cuando sea necesario	✘
Repelente de insectos	Reduce el ataque de mosquitos, garrapatas y garrapatas	✘
Avispa y avispones	Se utilizan para eliminar nidos para permitir la inspección	✘
Botiquín de primeros auxilios	Se usa para cortes pequeños, mordeduras de serpientes y picaduras de abejas	✓
Overol	Se usa para proteger la ropa y la piel contra bordes filosos mientras se inspecciona	✘
Chaleco salvavidas	Utilizado para la seguridad sobre el agua	✓
Teléfono celular	Se usa para llamar en emergencias	✘
Papel higiénico	Se usa para otras "emergencias"	✘

Como se mostró en la tabla 2.5, una de las herramientas necesarias y utilizadas para la inspección visual de puentes para la captación de datos de importancia son los

formularios, ya que estos ayudan a clasificar la información recolectada; en el país estos formularios se dividen en dos tipos:

- Formulario de Inventario Básico de Puentes (IBP): se toman los datos de los elementos del puente, entre ellos, las características permanentes, que solo cambian cuando el puente se altera de alguna manera, como lo sería una reconstrucción, estos elementos son: elementos primarios, elementos secundarios, losas, entre otros.
- Formulario de Inventario de Estado de Condición de Puentes (IECP): funcionan para la identificación de daños existentes en los elementos del puente para poder obtener un inventario de los mismos.

Para los cuales, a continuación se describen brevemente su funcionalidad y objetivo principal al llenarlos cuando se realiza una inspección de puentes, ya que forman parte importante de las actividades de inspección visual.

Formulario: Inventario Básico de Puentes (IBP).

Según el Bridge Inspector's Reference Manual (BIRM, Manual de Referencia del Inspector de Puente) los elementos necesarios para el inventario de un puente, pertenecen a las características generales del mismo. Debido a que en El Salvador se no se cuenta con un Inventario Básico de Puentes (elementos, materiales y toda información de la estructura) para todos los puentes en el país, se utiliza el formulario de Inventario Básico de Puente para recopilar esta información, así como para los puentes nuevos.

El objetivo principal del Formulario para Inventario Básico de Puentes (IBP) es mantener identificados los puentes y obras de paso viales, a través de su localización, geometría, características generales, elementos compuestos, esquemas de la sección transversal o fotografías, características de estructuración y entre otros⁴¹ que corresponden a la información técnica de un puente, este formulario se conforma por 6 distintas hojas de evaluación; que permiten obtener la información de la estructura, las cuales son:

1. Inventario básico de puentes 1: Localización (IBP – 1). (Ver anexo A-1).
2. Inventario básico de puentes 2: Geometría (IBP – 2). (Ver anexo A-1).
3. Inventario básico de puentes 3: Superestructura (IBP – 3). (Ver anexo A-1).

⁴¹ Ministerio de Obras Públicas. (Noviembre 2009). Sistema de Administración de Puentes: Manual para el Inventario de Puentes. San Salvador

4. Inventario básico de puentes 4: Estribos (IBP – 4). (Ver anexo A-1).
5. Inventario básico de puentes 5: Pilas (IBP – 5). (Ver anexo A-1).
6. Inventario básico de puentes 6: Hidráulica y otros datos (IBP – 6) (Ver anexo A-1).

La finalidad de recolectar la información con el formulario, es que esta permanezca fija en el SAP, para las obras de paso ya inventariadas; y que solo reciba modificaciones cuando se realicen cambios substanciales en alguno de los elementos que conforman el puente, tales como elementos de la superestructura o subestructura.

Pero a partir de la investigación realizada, se ha determinado que esta práctica de mantener fija la información del IBP en el sistema no se realiza; es decir, que el IBP se implementa de la misma forma cada año. Esto resulta innecesario ya que la información que se recolecta con el IBP es básica, tal como geometría e identificación del puente, partes que no se ven alteradas con el tiempo, por lo que sería recomendable que la información de este formulario sea recolectada una sola vez, actualizada únicamente cuando se realice una reparación de importancia en el puente. Pero, debido a que la información del inventario total de puentes en el país hasta la fecha aún se encuentra incompleta, esta práctica continua, aunque el MOP espera realizar únicamente las inspecciones de daños (dejando las inspecciones de IBP una sola vez para cada puente o cada que sea necesario debido a modificaciones) y únicamente se realicen inspecciones de condición y daños según fuentes del MOP.

Los campos que conforman cada una de las hojas del IBP, son equivalentes a un informe individual de cada puente como se menciona en el litera E de la sección 2.2.1.1, se identifica que el orden establecido de los campos no es óptimo para la lectura del informe ni para su llenado durante la inspección; por ejemplo cuando se debe especificar el tipo de puente es uno de los registros principales e iniciales, que dictan la forma de abordar la inspección al puente, se encuentra alojado en la segunda hoja del IBP cuando debería estar identificado desde la primera hoja del formulario, por lo que una reestructuración del orden de los campos de información en el formulario que permita la lectura y el buen entendimiento del mismo es recomendable.

Formulario: Inventario de Estado de Condición del Puente (IECP).

Este formulario tiene la función de recolectar e identificar daños que puedan existir en los elementos que conforman los puentes, teniendo como objetivos principales los siguientes:

- *Mantener un archivo con las condiciones reales de los puentes y obras de paso.*
- *Calificar las condiciones, en base a variables tangibles, como son los elementos que conforman el puente, y variables intangibles, como son las causas de agentes externos que influyen en el comportamiento del servicio que brinde el puente.*
- *Convertirse en la fuente alimentadora para las actualizaciones periódicas de la Base de Datos del Sistema de Administración de Puentes.*⁴² (CONSORCIO MALSA-ITYAC, 2009, pág. 4)

El formulario de Inventario de Estado de Condición del Puente (IECP), se divide en 4 secciones, las cuales son:

1. Estructura. (Ver anexo A-1)
2. Agentes Externos. (Ver anexo A-1)
3. Funcionalidad. (Ver anexo A-1)
4. Importancia y costos de la emergencia. (Ver anexo A-1)

Con la información que recopila cada una de estas secciones del IECP, es posible realizar las actividades de evaluación de puentes para la obtención del Índice de Prioridad para el mantenimiento y/o intervención que requieran los puentes. Estas actividades de evaluación son descritas en la sección 2.2.1.3 de este mismo capítulo.

Herramientas complementarias de los formularios de Inventario Básico de Puentes (IBP) e Inventario de Estado de Condición del Puente (IECP).

Para la recolección de datos mediante el uso de los formularios mencionados, el inspector se auxilia de las siguientes herramientas:

- ✓ Manual de inventario del Sistema de Administración de Puentes (Anexo A-1).
- ✓ Manual para evaluación del
- ✓ Estado de Condición de Puentes (Anexo A-1).
- ✓ Catálogo de daños (Anexo A-1).
- ✓ Matriz de daños en la estructura (Anexo A-1).

⁴² Consorcio MALSA-ITYAC. (2009). Informe final (Estudio: Actualización y mejoramiento del Sistema de Administración de Puentes).

A continuación se proporciona una breve descripción del objetivos de uso y el contenido que presenta cada una de las herramientas complementarias de los formularios mencionadas anteriormente, tanto para Inventario Básico de Puentes (IBP) como para Inventario de Estado de Condición de Puentes (IECP), que sirven para la realización de las actividades de inspección en los puentes sometidos a evaluación.

- ✓ **Manual de Inventario del Sistema de Administración de Puentes:** explica cada uno de los ítems de llenado del formulario IBP, muestra en forma básica lo que se debe conocer de cada sección del formulario. A continuación se muestra el contenido que posee este manual.

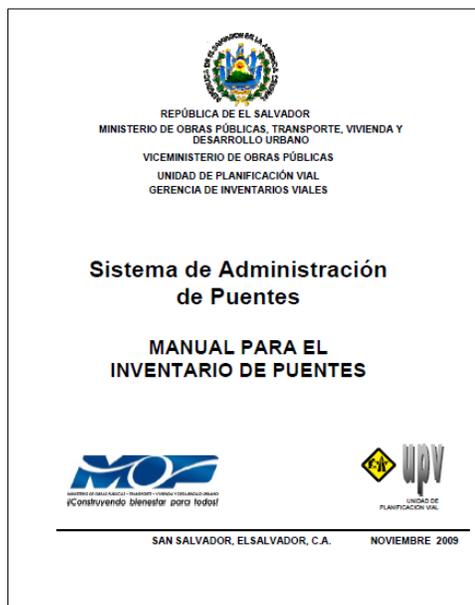


Imagen 2.8: Portada del manual para el inventario de puente del MOP

CONTENIDO

- Introducción
- Antecedentes
- Objetivos y alcance
- Formularios para el Inventario Básico de Puentes
- Instructivo para el llenado del formulario básico de puentes IBP-1
 - Formulario IBP-1 Inventario Básico de puentes (Hoja 1 de 6)
 - Localización
 - Geometría y características generales
 - Formulario IBP-2 Inventario Básico de puentes (Hoja 2 de 6)
 - Elementos componentes
 - Formulario IBP-3 Inventario Básico de puentes (Hoja 3 de 6)
 - Formulario IBP-4 Inventario Básico de puentes (Hoja 4 de 6)
 - Formulario IBP-5 Inventario Básico de puentes (Hoja 5 de 6)
 - Fotografías
 - Formularios

- ✓ **Manual para Evaluación del Estado de Condición de Puentes:** explica la forma de llenado del formulario IECP, los cuales son: ubicar los daños existentes en los diferentes elementos del puente y otros agentes de daños o afectación al funcionamiento de la estructura. A continuación se muestra el contenido que posee este manual.

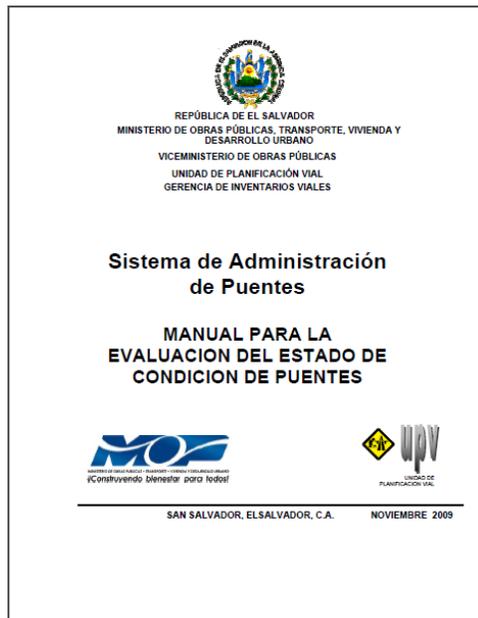


Imagen 2.9: Portada del Manual para la evaluación del estado de condición de Puentes. MOP.

CONTENIDO

- Introducción
- Antecedentes
- Objetivo y alcance
- Formularios para el Inventario de Estado de Condición de Puentes IECP-1
 - Estructura-Superestructura
 - Estructura-Infraestructura-Apoyos
- Estructura-Infraestructura-Pilas
 - Estructura-Infraestructura-Estribos
 - Estructura-Infraestructura-Fundaciones
 - Estructura-Accesos-Terraplenes
 - Estructura-Accesos-Señales
 - Agentes Externos-Hidráulica
 - Agentes Externos-Sobrecargas
 - Agentes Externos-Medio Ambiente
 - Funcionalidad
 - Importancia
 - Formulario especial de estado de condición del paso del agua bajo el puente y del cauce
- Llenado del formulario de evaluación IECP-1
 - Consignación del estado de cada elemento
 - Registro de daño
 - Registro de la extensión de los daños
 - Daños Asociados a las variables evaluadas y elemento al que aplican
 - Daños asociados a las variables y los elementos
 - Daños y los elementos a los que aplican
 - Formulario IECP-1

- ✓ **Catálogo de daños:** Muestra una clasificación en la que identifica los daños más comunes en las estructuras de puentes en El Salvador, explicando brevemente en que consiste cada uno de estos. A continuación se muestra el contenido que posee este manual.

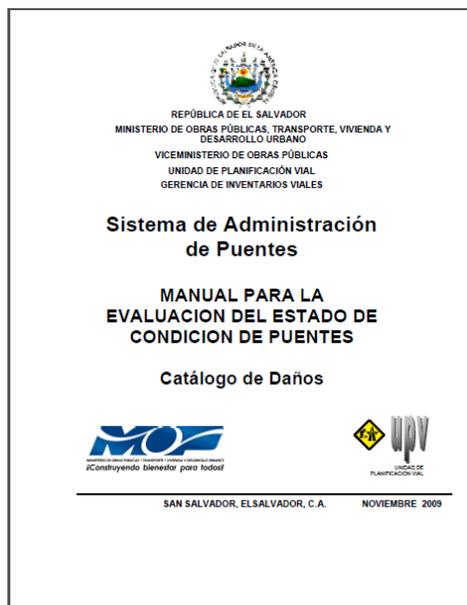


Imagen 2.10: Portada del Manual para la evaluación del estado de condición de Puentes. Catálogo de Daños. MOP.

CONTENIDO

- Introducción
- Listado de daños y su codificación
- Descripción de los daños o problemas-Estructura- Agentes Externos
- Descripción de los daños o problemas- Obsolescencia funcional

- ✓ **Matriz de daños en la estructura.** En este instrumento únicamente se especifica el tipo de daño por tipo de elemento del puente, esta matriz únicamente se aplica para identificar los daños existentes en los elementos de la estructura, no se utilizan para evaluar ningún otro factor de posible daño en el puente como lo serían los factores hidráulicos o sobrecargas. A continuación se muestra el contenido que posee este manual.

CONTENIDO

- 75 tipos de daños o problemas en los elementos de la superestructura, la subestructura y los accesos de un puente.
- Total de elementos de superestructura que aparecen en formulario IECP
- Total de elementos de Estructura que aparecen en formulario IECP
 - Total de elementos de Infraestructura que aparecen en formulario IECP
 - ❖ Total de elementos de Infraestructura-Apoyos
 - ❖ Total de elementos de Infraestructura-Pilas
 - ❖ Total de elementos de Infraestructura- Estribos
 - ❖ Total de elementos de Infraestructura- Fundaciones
- Total de elementos de Accesos que aparecen en formulario IECP

- Total de elementos de Accesos-Terraplenes
- Total de elementos de Accesos-Señales

Los formularios de inspección que actualmente se utilizan, que permiten realizar las inspecciones de forma ágil y ordenada, pero, poseen campos de llenado que permanecen constantemente vacíos dentro de la base de datos de puentes del MOP, por resultar desconocidos para el inspector de inventario, tales como: las cargas de diseño o los años de construcción de los puentes, entre otros, por la falta de registros de los mismos, ya que a nivel de inspección visual no se puede determinar en campo si esta no se encuentra a simple vista, en la mayoría de los puentes existentes en el país ya que no se posean registros.

Los datos que se obtienen de las inspecciones a los puentes en cada formulario (IBP e IECP) requieren de análisis y evaluación de su contenido, para determinar si estos requieren reestructuración o una mejor evaluación en la estructura para establecer una condición de este, pero, si falta algún datos la evaluación del estado del puente es incompleta. En el capítulo 3 se presentan las propuestas de mejora para estas herramientas de evaluación de puentes que pueden ayudar a que el Sistema de Administración de Puentes presente resultados sobre el estado real en el que se encuentran los puentes en el país.

El Ministerio de Obras Públicas (MOP) provee al inspector manuales de llenado para los formularios en conjunto con el catálogo de daños; estos sirven de guía para realizar las inspecciones de los puentes tal como se mencionó anteriormente, no obstante, en la actualidad estos documentos contienen información muy breve en cuanto a conceptos e indicaciones practicas se refiere, que al final pueden generar confusión al inspector y no le resulte suficiente para realizar su trabajo, por lo que se ha realizado una revisión de los manuales y del catálogo de daños para actualizar y mejorar su contenido.

2.2.1.1.5 Informes.

Los resultados obtenidos en las inspecciones, se deben documentar con fotografías apropiadas e informes escritos que incluyan cualquier recomendación para mantenimiento o reparación, para la programación de seguimiento de Inspecciones avanzadas o especiales en caso de ser necesarias, por lo que, finalizada la visita de inspección a cada puente en la que se obtienen los datos que requieren los formularios IBP e IECP, estos formularios se convierten en informes individuales de inventario y estado de condición de cada puente.

Los inspectores de inventario presentan en formato digital y físico, los siguientes informes al Fondo de Conservación Vial (FOVIAL), previa aprobación del Gerente de Proyecto⁴³:

- ✓ **Informes de emergencia:** Estos son presentados por el Inspector de inventario directamente al administrador de puentes de FOVIAL cuando este detecta un estado de emergencia en el puente, debido a algún daño potencial severo que comprometa la estabilidad de la estructura, este informe se envía de forma inmediata. Contienen la información general del puente, descripción del daño o falla que se ha encontrado, así como registro fotográfico, recomendaciones para su atención inmediata y estimación de costo de reparación.
- ✓ **Informes periódicos:** se presentan al finalizar cada una de las inspecciones rutinarias, contienen: fecha, nombre del puente, ruta y kilómetro, coordenadas geográficas, registro fotográfico, entre otras; si existe informe de emergencia previo, también se agrega al informe periódico. Estos informes, corresponden a los mismos formularios de IBP e IECP que se describen en el literal D de la sección 2.2.1.1.4 y son enviados a FOVIAL, al finalizar cada uno de los periodos de inspección (ver imagen 2.3, 2.4, 2.5, 2.6. en el orden de desarrollo de informes y actividades de inspección en los puentes).
- ✓ **Informes especiales:** Estos informes son realizados por los inspectores de inventario previa solicitud del administrador de puentes de FOVIAL o del MOP, están relacionados con la condición de un puente en particular, de un grupo de puentes, obras de paso o tuberías, contiene la información requerida de inventario y estado de condición además del registro fotográfico tal como se presentan los informes periódicos.

Con respecto al contenido de los informes según The Manual for Bridge Evaluación de la AASHTO (Manual de Evaluación de Puentes), este determina que el contenido debe poseer las siguientes características:

1. El informe completo debe ser claro y detallado en la medida en que las notas y bocetos se puedan interpretar por completo en una fecha posterior.

⁴³ Idem 3

2. Las fotografías deben tomarse en el campo para ilustrar los defectos y las referencias cruzadas en los formularios e informes donde se observan los defectos.
3. Los bocetos y las fotografías se deben utilizar para complementar las notas escritas sobre la ubicación y las características físicas de las deficiencias. El uso de simples alzados y bocetos de sección de miembros deteriorados permite el dibujo y el dimensionado de defectos claramente, sin recurrir a largas notas escritas.
4. Las fuentes de toda la información contenida en un informe deben ser claramente evidentes y se debe tener en cuenta la fecha de la inspección u otras fuentes de datos.
5. Se debe hacer un informe para cada inspección del puente, aunque sea una inspección especial.
6. Todos los signos de daño y deterioro deben observarse con suficiente precisión para que cualquier inspector comprenda fácilmente las condiciones que presenta el puente en visitas anteriores.
7. Si las condiciones lo justifican, se deben incluir recomendaciones de reparación y mantenimiento.
8. Además, desarrollar y utilizar abreviaturas, leyendas y metodologías estandarizadas para la numeración sistemática de los componentes del puente y así facilitar la toma de notas para producir resultados uniformes y que los equipos de inspección y el personal de oficina entiendan fácilmente.
9. La nomenclatura utilizada para describir los componentes del puente debe ser consistente.

Las recomendaciones y características que muestra The Manual for Bridge Evaluacion (Manual de Evaluación de Puentes) de la AASHTO para los formularios e informes, se determinan que las recomendaciones las cumple el inspector de inventario cuando realiza y envía los informes solicitados por FOVIAL, tanto para los informes periódicos como los especiales y de emergencia. A través de entrevistas realizadas a personal responsable de la administración de puentes del MOP, se determina que los informes de emergencia de los puentes no siempre son revisados a la brevedad, y en su mayoría llegan únicamente a manos del administrador de puentes de FOVIAL, algunos de estos informes son enviados al MOP previa solicitud del mismo, lo que genera una pérdida de información vital sobre un puente que requiere atención inmediata, que por lo tanto, perjudica la planificación de mantenimiento o reparación que requiera la estructura dañada. La única fuente de

información que el MOP posee de los inventarios y estado de condición de los puentes es la que se encuentra en la plataforma virtual del SAP-WEB, en la cual no se especifica cuáles o cuantos de los 2670 puentes que existen en la base de datos del año 2017 son poseedores de informes de emergencias. Con respecto a los informes periódicos que los inspectores envían al administrador de puentes de FOVIAL estos son representativos de la información que se encuentra en el SAP-WEB disponible solo para el personal encargado de la administración de puentes en el MOP.

Sistema informático SAP-WEB.

Como parte complementaria a las actividades de inspección, se realiza la unificación de toda la información de las inspecciones visuales de los puentes que se encuentran en la red vial, a través de un sistema informático denominado Sistema SAP-WEB (Ver imagen 2.4). Consiste en una plataforma virtual en el que las empresas supervisoras de FOVIAL contratadas para la inspección de puentes, ingresan vía web los datos concernientes al Inventario y Estado de Condición de los Puentes y de los puentes y obras de paso a través de los Inspectores de inventario.

El personal autorizado por el MOP para el uso de la plataforma SAP-WEB por parte de FOVIAL, corresponde a cada uno de los Inspectores de inventario contratados por la empresa supervisora; estos, acceden mediante usuarios y contraseñas previamente autorizadas por el MOP para hacer el ingreso de los datos de inspección necesarios para alimentar el sistema. La recopilación de datos obtenida a partir de cada una de las inspecciones visuales converge en esta plataforma online.

La ventana de acceso a la plataforma del SAP-WEB, se muestra en la imagen 2.11, la cual para el ingreso solicita el nombre del usuario y la contraseña autorizada por el MOP.



Imagen 2.11: Pantalla de ingreso a la plataforma virtual del SAP-WEB del MOP.

De esta plataforma virtual se obtiene la base de datos del inventario y estado de condición de los puentes que están bajo la administración del MOP, el conjunto de datos se descarga de la plataforma del SAP-WEB y se genera en una hoja de cálculo de Excel como se muestra en la imagen 2.12, esta hoja contiene todos los ítems de los formularios con los datos resultantes de las inspecciones y se muestran en forma de listado, donde la forma de identificación de puentes entre datos de IBP e IECP es mediante la asignación de un número de ID a cada puente.

	A	E	F	G	H	I	J	K	L
1	id_puente	nombre_tramo	id_ruta	nombre_r	nombre	designaci	nombre_r	latitud_decim	longitud_decim
2	4903	SAN MATÍAS - LAS ANONAS	178	LIB27N	NULL	RIO	MOP	1389995,600	-8932278,600
3	4904	SAN MATÍAS - LAS ANONAS	178	LIB27N	NULL	RIO	MOP	1393695,400	-8931559,300
4	4905	LIB25W - SAN PEDRO LAS FLORES - LIB30E	179	LIB28N	NULL	RIO LAS TIN	MOP	1386021,600	-8928463,000
5	4906	LIB25W - SAN PEDRO LAS FLORES - LIB30E	179	LIB28N	NULL	QUEBRADA	MOP	1389641,700	-8927366,700
6	4907	LIB25W - SAN PEDRO LAS FLORES - LIB30E	179	LIB28N	NULL	QUEBRADA	MOP	1390610,000	-8927780,000
7	4908	LIB25W - SAN PEDRO LAS FLORES - LIB30E	179	LIB28N	NULL	QUEBRADA L	MOP	1393495,000	-8928571,700
8	4909	LIB31N - RÍO SUQUIAPA	187	LIB36E	NULL	RIO SUQUIAF	MOP	1404048,500	-8930550,300
9	4910	CA01W - DV. CASERÍO EL TIGRE (LIB43W)	189	LIB38S	NULL	RIO	MOP	1378533,300	-8939450,400
10	4911	CA01W - DV. CASERÍO EL TIGRE (LIB43W)	189	LIB38S	NULL	RIO	MOP	1377431,700	-8940275,700
11	4912	CA01W - DV. CASERÍO EL TIGRE (LIB43W)	189	LIB38S	NULL	RIO	MOP	1376224,300	-8941105,600
12	4913	CA01W - DV. CASERÍO EL TIGRE (LIB43W)	189	LIB38S	NULL	RIO	MOP	1374332,200	-8940947,000
13	4914	NEJAPA - BONETE	305	SAL25S	NULL	RIO	MOP	1383034,700	-8922294,400
14	4915	NEJAPA - BONETE	305	SAL25S	NULL	QUEBRADA	MOP	1384025,100	-8920438,000
15	4916	NEJAPA - BONETE	305	SAL25S	NULL	RIO	MOP	1385897,800	-8920392,700
16	4917	SAL28W - TUTULTEPEQUE	307	SAL27S	NULL	RIO	MOP	1392456,900	-8919938,300
17	4918	SAL28W - TUTULTEPEQUE	307	SAL27S	NULL	QUEBRADA	MOP	1390216,500	-8920944,200
18	4919	AGUILARES - SEGURA	308	SAL28W	NULL	QUEBRADA	MOP	1394811,900	-8919343,400
19	4920	LA CABAÑA (DESVÍO CANTÓN EL MIRADOR) - SAN A	312	SAL32W	NULL	RIO	MOP	1401625,100	-8919092,900
20	4921	LA CABAÑA (DESVÍO CANTÓN EL MIRADOR) - SAN A	312	SAL32W	NULL	RIO GUAMUF	MOP	1401833,300	-8920357,200
21	4922	LA CABAÑA (DESVÍO CANTÓN EL MIRADOR) - SAN A	312	SAL32W	NULL	QUEBRADA	MOP	1402246,400	-8920896,800
22	4923	LA CABAÑA (DESVÍO CANTÓN EL MIRADOR) - SAN A	312	SAL32W	NULL	QUEBRADA	MOP	1404578,000	-8923853,000
23	4924	LA CABAÑA (DESVÍO CANTÓN EL MIRADOR) - SAN A	312	SAL32W	NULL	QUEBRADA	MOP	1403343,600	-8927173,400
24	4925	X	334	SAL54W	NULL	RIO ACELHU	MOP	1389740,100	-8920000,100
25	4926	PUENTE EL MILAGRO - PUENTE LA MARIMBA (ORATO	125	CUS06W	NULL	RIO	MOP	1380966,000	-8903930,000

Imagen 2.12: Resultado de base de datos en formato de hoja de cálculo de Excel

2.2.1.2 Actividades de inventario de puentes.

Finalizadas las actividades de inspección, y con toda la información de los puentes almacenada en la plataforma SAP-WEB, esta es procesada y depurada por el personal responsable de la administración de puentes de la Dirección de Planificación de la Obra Pública (DPOP) del MOP, a través de la Subdirección de Administración de Obras de Paso y de Inventarios Viales (SAOPIV), para darle inicio al inventario de puentes a partir de la base de datos tal como se muestra en la imagen 2.3 del esquema inicial de actividades del Sistema de Administración de Puentes.

Las actividades de recopilación y depuración de la información para el inventario en el MOP, se dan durante las primeras semanas del mes de enero de cada año, esta información se descarga desde la plataforma WEB a un documento en Microsoft Excel tal como se mencionó anteriormente, este documento es denominado como

“Base de datos para la administración de puentes”, y posee dos hojas de cálculo activas, la primera corresponde a los datos del Inventario Básico de Puentes (IBP) y la segunda a los datos de Inventario de Estado de Condición del Puente (IECP), en cada una de estas hojas se encuentran los datos de cada uno de los puentes inspeccionados del año que acaba de finalizar.⁴⁴ Estos archivos son convencionalmente de gran tamaño ya que en ellos se encuentra toda la información de cada puente en la red vial del país que ha sido inspeccionado para diciembre del año 2017 marcaban un total de 1670 puentes inspeccionados, por lo que existe una cantidad de datos tanto geométricos, de identificación de elementos y de identificación de daños en las estructuras, cercano a los 2,000,000, listos para ser analizados y procesados.

Los errores comunes que se habían detectado en la base de datos de los puentes desde el año 2015 son dos; primero, la localización de los puentes a partir de las coordenadas que se encuentran en la hoja de IBP, ya que se pueden encontrar coordenadas identificadas por el inspector que no concuerdan con la verdadera localización del puente, segundo la repetición de datos durante la descarga a una hoja de Excel en las que se pueden presentar duplicación de la información de daños en la hoja de IECP o de la mismas características geométricas del puente en la hoja de IBP, por lo que la depuración de la información básicamente se enfoca en la determinación de estos dos errores.

El Ing. Rubén Cruz, responsable de analizar la base de datos en el MOP declaró en una entrevista que *“la depuración de datos consiste en identificar errores repetitivos o comunes que puedan existir tanto en la hoja de IBP como IECP de la base de datos que se descarga del SAP-WEB, esta actividad no debería suceder si la descarga de la información es adecuada y ordenada. Para verificar la existencia de duplicación de la información de un puente, se procede a detectar aquellos registros que sean exactamente iguales, para eliminarlo y dejar uno solo, todo esto de forma manual.*

Se recibe la información en Microsoft Excel y se hace uso del mismo para analizar la base de datos, también se hace uso de un Sistema de Información Geográfico (GIS) para georreferenciar cada puente inventariado y revisar si existen puntos de localización de puentes fuera del territorio nacional o que no concuerden con la localización real, aunque este error se ha corregido casi en su totalidad colocando el signo “ - “ en la plataforma para donde se digitan las coordenadas del GIS, ya que algunos inspectores

⁴⁴ Para el caso de este trabajo de investigación estos datos corresponden a la base del año 2017.

olvidaban ubicarla y los puntos de referencia quedaban fuera del área del país.” (Ing. R. Cruz, comunicación personal, junio de 2018)

A partir del análisis realizado a las actividades de inventario del SAP, se detectó que existen muchos más errores en la base de datos de los que se mencionaron; por lo que una revisión para verificar la duplicación de datos y localización de los puentes no es suficiente para verificar que la información sea correcta y con esta evaluar los puentes.

Durante el análisis que se realizó a la base de datos de daños en los puentes registrados para el año 2017, se encontraron datos erróneos de información que se atribuyen a problemas durante la descarga desde el servidor del SAP-WEB al convertirlos en formato de Microsoft Excel, ya que los datos en la base de datos de Excel, no concuerdan en su totalidad con los que se encuentran en la plataforma del SAP-WEB. Los datos erróneos a los que se hace referencia se enlistan a continuación:

- Repetición de datos de daños para un mismo elemento a pesar de que ya se realizó una depuración de la información en la hoja de daños que corresponde al IECP.
- La valoración del daño en el elemento y la nota asignada no concuerdan. Al indicar un estado del elemento, el sistema en la descarga de datos relaciona dos escalas, la primera escala se relaciona con la variable calificativa que recibe el elemento evaluado, y la segunda escala representada por un número que va desde 1 a 5 asignada por el programador encargado de la descarga de datos, el objetivo de relacionar estos valores, es para facilitar la descarga de la información necesaria del servidor en un orden lógico por lo que ambas escalas se puede observar de la siguiente manera:
 - MUY BUENO significa 1
 - BUENO significa 2
 - REGULAR significa 3
 - MALO significa 4 y
 - MUY MALO significa 5

Pero, el resultado del análisis de datos se encontró que estas relaciones en realidad no se cumplen, ya que se encuentra que para los numerales 1, 2, 3, 4 y 5 su significado y/o relación está referido únicamente a la variable calificativa MUY MALO tal como se muestra en el tabla ejemplo 2.7, y que para el resto de variables calificativas no se tiene información. Por lo que el resultado de la evaluación para los 1670 puentes que conforman la base de datos es que todos están en una condición de MUY MALO,

calificación que no es correcta ya que cada puente presenta estados particulares de daño. Esto indica que los datos que se encuentra en la base de datos no son una fuente fiable de información que registre el inventario real de puentes.

Tabla 2.6: Calificaciones asignadas en Microsoft Excel para estados de condición de elementos en la base de datos de puentes correspondiente al año 2017 como resultado de la descarga desde SAP-WEB.

SUBCATEGORIAS	MUY BUENO					BUENO					REGULAR					MALO					MUY MALO				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
APOYOS																					93	561	6449	3948	40
ESTRIBOS																					394	2423	29687	16582	98
FUNDACIONES																					260	1483	17724	9686	35
PILAS																					469	2881	34656	19714	111
SEÑALES																					68	672	8540	5604	54
SUPERESTRUCTURA																					706	4836	61084	36033	268
TERRAPLENES																					358	2362	29248	16723	114

Fuente: Sistema de Administración de Puentes (SAP) del Ministerio de Obras Públicas (MOP), base de datos del años 2017.

Por tanto, los errores en la base de datos presentados y ejemplificados en la tabla 2.6, no permiten que se haga uso del inventario para analizar los datos directamente de la base ya que estos, no representan la información que el Inspector de inventario asigno en cada formulario, que y que a partir de las actividades de evaluación se pueda determinar la calificación del puente y obtener el orden de prioridad de mantenimiento o reparación, ya que existe mucha incertidumbre sobre el resultado de la condición real del puente; para solucionar esto, habría que dar revisión a la plataforma virtual del SAP-WEB y detectar la razón por la que la descarga es errónea así como reparar el error, y mientras tanto utilizar cada uno de los formularios individuales de los 1670 puentes que forman la base de datos para el año 2017 y respaldarse con las fotografías de la inspección para determinar el estado real del puente lo cual no resulta práctico ni eficiente.

A partir de este análisis se determina, que es de suma importancia que la información recopilada en el inventario sea representativa del puente y sobre todo confiable para que los resultados que se obtengan de las actividades de evaluación permitan que la administración de puentes sea eficiente. Con respecto a esta información que recopilan en el inventario de puentes, el manual de la AASHTO “The Manual for Bridge Evaluation” menciona que en un historial de datos de un sistema de puentes, deben existir como mínimo ciertos registros de importancia que reflejen datos específicos para el mantenimiento de puentes y que podrán ser utilizados para la

evaluación de los mismos, en la tabla 2.7, se hace una comparación con respecto a los datos que la AASHTO determina deben ser recolectados en campo durante las inspecciones para el inventario, y los datos que se registran actualmente en el país que sirven para poder dar inicio a las actividades de evaluación de los puentes.

Tabla 2.7: comparación de documentos requeridos para historial en puentes: requisitos especificados por AASHTO en The Manual for Bridge Evaluation y lo existente en el Sistema de Administración de puentes de El Salvador.

ELEMENTOS COMPONENTES SEGÚN AASHTO	ELEMENTOS COMPONENTES EN SAP EL SALVADOR.
Planos <ul style="list-style-type: none"> - Planos de construcción. - Planos de taller. - Planos como construido. 	Planos: Se ha empezado a implementar el archivo de planos de los puentes últimamente construidos, pero son parte de archivos externos al historial del puente en el sistema del SAP.
Especificaciones técnicas de construcción: Las especificaciones técnicas especiales utilizadas durante la construcción del puente son necesarias incorporarlas en el historial del puente.	Se desconoce la información para este caso.
Correspondencia, entre el propietario y el constructor durante la construcción del puente, esta debe ser agregada en orden cronológico al historial del puente.	Se desconoce la información para este caso.
Fotografías, que muestren lo esencial del puente, como su elevación, sección de paso vehicular y las fotografías que muestren los daños o defectos.	Se cuenta con fotografías en el SAP, donde se muestran los daños en el puente y las secciones de este.
Pruebas en materiales tanto para puente nuevo como para puente existente: <ul style="list-style-type: none"> - Certificación de materiales: certificados pertinentes de los materiales utilizados en la construcción del puente. - Datos de pruebas de materiales: reportes de pruebas no destructivas y pruebas de laboratorio de materiales usados en la construcción del puente. - Datos de pruebas de carga: todo tipo de prueba de carga realizada al puente. 	Se desconoce la información para este caso.
Historial de mantenimiento y reparaciones: historial en orden cronológico de todas las reparaciones y mantenimiento que se ha realizado al puente. Incluyendo detalles como fecha, descripción del proyecto, contratista, costo, entre otros.	Se desconoce, posiblemente si esta, está en un reporte externo al SAP.
Historial de revestimiento: Cada historial de puentes debe tener documentado el	Se desconoce la información para este caso.

recubrimiento usado en la superficie, incluyendo la preparación de la superficie, el método de aplicación, tipo de pintura, selladores, membranas protectoras, entre otras.	
Historial de accidentes: daños ocurridos, descripción del accidente, miembro dañado.	Se desconoce la información para este caso.
Uso: especificar que uso se le dará a la estructura, así como también sus capacidades de carga.	Se desconoce la información para este caso.
Cargas permitidas: los cálculos de estas cargas deben ser incluidas en el historial.	En la mayoría de los puentes, se desconocen las cargas permitidas.
Datos de inundación: aplica para las estructuras sobre cursos de agua. Una cronología con el historial de grandes eventos de inundación, incluyendo marcas de agua en el sitio del puente.	Pueden existir registros de inundación en puentes, pero son registros externos al sistema de SAP.
Datos de tráfico: frecuencia y tipo de vehículo que usa el puente en su historial. Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA), parámetros importantes de fatiga en la vida y capacidad de carga admisible, debería ser rutinariamente estudiada.	Se desconoce la información para este caso.
Historial de inspección: tipos de inspecciones realizadas sobre el puente y los reportes originales.	Se desconoce la información para este caso.
Inventario de la estructura y hojas de evaluación: El registro del puente debe incluir un registro cronológico de Inventario y hojas de evaluación utilizadas.	Se desconoce la información para este caso.
Inventarios e inspecciones: El registro del puente debe incluir informes y resultados de todos los inventarios e inspecciones de puentes, como inspecciones de construcción y reparación.	Se desconoce la información para este caso.
Registros de calificación: registro completo de las determinaciones del transporte de carga del puente capacidad.	Se desconoce la información para este caso.

En la tabla 2.7, se muestran registros que según el manual de gestión de puentes de la AASHTO se consideran importantes para el historial de cada puente, de los cuales en su mayoría, en el SAP del país, mucha información de registro importante se desconoce, lo que representa una deficiencia en el manejo de la información de los puentes que puede ser vital para la determinación del tipo de mantenimiento o intervención que sea necesario realizar. Actualmente el registro de información para puentes como lo son: planos, memorias de construcción o reparación, entre otros, son actividades que el MOP ha empezado a implementar con el fin de realizar una mejor administración de los puentes que se encuentran en la red vial.

Tabla 2.8: Datos mínimos necesarios en una base de datos para el Sistema de Administración de Puentes.

Datos especificados por AASHTO como registro mínimo en una base de datos de puentes.	Datos registrados en inspecciones de campo por FOVIAL para base de datos en El Salvador.
<ul style="list-style-type: none"> - Número de estructura - Nombre - Año de construcción - Año de reconstrucción: cuando se han dado reparaciones significativas en el puente - Tipo de carretera y ruta - Ubicación - Descripción de la estructura: tipo de estructura, tipo de juntas, tipo de estribos, de fundaciones... - Esviaje - Vanos, longitud de vanos - Longitud de la estructura - Ancho de calzada - Ancho de hombros - Gálibos - Tipo de capa de rodadura - Anchos de acera - Barandas y barandal de seguridad peatonal - Alineación de acceso - Carriles sobre y debajo de la estructura - TPDA - Carga de diseño - Planos y dimensiones 	<ul style="list-style-type: none"> - Número de estructura - Nombre - Año de construcción <i>(solo si se conoce el dato)</i> - Tipo de carretera y ruta - Ubicación - Descripción de la estructura: tipo de estructura, tipo de juntas, tipo de estribos, de fundaciones... - Esviaje - Vanos, longitud de vanos - Longitud de la estructura - Ancho de calzada - Ancho de hombros - Gálibos - Tipo de capa de rodadura - Anchos de acera - Barandas y barandal de seguridad peatonal - Alineación de acceso - Carga de diseño <i>(solo si se conocen los datos)</i> - Dimensiones

En la tabla 2.8, se presenta una comparación entre los datos que se consideran como mínimos necesarios especificados en The Manual for Bridge Evaluation de la AASHTO en la sección II, para que una base de datos que se obtiene a partir de una inspección visual, sea suficiente para completar el registro de inventario de los puentes, y los que se registran actualmente en las inspecciones de campo que realizan las empresas contratadas para la supervisión por el FOVIAL.

Estos registros mencionados, cumplen en su mayoría con el mínimo de datos que la AASHTO solicita; el registro de reparaciones, tipo de vías que pasan sobre y debajo del puente y el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA), son los antecedentes que se necesitan agregar a los registros de puentes durante las inspecciones para que estos cumplan con las recomendaciones que da la AASHTO.

2.2.1.2.1 Inventario de puentes, base de datos.

El inventario de puentes del MOP posee registros de daños y datos generales de puentes ubicados en todo el país, esta información es actualizada o registrada año con año tal como se había mencionado anteriormente, lo que indica que cada año se van ingresando a la base de datos puentes de los que no se tenía registro porque nunca se habían inspeccionado, por ejemplo: la base de datos del año 2016 contaba con 1,532 puentes; la base de daños del año 2017 cuenta con 1,670 puentes y el MOP espera que con todas las vías nacionales de las que tienen registro y que se están inspeccionando (donde se excluyen privadas y municipales), para la base de datos del 2018 se tenga un dato cercano a los 3,000 puentes a nivel nacional

Tomando los registros existentes en la base de datos del Sistema de Administración de Puentes del MOP para el año 2017, respecto a la hoja de IBP (datos que no contienen errores de descarga como la hoja de IECF mencionada en la sección 2.2.1.2), y realizando una clasificación de puentes de acuerdo a la ubicación por tipo de vía, tipo de puente, ubicación a nivel de departamentos y año de construcción se tienen los siguientes datos:

- La carretera (según clasificación nacional) con mayor cantidad de puentes es la CA02 o carretera Litoral con 197 puentes sobre esta vía (sin especificar tipología).
- La tipología de puentes mayormente usada en el país es la tipo bóveda, con 499 puentes de este tipo.
- El departamento con mayor cantidad de puentes es Chalatenango con 132 unidades de puentes (sin especificar tipología y ruta).
- Para los 1,670 puentes registrados para el año 2017, 1,368 son puentes con edades desconocidas.

Para mejor comprensión de los datos estadísticos generales de puentes existentes en la base de datos del año 2017 ver anexo A-2.

2.2.1.3 Actividades de evaluación.

Corresponden a las actividades del SAP, en el cual se evalúan los datos obtenidos durante las actividades de inspección que forman parte del inventario de estado de condición de puentes que se encuentran en el SAP WEB, también es parte donde se evalúa el costo de mantenimiento o reparación. La finalidad de esta evaluación es determinar el estado en que se encuentra cada puente en el momento en que se

realizó la inspección y así establecer un orden de prioridad para el mantenimiento y/o rehabilitación que puedan necesitar los puentes evaluados.

A partir de la investigación realizada se ha podido establecer que es la Dirección de la DPOP del MOP, a través de la SAOPIV, quienes tienen el acceso a la totalidad de la base de datos de todos los puentes y obras de paso existentes en la red vial nacional; a partir del análisis de la información que contiene la base de datos determinan que puentes requieren especial atención, mantenimiento y/o intervención según el resultado propio de su evaluación.

Para poder expresar el tipo de atención que requiere un puente como resultado de la evaluación, la DPOP posee una clasificación que, a partir de la calificación individual de cada estructura recomienda el periodo en el que un puente debe recibir mantenimiento o intervención en base a los daños que este puede presentar; pero esta no especifica las actividades a realizar para cada uno, continuación se muestra la clasificación correspondiente:

- Puentes en **Emergencia**: Deberán ser atendidos en un plazo máximo de tres (3) meses.
- Puentes que **Requieren Reparación**: Deberán ser atendidos en un plazo máximo de ocho (8) meses
- Puentes en situación de **Mantenimiento Preventivo**: Deberán ser atendidos en un plazo máximo de un (1) año y dos (2) meses
- Puentes en situación de **Mantenimiento Rutinario**: Recibirán las tareas de mantenimiento rutinario con la misma frecuencia que el tramo de camino en el que se encuentra el puente. Deberán volver a ser inspeccionados en un plazo máximo de dos (2) años y tres (3) meses o luego de la ocurrencia de desastres naturales que puedan haberlos afectado. Este plazo ha sido establecido para que cada puente sea visitado en diferentes estaciones del año a lo largo de su vida útil.
- Puentes en situación de **Inspección Rutinaria**: Recibirán las tareas de mantenimiento rutinario con la misma frecuencia que el tramo de camino en el que se encuentra el puente. Deberán volver a ser inspeccionados en un plazo de cinco (5) años y tres (3) meses o luego de la ocurrencia de desastres naturales que puedan haberlos afectado.

Para establecer los tipos de mantenimientos mencionados anteriormente a los puentes, la DPOP posee una aplicación informática de escritorio propiedad del MOP,

exclusivo para la administración de datos de Puentes denominado "Sistema GP"; el cual permite realizar la evaluación y priorización para el mantenimiento de los puentes y obras de paso inventariados. Esta aplicación de escritorio fue adquirida durante el periodo 2008 - 2010 como parte del estudio "Actualización y mejoramiento del Sistema de Administración de Puentes (SAP)" (mencionada en el capítulo I, sección 1.1), pero que a lo largo de esta investigación se ha podido determinar que esta aplicación ha permanecido sin recibir actualización tanto de sistema operativo como de información del estado actual de condición de los puentes, lo que ha provocado que este no sea utilizado en lo absoluto a partir que es una herramienta necesaria para el análisis de datos de daños pero que debido a la falta del código fuente no se pudo actualizar.

Esta aplicación de escritorio, ejecuta un algoritmo de cálculo, que al finalizar su proceso proporciona como resultado, la evaluación de toda la información ingresada de los daños en los puentes en un solo listado, tal como se muestra en la imagen 2.16, el cual muestra que cada puente fue sometido a evaluación y se obtuvo su respectiva calificación y estado de condición. Los puentes y obras de paso en este listado, se encuentran ordenados según su Índice de Prioridad (IP), en el que se comprende que **"Mientras más bajo es el IP, mayor es la prioridad de atención que necesita el puente u obras de paso"**.

A la vez que el Sistema SAP genera los datos de IP de los puentes paralelamente presenta los costos asociados con las reparaciones del puente, en base a la extensión de los daños detectados y calificados durante la evaluación. El objetivo de esta opción del SAP no es obtener con precisión el costo de rehabilitación de una obra en particular, sino, dar un aproximado del costo necesario para dichas actividades que ayudaran a la creación de una mejor planificación de la obra. Es necesario comprender que para obtener un dato específico de costo de reparación para un puente, es preciso un estudio detallado de los costos para el proyecto de reparación, que tenga todos los elementos necesarios tales como planos de construcción, detalles de diseño, cálculo de cantidades y presupuestos entre otros.

En la imagen 2.13 se muestran todas las características mencionadas que presentaba la pantalla de resultados del software informático Sistema GP.

	IP	Puente	Ruta	Estado	Costo (\$)	SubTotal (\$)	Detalle
1	1.23	Los Huezos	CA02AE	EMERGENCIA	108298,85	108298,85	Detalle
2	1.95	Yankee	SON10E	REQUIERE REPARACION	34778,67	143077,52	Detalle
3	1.97	Las Haradas	CA02AE	REQUIERE REPARACION	17640,22	160717,74	Detalle
4	2.09	Francisco Malespin	SON02	EMERGENCIA	35230,06	195947,80	Detalle
5	2.31	El Cañal	CA02AE	EMERGENCIA	13621,61	209569,42	Detalle
6	2.83	El Papalón	CA01E	REQUIERE REPARACION	64169,46	273738,88	Detalle
7	3.14	San José	PAZ05S	REQUIERE REPARACION	28157,05	301895,93	Detalle
8	3.26	William Fuentes I	LIB30E	REQUIERE REPARACION	3058,18	304954,11	Detalle
9	3.35	William Fuentes II	LIB30E	REQUIERE REPARACION	17217,15	322171,25	Detalle
10	3.42	Huisquil	RN19E	REQUIERE REPARACION	53152,48	375323,73	Detalle
11	3.7	Miraflores	CA01E	REQUIERE REPARACION	272094,85	647418,58	Detalle
12	3.72	La Gallina	CA01E	REQUIERE REPARACION	175690,84	823109,42	Detalle
13	3.73	Chiquigua	SON10E	REQUIERE REPARACION	10565,93	833675,34	Detalle
14	3.9	Túnel #4	CA02W	EMERGENCIA	1696298,23	2529973,57	Detalle
15	3.98	1237	SAM40E	REQUIERE REPARACION	25108,70	2555082,27	Detalle
16	4.07	Bóveda Doble	CA02AE	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	2886,04	2557968,31	Detalle
17	4.17	El Milagro	CA02E	EMERGENCIA	54028,62	2611996,93	Detalle
18	4.21	Sirama	CA01E	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	59639,67	2671636,60	Detalle
19	4.22	Puerta con Llave	CA02AE	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	4543,39	2676179,99	Detalle
20	4.22	953	RN19E	EMERGENCIA	68264,19	2744444,18	Detalle
21	4.31	Quebrada (445)	CA02AE	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	7235,86	2751680,04	Detalle
22	4.4	Gacapa	CA02AE	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	7202,97	2758883,01	Detalle

Imagen 2.13: Listado de Resultado Final de la Evaluación de Puentes

Fuente: Sistema de administración de puentes SAP-MOP

Debido a los problemas que presenta la aplicación de escritorio SAP en la actualización, el sistema de ejecución de evaluación, la información de los puentes que posee desde el año 2010, y a partir del análisis realizado a éste, se detectaron problemas de programación para la calificación de puentes, lo cual no permite que el cálculo pueda definirse como confiable. Esto induce que el uso del programa no sea recomendable para la administración de puentes, por la incertidumbre de los datos que ofrece en el resultado, pero permite la posibilidad de desarrollar una metodología de evaluación basada en la lógica de cálculo con la que fue creada y a partir de ello realizar una mejora sustancial para la administración de los puentes, esta mejora para la evaluación se presentará en el capítulo 3 de este trabajo de investigación.

Actualmente la evaluación de la información que contiene la base de datos que se encuentra en la plataforma virtual del SAP WEB con respecto al estado de condición de los puentes no se realiza utilizando el software del SAP como se menciona anteriormente, sino que en su lugar se realiza de forma manual por una persona responsable del sistema de administración de puentes, este proceso se puede ejemplificar a través de las actividades mostradas en la imagen 2.14.

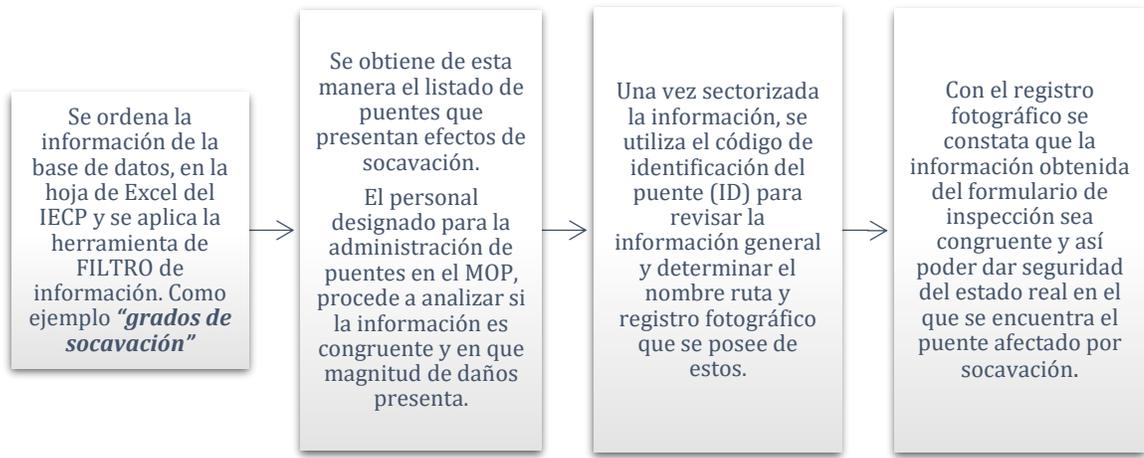


Imagen 2.14 Procedimiento para determinación de estado de un puente que actualmente utiliza el Ministerio de Obras Publicas MOP.

Las actividades de análisis de la información mostrado en la imagen 2.17, es un análisis muy superficial y poco eficiente para la determinación del estado de condición de todos los puentes que conforman la red vial nacional debido a la gran cantidad de datos que se deben evaluar, lo que permitiría obtener datos erróneos, ya que para determinar la prioridad de mantenimiento y/o reparación no son tomados en consideración todos los elementos que componen la estructura ni todos los tipos de daños que puedan existir en ella.

Es por estas circunstancias que es necesario proponer mejoras para el proceso de análisis de la información de estado de condición de un puente para establecer prioridades de mantenimiento y/o reparación. A continuación se describirá el método de evaluación de puente que la aplicación de escritorio SAP desarrolla para obtener resultados.

2.2.1.3.1 Evaluación de puentes mediante el sistema informático SAP.

Para obtener el estado final de la evaluación de puentes que se presentó en la imagen 2.13, la aplicación de escritorio SAP, posee un módulo de cálculo que incluye todas las operaciones matemáticas que el sistema realiza. Como se ha mencionado anteriormente en esta sección el objetivo del algoritmo es, establecer un orden de ejecución de mantenimientos o rehabilitaciones, a partir de un Índice de Prioridad (IP) para el Sistema de Administración del Puentes del MOP, con el fin de asignar a la brevedad fondos monetarios que requieren los puentes de acuerdo a su estado de condición.

Dicho Índice de Prioridad (IP), consiste en la asignación de un valor numérico que determina la calificación del puente a través del cálculo matemático de Lógica Difusa (Fuzzy Logic), para establecer la prioridad de mantenimiento, atención o intervención al mismo, a partir de la identificación de daños durante las actividades de inspección.

El uso de la Lógica Difusa (Fuzzy Logic) para la determinación de un IP, permite calificar el estado de los puentes sometidos a evaluación, otorgando resultados que se acercan bastante a la realidad y al pensamiento humano, mediante el uso de variables lingüísticas. Este proceso de cálculo considera la incertidumbre propia de las evaluaciones, en conjunto con la cantidad de variables que determinan el estado o la vulnerabilidad de un puente, tomando en cuenta que estas son amplias y no fácilmente mensurables.

El concepto de Lógica Difusa (Fuzzy Logic) fue concebido por Lofti A.Zadeh, profesor de la Universidad de California en Berkeley Estados Unidos de Norteamérica, quien inconforme con los conjuntos clásicos (crisp sets) que solo permiten dos opciones (la pertenencia o no de un elemento a dicho conjunto), presentó una forma de procesar información permitiendo pertenencias parciales a unos conjuntos, que en contraposición a los clásicos, los denominó conjuntos Difusos (Fuzzy sets). El concepto de conjunto difuso fue expuesto por Zadeh en una publicación del año 1965, hoy clásico en la literatura de la lógica difusa, titulado "Fuzzy Sets" y que fue publicado en la Revista Information and Control. El mismo Zadeh publica en 1971 el artículo "Quantitative Fuzzy Semantics", en donde introduce los elementos formales que acabarían componiendo el cuerpo de la doctrina de la lógica difusa y sus aplicaciones tal como se conocen en la actualidad.

Según Zadeh: "la lógica difusa trata de copiar la forma en que los humanos toman decisiones. Lo curioso es que, aunque baraja información imprecisa, esta lógica es en cierto modo muy precisa; se puede aparcar un coche en muy poco espacio sin darle al de atrás. Suen a paradoja, pero es así." ⁴⁵

El sistema informático SAP, al hacer uso de la Lógica Difusa (Fuzzy Logic), utiliza números difusos (Fuzzy Numbers) para la evaluación de los puentes; un **número difuso** es una extensión de un número regular en el sentido que no se refiere a un

⁴⁵ Inteligencia en redes de comunicaciones. Trabajo optativo: Lógica difusa. Universidad Carlos III de Madrid. Raúl Sánchez. Recopilado de: <https://es.slideshare.net/mentelibre/logica-difusa-introduccion>.

único valor sino a un conjunto de posibles valores, que varían entre 0 y 1.⁴⁶ Así como la lógica difusa es una extensión de la lógica booleana (que sólo utiliza valores 0 y 1, exclusivamente), los números difusos son una extensión de los números reales.

Los cálculos con números difusos permiten la incorporación de incertidumbre en parámetros, propiedades, geometría, condiciones iniciales, entre otras. Además, corresponden a la traducción de variables lingüísticas números (y viceversa) que se encuentran en los formularios, tales como MUY MALO, MALO, REGULAR, BUENO Y MUY BUENO, utilizados para el cálculo matemático, los cuales son representados en el momento en el que el inspector asigna una variable lingüística cuando evalúa el estado de un elemento, por ejemplo se puede decir que la variable lingüística MUY BUENO es equivalente a darle una calificación de 10 al elemento evaluado; es de esta manera que el sistema SAP aplicando la Lógica Difusa (Fuzzy Logic) y utilizando los números difusos (Fuzzy Numbers), permite definir conclusiones como la siguiente:

Supóngase que el barandal de un puente está totalmente destruido por un impacto, en tal caso el evaluador consigna: “estado del barandal muy malo”, pero dado que el resto de la estructura está en perfectas condiciones, las acciones recomendadas por el Sistema a partir de sus conclusiones serán: “El puente se encuentra en estado muy bueno y sólo requiere una inspección rutinaria, pero el barandal se encuentra en emergencia y hay que proceder a repararlo”.⁴⁷ (Este tipo de conclusiones solo se podían verificar al revisar los resultados de los informes en la aplicación de escritorio SAP).

Por tanto el uso de la Lógica Difusa como base matemática, proporciona una manera de obtener una conclusión a partir de información de entrada ambigua, imprecisa o incompleta. En general la Lógica Difusa trata de imitar la forma en que una persona toma decisiones basada en información que posea las características mencionadas, trabaja con información que posee un alto grado de imprecisión; en esto se diferencia de la lógica convencional que trabaja con información bien definida y precisa. Por lo que es una lógica multivaluada que permite valores intermedios para poder definir evaluaciones entre sí/no, verdadero/falso, negro/blanco, caliente/frío.⁴⁸

⁴⁶ Michael Hanss, 2005. *Applied Fuzzy Arithmetic, An Introduction with Engineering Applications*. Springer, ISBN 3-540-24201-5

⁴⁷ Ídem 4

⁴⁸ Idem 45

A continuación se explicará brevemente la evaluación que realiza el SAP, haciendo uso de la Lógica Difusa en el cálculo para la obtención del Índice de Prioridad IP de los puentes y obras de paso que pertenecen a la red vial nacional.

Uso de la lógica difusa en la obtención del IP para los puentes y obras de paso.

Obtener el Índice de prioridad para un puente “r” se realiza a partir del cálculo de valores numéricos que poseen las variables que intervienen en el cálculo, cada una de las cuales poseen otras variables que las anteceden, estas se han denominado con los subíndices i, j, k y l en la expresión matemática para calcular el Índice de Prioridad del SAP de El Salvador que se representa a continuación:

$$IP_r = PFE_{ir} + VAE_{jr} + OF_{kr} + IOE_{lr}$$

Para comprender las operaciones de cálculo que llevan a la obtención del IP, resulta importante la definición de las 4 variables principales que intervienen en la evaluación del puente expresadas en la formula anterior, estas se encuentran en el formulario de IECP, y se presentan como:

1- PFE: Propensión a la Falla Estructural

Que corresponde a la evaluación de todos los elementos de superestructura, subestructura y accesos que componen el puente, tanto los que soportan cargas como los accesorios. La evaluación se hace con base a los daños existentes, y se aplica a elementos con daños, con la particularidad que el software no toma en cuenta para obtener resultado, aquellos elementos que no poseen daños, por lo que el resultado no registra estados de puentes que presenten “buenas calificaciones”, por no presentar daños en sus elementos.

2- VAE: Vulnerabilidad a los Agentes Externos

Según el formulario y la estructuración del software del SAP los elementos de la cual se compone esta sección para el cálculo de IP son las siguientes:

- A- HIDRAULICA en la que se evalúa socavación general, socavación localizada, ataque sobre los estribos, degradación del lecho, agradación del lecho (azolvamiento).
- B- SOBRECARGAS se toman en cuenta sobrecargas reales.

- C- MEDIO AMBIENTE tales como humos o gases agresivos, líquidos agresivos, aguas con sulfatos o cloruros Suelos con sulfatos o cloruros.

3- OBF: Obsolescencia Funcional

La funcionalidad de un puente, se evalúa como el conjunto de características que hacen que este sea seguro para el paso vehicular y peatonal, además de tomar en cuenta la vida estimada cumpliendo con su función de paso vehicular (principalmente). Para la evaluación de la funcionalidad de un puente, según el inventario de evaluación de estado de condición del puente IECP y su respectivo catálogo de daños, se tienen en cuenta los siguientes parámetros de evaluación de funcionalidad en un puente:

- A. Ancho de Calzada en el que se evalúa si este es insuficiente para un carril, Insuficiente Para Dos Carriles, Insuficiente Para Tránsito Pesado.
- B. Gálibo Vertical si este es insuficiente o no uniforme.
- C. Carga de Diseño si se puede determinar que la carga sea HS-15 o HS-20-44 si esta no puede ser determinada.
- D. Vida Útil en la que se evalúa la existencia de deterioros muy avanzados que puedan existir en el puente para determinar si este requiere mantenimiento urgente o si posee insuficiente seguridad estructural.

De los cuatro literales mencionados para la evaluación de funcionalidad en el puente por parte del inspector, solo 3 de estos poseen explicación detallada en el catálogo de daños actual del MOP (ver Anexo A-1).

El literal que no posee explicación para determinarlo durante la inspección en dicho catálogo de daños es Vida útil del puente, ya que este no se puede evaluar con exactitud por simple inspección visual, debido a que se trata de un tema complejo y se requieren estudios especializados; se limita a que el inspector de inventario a partir de la observación y su propio criterio profesional determine si la vida útil del puente se encuentra según el formulario IECP, insuficiente, mínimo aceptable, adecuado o sobrado.

4- IEO: Importancia Económica y Operacional

La evaluación de importancia, se determina a partir del tipo de vía en la que se encuentra localizado el puente, por lo cual el inspector debe preparar con antelación

esta información para determinar la calificación de la vía que obtenga de acuerdo a los siguientes términos:

I- IMPORTANCIA

- A. Estratégica (Militar) como medio de comunicación vital o zona Incluida en Planes Especiales.
- B. Para uso Civil (Economía Regional) como acceso único a población o zona con plan de desarrollo especial.
- C. Turística tal como corredor turístico importante, yacimiento arqueológico o carretera paisajística.
- D. Política como obra incluida en planes especiales o vía que sirve a comunidades especiales.
- E. Social que afecta comunidades o que puede generar conflictos.

II- COSTOS DE LA EMERGENCIA

- A. De Reparaciones de requiere tecnologías especiales, reparaciones muy extendidas, reparaciones muy costosas.
- B. De obras de emergencia que sería necesarias tal como cruce de emergencia muy costoso, cruce de emergencia no factible, cruce de emergencia no aceptable.
- C. De operación de los vehículos en recorridos como alternativa muy extensa, alternativa intransitable, alternativa que requiere obras costosas.
- D. Adicional por limitación temporal de carga como tiempos de espera inaceptables, imposibilidad de vehículos pesados.
- E. Adicional por calzadas reducidas como tiempos de espera inaceptables e imposibilidad de vehículos pesados.

El SAP toma como base el razonamiento que lleva a la calificación de una variable de nivel superior respecto a los valores que la definen e influyen en su mismo valor; a estas variables de evaluación, se les asignan valores inciertos, cada variable se encuentra definida por un Número Difuso (Fuzzy Number) como el representado en la Imagen 2.15, donde se muestra un Valor Preferido y un Rango que determina la incertidumbre que se ha considerado al establecer su valor, el Valor Preferido es 6 y el Rango es 5 (-3 y +2), que se interpreta como una variable que tiene un valor 6 con el máximo sustento, pero que también puede tener un sustento 0.7, o un sustento 0.35 o podría tener otro valor preferido con diferentes rangos y sustentos.

Donde el sustento proporciona el grado de pertenencia de un valor “X” al conjunto difuso entre 0 y 1, mientras que el rango se refiere al valor de la variable que tenga pertenencia de un valor “X”, al conjunto de variables que se pueden considerar para la evaluación. El valor preferido se refiere al valor de importancia asignado a la variable sometida a evaluación como parámetro en el que inicia el cálculo matemático.

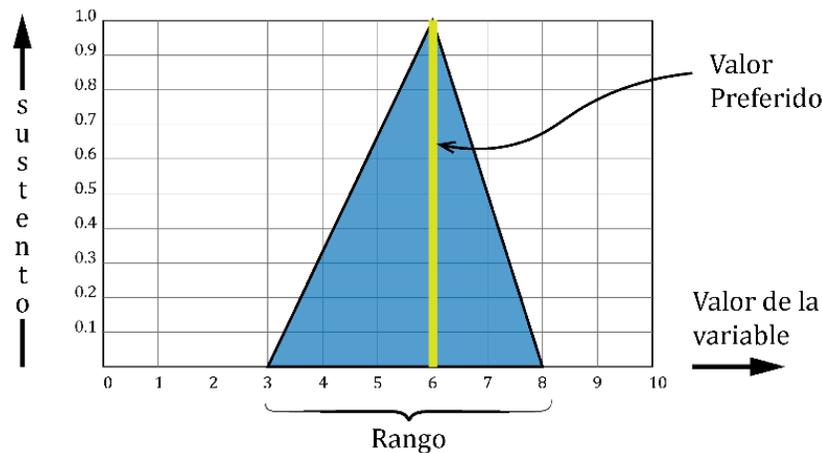


Imagen 2.15: Ejemplo de Número Difuso

Fuente: Informe Final. ESTUDIO: ACTUALIZACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE PUENTES. Consorcio MALSA – ITYAC. Por medio de Ministerio de Obras Públicas (MOP) de El Salvador.

Al utilizar valores no completamente definidos para las variables, sino números difusos, es posible tomar en cuenta el grado de incertidumbre que naturalmente presenta la valoración de las variables. Por lo que al considerar la influencia de cada variable de un nivel con respecto al nivel siguiente, es posible considerar el “valor preferido” como se mencionó anteriormente con su respectivo “rango de incertidumbre” o sustento. Un ejemplo claro de esto, se observa cuando la importancia de la variable Infraestructura, sobre el estado de la Estructura, se consigna como (9,0.5) donde 9 representa el valor preferido y 0.5 el valor de incertidumbre correspondiente a la variable designada para el elementos evaluado; lo cual expresado explícitamente significa: “el estado de la Infraestructura influye en un 90% en el estado de la Estructura, pero esta importancia puede variar entre 85% y 95%”.

Este tipo de calificaciones de valor preferido y sustento, son asignados en el SAP a cada una de las variables, donde éstas fueron predefinidas como términos calificativos de condición del estado de condición, que son los que aplica el inspector

durante la evaluación al utilizar el formulario de IECP. Por ejemplo, el conjunto de valores que podría adoptar una variable determinada no medible, tal como la superficie de rodadura, serían los que se muestran en la Imagen 2.16.

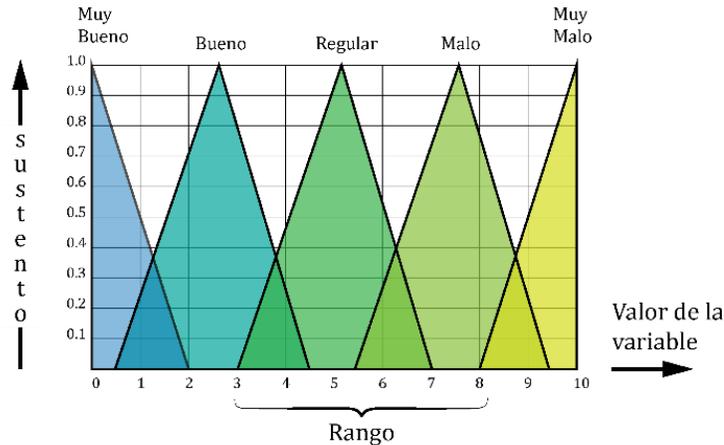


Imagen 2.16: Valores (Difusos) que podría adoptar los elementos de un puente.

Fuente: Informe Final. ESTUDIO: ACTUALIZACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE PUENTES. Consorcio MALSA – ITYAC. Por medio de Ministerio de Obras Públicas (MOP) de El Salvador.

En el SAP los términos calificativos de condición al igual que las variables de los elementos del puente poseen valor preferido y rango, que ya se encuentran establecidos en el *Sistema "GP"* para cada una de estos, tal como se muestra en la tabla 2.17.

Tabla 2.9: Valor preferido y sustento para los términos calificativos de condición.

Términos calificativos de condición	Valor preferido	Rango
MUY BUENO	10	1
BUENO	8	2
REGULAR	5	3
MALO	2	2
MUY MALO	0	1

Esta breve descripción de la lógica utilizada permite destacar que las calificaciones de las variables de un nivel más extenso, no se obtienen por suma ni promedio simple de los valores de las variables que lo conforman o influyen en él. Este procedimiento es el que permite llevar un control de las tareas a ejecutarse en un puente, aun cuando éstos no determinen un peligro para la obra completa y viceversa, como por ejemplo: asignar prioridad a un puente que muestra socavación importante en un

sólo pilar, encontrándose el resto de la obra en perfectas condiciones desde todo punto de vista.

Esta característica, de tratarse de un algoritmo donde los resultados calificativos no se obtienen por adición, permite también la posibilidad ya expresada, de que a pesar que algunas variables no hayan sido evaluadas por algún motivo (información faltante), de todas maneras es posible obtener conclusiones sobre la base de las variables que sí han sido evaluadas. La aplicación de las calificaciones de importancias, se realiza mediante la operación aritmética de la lógica difusa llamada Promedio Ponderado Difuso.

El Promedio Ponderado Difuso, es una operación similar a un promedio ponderado (en el que cada valor tiene un valor determinado) pero que considera que los valores de las variables poseen distintas importancias e incertidumbres, determinadas sobre el IP de cada puente "r". Estas importancias e incertidumbres son también números difusos triangulares, que se denominan con dos subíndices, el primero indica la variable (en este caso m = 1 a 4) y el segundo indica el puente "r". Estas variables son relacionadas entre sí, a partir del Promedio Ponderado Difuso, que matemáticamente se expresa como:

$$IP_r = [I_{mr} \cap V_{mr}]_{r=1, r=np}$$

Esta fórmula matemáticamente se puede leer de la siguiente manera, el IP para un puente "r" es igual al conjunto que contiene todos aquellos elementos que relacionan a partir de "uniones" e "intersecciones" el valor de Importancia (I) y el valor de la variable en cuestión (V). Lo cual indica que el número borroso IP para un puente se obtiene aplicando la importancia de cada variable a cada una de ellas para cada puente.

Precisamente la lógica difusa es la que permite que puedan aplicarse diferentes variables a las distintas obras y obtener resultados individuales comparables para un puente cercha o una bóveda, cuando ambos han sido calificados sobre la base de distintos elementos y por lo tanto con distintas variables, ya que en lugar de sumas y restas de números, se realizan "uniones" e "intersecciones" de conjuntos, no interesa si se aplican o no todas las variables a cada obra. En la imagen 2.17 A y 2.17 B se intentan explicar la obtención de una variable difusa a partir del promedio de diferentes valores (también difusos), con "factores de ponderación" difusos, asignando un factor de ponderación 1 a la variable de valor 3 y un factor 4 a la variable de valor 7.

Para poder comprender mejor la forma de cálculo del promedio ponderado difuso, en primer lugar, en la imagen 2.17 A, se representa el resultado de la operación promedio si se utilizaran dos números “exactos” únicamente, sin aplicar el factor para cada uno; por lo que para estos se obtiene un promedio ponderado normal.

Si por ejemplo se asigna un factor de ponderación 1 a la variable de valor 3 y un factor 4 a la variable de valor 7, se podría obtener un promedio ponderado tal como se muestra en la imagen 2.17 B. A esta operación de lógica difusa se denomina “promedio ponderado difuso” y se realiza con números “difusos”, asignados con “pesos difusos”.

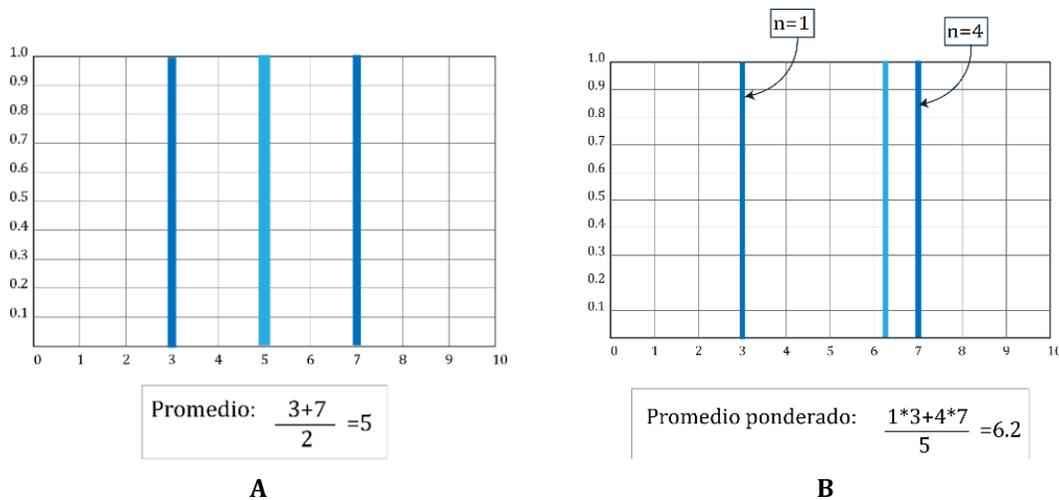


Imagen 2.17: A - Números exactos en cuadro típico para gráfico de números difusos, B - Números difusos en cuadro típico para gráfico de números borrosos

Fuente: Informe Final. ESTUDIO: ACTUALIZACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE PUENTES. Consorcio MALSA - ITYAC. Por medio de Ministerio de Obras Públicas de El Salvador.

Si en lugar de tratarse de números “reales”, se hubiera trabajado con números “difusos”, cada una de las variables tendría un “valor preferido”, indicado en la escala horizontal que corresponde al mayor valor del conjunto, y una “incertidumbre”, indicada por sus valores extremos en la base del triángulo. Esta incertidumbre expresa que puede llegar a considerarse para la variable, un valor menor que la moda pero con un “sustento” o “convencimiento” menor. El gráfico incluido en la imagen 2.18, intenta representar esta operación de forma intuitiva.

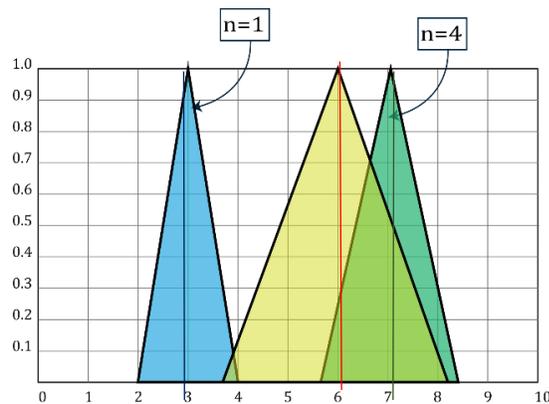


Imagen 2.18: promedio ponderado borroso (números y pesos borrosos).

Fuente: Informe Final. ESTUDIO: ACTUALIZACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE PUENTES. Consorcio MALSA - ITYAC. Por medio de Ministerio de Obras Públicas (MOP) de El Salvador.

Para una mejor comprensión de la determinación del Valor Preferido del Promedio Ponderado Difuso, ver ejemplo en anexo A-4 en el que se muestra el proceso de cálculo que dicta la aritmética de la lógica difusa utilizada en el SAP aplicando los conceptos y valores de las variables explicados.

Para verificar cada valor preferido, valor de incertidumbre que se le adopta a cada elemento sometido a evaluación para los puentes ver anexo A-3, en donde cada elemento tiene un valor de importancia y dichas **importancias** se establecieron de acuerdo a experiencias en evaluaciones realizadas por el Consorcio MALSA ITYAC y el MOP durante la consultoría del año 2008, la cual demostró que:

- ✓ Los colapsos totales más frecuentes en los puentes se deben a problemas hidráulicos.
- ✓ Los aspectos estructurales mantienen una gran importancia sobre la prioridad de atención que requiere una obra de paso para su mantenimiento en servicio.
- ✓ Los aspectos relacionados con la obsolescencia tienen su importancia (evaluada en un 60%), pero con un grado mayor de incertidumbre a la hora de obtener el IP.
- ✓ La importancia de la obra tiene menor influencia, pero puede llevar, a una dada obra de paso, a la necesidad de atención casi permanente, para evitar el corte de una carretera o camino importante.

Al finalizar el cálculo del promedio ponderado difuso, el SAP establece la condición global del puente, determinando la SIMILITUD del número difuso IP que se obtuvo

del cálculo, con alguno de los estados de condición del gráfico de similitud del IP con respecto a los mantenimientos escogiendo aquel que pertenezca más al triangulo difuso del mantenimiento de puentes, tal como se mostró en la imagen 2.18, esta similitud se obtiene comparando la intersección con la unión de cada una de las condiciones. En el anexo A-4 se muestra a detalle el cálculo para la determinación de esta compatibilidad.

El Sistema SAP realiza las actividades de evaluación, priorización y costos de las obras, sin embargo, pese a todos los beneficios que esta herramienta pueda aportar, no es necesariamente la mejor opción para poder ejecutar las labores de evaluación conforme a lo mencionado a continuación:

- El algoritmo de la aplicación no es compatible con cualquier tipo de sistema operativo, ya que este sistema informático puede ejecutarse únicamente en computadores con sistema operativo Windows 7 y XP, debido a que ya no se hicieron más actualizaciones al mismo.
- El procesamiento de esta información requiere que se ingrese 1 a 1 los registros de cada puente, y en ocasiones los problemas de programación no permiten que se puedan ingresar los datos y se tiene que reiniciar el programa.
- El SAP, determina un índice de prioridad tomando como base el criterio de la valoración general del elemento registrado por el inspector de inventario, la cual se hace por apreciación del mismo, es así, que esta aplicación asume valores de incertidumbre para la determinación de las acciones a ejecutar. Esta valoración no es más que una estimación que no considera los directamente los daños actuantes en los elementos.
- Cuando se registran daños con diferentes valoraciones desde “Muy bueno” hasta “Muy malo”, esta no toma en consideración aquellas valoraciones que indican el estado como bueno o muy bueno.

Por lo que a partir de todas estas consideraciones en la aplicación de escritorio SAP se puede determinar que su lógica de cálculo puede ser aplicable para la obtención del IP, pero que el uso de la misma aplicación no es recomendable y es necesario desarrollar una aplicación actualizada que facilite el cálculo del mismo

2.2.1.4 Actividades de ejecución.

El Manual para Inspección y Conservación de Puentes del Estado de Illinois, Estados Unidos afirma que:

“El formato del Informe de condición del puente es una descripción extensa y detallada de una estructura. Permite a la Oficina de Puentes y Estructuras realizar correctas medidas estructurales y económicas y decisiones de política para el gasto rentable de los fondos de rehabilitación de puentes.” (Manual para inspección y conservación de puentes del Estado de Illinois, 2012, P.10)

Lo que indica que los informes de inspección representan una parte vital para realizar la toma de decisiones; es de suma importancia que la información que contengan los informes sea representativa del estado real que posean los puentes, para que la asignación de fondos se realice de forma correcta para la administración de puentes. Por lo que una vez se determina cuáles son los puentes que requieren especial atención por su estado o condición a partir de la evaluación de estos puentes, estos son enviados a FOVIAL, para que este a través de las empresas encargadas del mantenimiento rutinario realice los trabajos de reparación. Sin embargo durante una entrevista realizada al Ing. R. Cruz, mencionó que *“existen situaciones excepcionales donde el disponible financiero para el mantenimiento rutinario no alcanza a cubrir el proyecto de reparación del puente, es en este momento donde participa en la toma de decisión el despacho ministerial y es este el que decide si se realiza la obra de reparación por medio de un proyecto MOP, o como un pedido especial a FOVIAL.”* (Ing. R. Cruz, comunicación personal, junio de 2018)

Muchas de las decisiones para mantenimiento y/o intervención en los puentes tienen que ver con la disponibilidad económica y la velocidad con la que se requiera realizar los trabajos de mantenimiento. Por ejemplo cuando se requiere realizar trabajos en el menor tiempo posible y que su costo no es extenso como los son los mantenimientos rutinarios, el despacho ministerial hace uso del FOVIAL para realizar esas actividades, pero sí en cambio el proyecto requiere de una mayor planificación y presupuesto elevado para desarrollar las actividades, o resulta en una situación de emergencia en un puente que requiere atención inmediata, es cuando se realiza través del MOP.

Se puede ejemplificar esta situación con el proyecto de construcción de puentes binacionales como lo es el puente “El Jobo” sobre el Rio Paz en la Frontera El Salvador- Guatemala, el cual fue negociados aproximadamente en 2013 y para el año 2018 se encuentra en proceso de diseño y construcción, por lo que proyectos mayores como este es responsabilidad del MOP; FOVIAL no interviene en esas labores ya que su función es el mantenimiento de las vías, por lo que realiza actividades de limpieza y dragado del cauce en ríos y canales, mantenimientos en

elementos accesorios del puente como lo son los barandales señalización e iluminación

A lo largo de la investigación y de las entrevistas con personal encargado de la administración de puentes del MOP, se ha podido determinar que las actividades de ejecución para el mantenimiento o reparación de los puentes no son programadas periódicamente y por lo tanto no existen medidas preventivas de ejecución para evitar que los daños que presenta la estructura se vean agravados con el pasar del tiempo, ya que estas actividades de ejecución solo se desarrollan bajo condiciones de colapso en el puente en el que para esta situación representa una situación de emergencia y afecta el paso vehicular. Por lo que desarrollar metodologías y sistemas informáticos que permitan agilizar el procesamiento de la información que existe en la base de datos, es de suma importancia para que la administración de puentes y la asignación de fondos a las obras, sea efectiva y así evitar colapsos en los puentes.

**CAPÍTULO III:
PROPUESTA DE MEJORA PARA
REGISTRO Y EVALUACIÓN DE
DAÑOS EN PUENTES DE
EL SALVADOR.**

3. PROPUESTAS DE MEJORA PARA REGISTRO Y EVALUACIÓN DE DAÑOS EN PUENTES DE EL SALVADOR.

En el capítulo I, se hizo mención del historial del Sistema de Administración de Puentes (SAP) que se ha intentado implementar en El Salvador, con los cuales el poder especificar cuando un puente necesita reparación o mantenimiento de forma periódica y/o programada no ha sido posible. Normalmente en El Salvador las acciones de intervención en un puente se realizan cuando este ha sufrido daños mayores en su estructura y el paso vehicular se ve comprometido, pero lo recomendable es proporcionar a cada uno de los puentes que conforman la red vial, el mantenimiento que requieran en el momento adecuado.

En el análisis realizado al SAP actual de El Salvador del Ministerio de Obras Públicas (MOP), en el capítulo II, sección 2.2.1.2., se hace referencia a la necesidad de implementar estrategias de mantenimiento y/o reparación a los puentes en la red vial nacional, para que esto genere estabilidad y seguridad a los usuarios; también se hizo mención a las deficiencias existentes desde el proceso de obtención de datos para el inventario, hasta el ingreso y descarga de datos en el sistema SAP-WEB, en el que se determinó que el sistema actual (SAP-WEB) funciona como método de captación de datos, ya que no se realiza el análisis de los datos que lo conforman, no brinda una calificación de condición de los puentes donde se determine el tipo de intervención que necesiten. Por lo tanto, se ha determinado que la evaluación de condición de puentes es de suma importancia, y no solo para El Salvador o los países Americanos, sino que a nivel mundial, por ejemplo el BRIDGE MANAGEMENT IN EUROPE (BRIME, Administración de Puentes en Europa) menciona respecto a un SAP lo siguiente:

“Para que los puentes se encuentren en una condición estable en el paso vehicular, necesitan una estrategia de mantenimiento eficaz que aumente su vida útil a un costo mínimo. Por ejemplo, el mantenimiento de rutina, como pintura, limpieza y reparaciones cosméticas menores, se puede usar para disminuir la velocidad de deterioro. El trabajo de reparación o rehabilitación se puede utilizar para eliminar el origen del deterioro o para restaurar la capacidad perdida. Sin embargo, las estructuras individuales no pueden tratarse de forma aislada y la estrategia de mantenimiento debe tener en cuenta otros factores, como el uso actual y futuro del puente, su posición en la

red y el impacto ambiental, social o político de cualquier trabajo de mantenimiento.

Por lo tanto, existe la necesidad de un conjunto de criterios racionales que garanticen que los puentes se mantengan en condiciones seguras y de servicio, con la capacidad de carga requerida. Esto debe hacerse a lo largo de su vida útil de diseño a un costo mínimo de por vida, mientras se produce la menor interrupción posible del tráfico.” (DELIVERABLE D14, FINAL REPORT. BRIDGE MANAGEMENT IN EUROPE (BRIME), enero de 2001.

En general, un SAP es una herramienta que ayuda a los administradores de puentes a detectar el estado de condición de estos, para determinar a criterio del Ingeniero administrador cual será el tipo de mantenimiento o rehabilitación a aplicar, implementando estrategias de mejoras en puentes que sean coherentes con las políticas, objetivos a corto plazo, largo plazo y con las restricciones presupuestarias.

El método de evaluación de datos de inspección del Sistema GP que entregó la consorcio MALSA-ITYAC contiene un método de evaluación basado en lógica difusa (capítulo II, pag 93) para determinar el estado de condición del puente a partir de una inspección visual, y esa metodología se retomó para evaluar datos en este trabajo de graduación para la evaluación de condición de estructuras de puentes, aplicando algunos cambios para la evaluación de datos de inspección de campo; para realizar modificaciones en la forma de evaluación de estado de elementos de un puente, fue necesario apoyarse en la realización de una encuesta a Ingenieros Civiles con conocimiento en el área de puentes, por lo tanto en base a los resultados de la encuesta (Anexo A-6), las recomendaciones de los profesionales encuestados, las revisiones de documentos del SAP, la revisión a la base de datos del mismo y la necesidad de evaluación de datos de inspección, se presentan las siguientes propuestas de mejoras al sistema:

1. Elaborar un método para la evaluación de daños en las estructuras de puentes, para la verificación de estado de condición real de estos, con la que se generen índices de calificación de estado para la “estructura”, partiendo de la forma de evaluación existente en la aplicación de escritorio SAP y la toma de conceptos de evaluación de metodologías aplicadas en otros países o estados.
2. Reformulación de ítems del formulario Inventario de Estado de Condición de Puentes (IECP) para evaluación de elementos en el formulario.

3. Reordenamiento de ítems del formulario Inventario Básico de Puentes (IBP), para el cual se revisó cada numeral del actual formulario y se tomó todo aquel que se puede determinar por simple inspección visual, retirando los ítems que requieren de actividades extras para su obtención, como lo es las medidas del grado de esviaje de un puente.
4. Extensión de conceptos y explicación de los ítems de llenado de manuales de llenado para formularios de inspección (IBP e IECP).
5. Mejora de conceptos en catálogo de daños en la sección de estructura para la evaluación de elementos del puente.

Cada propuesta mencionada surge de la necesidad de:

- A. Evaluar el estado de condición de los puentes; actualmente es de conocimiento del MOP que muchos puentes presentan daños, pero desconoce la gravedad de estos.
- B. Mejorar los formularios para captar los datos necesarios que permitan generar una evaluación de daños en los puentes a partir de la inspección visual, en la que se utilice la metodología que se propone en este capítulo.
- C. Presentar un nuevo manual de llenado para los formularios debido a los cambios aplicados a los mismos.
- D. Mejorar en el catálogo de daños debido a la necesidad de un concepto más detallado para los tipos de daños en puentes cuando el inspector posee poco conocimiento de estos.

Cabe mencionar que las propuestas que se presentan en este capítulo para la mejora del SAP, no representan una evaluación total de los puentes; únicamente se evalúa la **condición de la estructura debido a la presencia de daños en los elementos** lo cual no determina un estado o condición total de las estructuras, pero ayuda a identificar la condición del estado general primordial del puente. A continuación se describe el contenido de las propuestas.

3.1. PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA EVALUAR ESTADO DE PUENTES CON BASE A DAÑOS EXISTENTES.

Los Sistemas de Administración de Puentes, en los diversos estados o países tienen diferentes variables de evaluación y diferentes métodos para determinar una calificación de condición general del puente, todo depende de las necesidades de la zona donde se ubican. Esto indica que no hay una metodología estándar establecida para el cálculo del estado de condición de un puente, ni un límite de variables de

evaluación, ya que cada entidad responsable de la administración de puentes genera su propio método para evaluar la condición de un puente.

En El Salvador, la metodología desarrollada por la consultoría contratada por el MOP, presentó un formula que implica cuatro variables para determinar la condición de un puente (sección 2.2.1.3.1 del capítulo II), estas variables son:

- PFE (Propensión a la falla estructural).
- VAE (Vulnerabilidad a los agentes externos).
- OF (Obsolescencia funcional).
- IEO (Importancia económica y operación).

Con la siguiente formula: $IP_r = PFE_{ir} + VAE_{jr} + OF_{kr} + IOE_{lr}$ (Ecuación 3.1)

El Índice de Prioridad (IP), es un valor calculado mediante lógica difusa utilizando las cuatro variables mostradas en la formula. Sin embargo, esta fórmula puede ser modificada y agregar más variables o dividir las existentes en más secciones para una evaluación más detallada.

Durante la entrevista realizada el Lic. R. Cardona, docente de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática de la Universidad de El Salvador, y que se encuentra letrado en materia de la Lógica Difusa, describe que:

<< La lógica difusa es una forma de implementar diferentes grados de verdad para describir un comportamiento, es un modelo matemático mas no un modelo estadístico, por lo que al establecer una escala sencillamente se está indicando si un elemento sometido a evaluación es aceptable o no.

*Es importante reconocer que existen **reglas de la inferencia difusa** que consisten en una función que toma premisas, analiza sintaxis, y devuelve una conclusión (o conclusiones) que indican un resultado con base a una condición que se ha establecido produciendo resultados establecidos por la ocurrencia del evento; estas reglas se basan en la lógica de la decisión que se está planteando, las reglas por si sola en la simbología no indican mucho hasta que se obtienen resultados con el sistema que se diseñó basado en estas mismas.*

Algunos valores que se utilizan en la lógica difusa, no surgen de reglas estipuladas o de cálculos matemáticos comprobables, esos valores como la incertidumbre y valor preferido que son utilizados para la evaluación los elementos, surgen de la experiencia y de la forma de evaluación de la persona que establece esos datos para el

*modelo matemático de aceptabilidad que está estableciendo y que a partir de estos, el sistema pueda decidir si existe un buen estado o en mal estado del elemento que se evalúa, **todo está basado en la experiencia, y en la realización de pruebas recurrentes** que permitan lograr la condición óptima de evaluación de resultados reales y aceptables, estas pruebas no necesariamente son a corto plazo, algunas veces estas podrían durar años de acuerdo a la magnitud de lo que se está evaluando, la diversidad de datos que se toman en consideración y los factores externos que afectan la evaluación.*

Uno de los aspectos más importantes en la lógica difusa se refiere a las tazas o factores que se designan para evaluar un estado, ya que es a partir de estos que se establecen los valores verdaderos; los valores con los trabajará el sistema que se esté diseñando.

En un sistema de lógica difusa existe el termino denominado “sustento”, este se define como un “valor de verdad” que indica una condición de aceptación de un valor con base a los criterios establecidos para el sistema creado, y todo es en base a la subjetividad y consideración de la persona que lo elabora.>> (Lic. R. Cardona, comunicación personal, 22 de Noviembre de 2018).

Por lo tanto, la fórmula establecida por el consorcio MALSA-ITYAC en el Sistema GP con el uso de lógica difusa para la calificación del estado de condición de puentes, puede ser modificada con base a las necesidades de evaluación, sin embargo, los valores que se establezcan deben ser calibrados hasta obtener el valor que se necesita, realizando pruebas para verificar su veracidad.

Para efectos de este trabajo de investigación, y según lo mostrado en la ecuación 3.1 solo se ha considerado la estimación en el cálculo de la variable Propensión a la falla estructural, debido a que para establecer mejoras sustanciales en la evaluación de las tres variables (VAE, OF y IEO) restantes del cálculo de ÍP se requieren estudios y análisis especializados para su ejecución.

Para el cálculo de un estado de condición de puentes se han realizado las siguientes actividades como propuestas para la determinación del mismo, en el orden que se presentan a continuación:

- 1- Dividir los elementos que forman parte de la estructura de un puente en dos tipos y generar calificaciones para cada uno.
- 2- Evaluar los elementos de un puente con base a los daños existentes en el mismo y tomar en consideración todos los elementos existentes en este,

para generar la calificación del puente con el 100% de sus elementos aunque algunos no posean daños.

- 3- Retomar la metodología del SAP para el cálculo de calificaciones de la estructura de un puente, una vez calificados los elementos.
- 4- Establecer factores de prioridad de mantenimiento o reparación de un puente de acuerdo a la importancia de la vía.
- 5- Generar un costo de reparación estimado con base al registro de daños existentes en los elementos del puente.

3.1.1. Clasificación de elementos de un puente por categoría.

Se ha realizado una separación de elementos, en dos grupos y clasificarlos por tipo de elemento en el puente; esta separación es elaborada a partir de las recomendaciones y resultados mostrados en el anexo A-6 (obtenidos a partir de la encuesta realizada) y con base en la investigación bibliográfica verificada, la agrupación de los elementos del puente en categorías es la siguiente:

- 1- **Elementos estructurales:** todos aquellos elementos de un puente que soporta o transmite carga. Son aquellos elementos que al estar en malas condiciones comprometen la estabilidad estructural, limitando o restringiendo el paso vehicular.
- 2- **Elementos funcionales:** todos aquellos que complementan la función de un puente, permiten un tránsito vehicular y peatonal seguro, son elementos que al estar ausentes en un puente no restringen el paso.

La separación de los elementos del puente por tipo de categoría queda de la siguiente forma:

Tabla 3.1 Elementos del puente.

ELEMENTOS ESTRUCTURALES (EE _i)	ELEMENTOS FUNCIONALES (EF _j)
- Elementos principales	- Defensas de tráfico
- Elementos secundarios	- Barandales
- Elementos terciarios	- Bordillos y aceras
- Elementos de cuarto nivel	- Elemento de junta
- Aparatos de apoyo	- Drenajes en calzada
- Dados de apoyo	- Señalamiento horizontal
- Vigas de apoyo	- Drenaje en estribos
- Columnas (pilas)	- Revestimiento frontal
- Viga transversal intermedia	- Revestimiento de cono de
- Muros	- Revestimiento lateral
- Arrostramiento diagonal	- Murete al pie del talud
- Viga de apoyos en estribos	- Drenajes en accesos
- Muro superior	- Defensas en accesos
- Muro inferior	- Señalamiento vertical
- Columnas (estribos)	- Señalamiento horizontal

- Aletones	- Losa de aproximación
- Zapata	- Superficie de rodamiento
- Viga de amarre	- Emplantillado
- Cabezal de pilotes	- Terraplenes
- Pilotes	- Luminarias
- Topes antisísmicos en pilas	- Aleros
- Topes antisísmicos en estribos	

El listado de elementos mostrados en la tabla 3.1, se basa en el ya existente en el formulario de IECP, tomando en cuenta los elementos “aleros”, “aletones” y “luminarias”, ya que estos son parte del registro en el formulario de Inventario Básico de Puentes (IBP) pero no se estaban reflejados en el listado de elementos del formulario actual de Inventario de Estado de Condición de Puentes (IECP) para la evaluación de daños en estos; por lo que los cambios considerables en este formulario son respecto a los elementos del puente son los siguientes:

1. En la categoría “superestructura” está considerado el elemento “muros laterales” como parte de los estribos para el registro de daños de los elementos “aleros y aletones” de un puente, sin hacer distinción entre estos, por lo tanto se realizó el cambio y estos fueron agregados individualmente a dicho formulario.
2. El elemento luminarias se agregó como parte de los elementos a inspeccionar de un puente.
3. Con respecto a las fundaciones en la propuesta de un formulario no existe distinción por tipo de zapata ya que este es un elemento con el cual, al no existir planos no permite verificar el tipo durante una inspección visual, únicamente se puede identificar la existencia o no de socavación en la misma.

Por lo tanto, con la división realizada para la variable “Prospección a la falla estructural”(PFE), en las dos secciones ya mencionadas (Elementos estructurales y elementos funcionales) se tiene lo siguiente:

$$PFE \longrightarrow EE \quad \wedge \quad EF$$

Dónde:

EE: Elementos estructurales

EF: Elementos funcionales

Por lo que se obtendrán resultados de evaluaciones individuales para ambos tipos de elementos que permiten tener una mejor visualización del estado de la estructura del puente.

3.1.2. Evaluación de daños en los elementos de un puente.

Para la evaluación de daños en los elementos del puente, se han tomado como modelo las recomendaciones brindadas por los Ingenieros encuestados (anexo A-6) así como también la conceptualización y forma de categorización de daños del manual *Handbook for Bridge Inspections Part 1* de NPRA's Bridge Department. (Diciembre 2005). Noruega, dicho manual para los grados de daño indica:

“El grado de un daño es usado para identificar la seriedad o severidad del daño el cual depende en la rápida detección y el rango de la severidad en el momento de la inspección para cada daño por individual o cada grupo de daños.”

Por lo cual, cuando un daño o grupo de daños se encuentran en estado avanzado o desarrollado en un elemento, existen menos posibilidades de restauración del mismo por lo tanto indica un mayor costo de reparación. En este sistema de inspección de puentes de Noruega se consideran 4 características que indican diferentes niveles de **“seriedad del daño”**, así como también considera las **“consecuencias del daño”**, los cuales indican que factor del puente será afectado si el daño no es reparado a tiempo. Cada evaluación del daño respecto al factor que es afectado, es evaluado con base al criterio y experiencia del Inspector de puentes en Noruega.

Tomando este tipo de evaluación de daños en puentes como referencia, y los resultados y recomendaciones obtenidos en la encuesta realizada, para la propuesta de mejora se establecen 3 niveles evaluación de **consecuencias del daño** en los elementos de un puente, así como también se establecen 4 **niveles de severidad** para lograr una asignación de calificaciones.

3.1.2.1. Consecuencias del daño.

La consecuencia del daño se considera como **un evento resultante a causa de una circunstancia previa, la cual por ende se puede identificar como el daño que presenta el elemento del puente.**

La finalidad de identificar en cada elemento el tipo de afectación o consecuencia del daño al sistema completo del puente es para asignar calificaciones con base a la importancia del factor que se ve afectado en el puente para identificar de forma

eficiente la necesidad de intervención una vez identificada. En la evaluación de consecuencia del daño en un elemento se realiza una división en 3 grupos:

- Daños que afectan la estructura/capacidad de carga del puente.
- Daños que afectan la seguridad en el tránsito vehicular y peatonal.
- Daños que afectan la estética del puente.

Daños que afectan la estructura/capacidad de carga del puente.

Se consideran todos aquellos daños que el inspector detecte en el puente y que a su criterio profesional, considera que el daño afecta la estructura y capacidad de carga del puente, a pequeños o grandes rasgos bajo las fuerzas que actúan sobre este, con las cuales, a corto o largo plazo generará inestabilidad en la estructura. Entre algunos de los daños que se pueden considerar en esta sección están:

- Socavación.
- Grietas o fracturas en elementos de vigas, losas, pilas, estribos.
- Impactos en elementos del puente.
- Deterioros de elementos de concreto.
- Oxidación de elementos metálicos que soportan cargas en un puente.
- Deflexión.

Daños que afectan la seguridad en el tránsito vehicular y/o peatonal.

Se consideraran todos aquellos daños donde se ve afectada la seguridad y comodidad de los usuarios, tanto peatones como de paso vehicular; algunos de los daños que podrían afectar la seguridad del uso del puente son:

- Daños en la capa de rodadura.
- Deterioro en la señalización de un puente.
- Deformación de defensas de tráfico o barandales.
- Empozamiento.
- Entre otros.

Daños que afectan la estética del puente.

Se asigna todo tipo de daño que genere mal aspecto al área superficial del puente. Algunos posibles daños que se podrían tomar en consideración son:

- Fisuras.
- Filtraciones.
- Suciedad.
- Baches.
- Entre otros.

Los daños que se detecten durante una inspección de puentes, pueden afectar o influir en más de una de las consecuencias de daño catalogadas anteriormente, esto indica que, un daño puede afectar de igual o diferente forma en las tres categorías descritas (estructura, seguridad y estética), puede afectar o influir en dos categorías o solamente en una, todo depende del tipo de daño, la apreciación del inspector de puentes.

Para determinar una calificación a cada consecuencia de daño, este debe tener un valor con que evaluarlo; por lo tanto se le asigna un número de prueba a cada tipo de consecuencia del daño para verificar la funcionalidad de esta clasificación en la identificación de la afectación. Los valores de prueba asignados son:

Consecuencia del daño		Valor numérico	
Estructural	(E)		3.00
Seguridad Vial	(S)		2.00
Estética	(ES)		1.00

3.1.2.2. Severidades de daño.

La Severidad de un daño se refiere al valor asignado al daño más probable que produciría si se materializase. Para lograr una calificación apropiada se asignó un grado de severidad a cada consecuencia por daño presente, es decir que cada daño identificado con la consecuencia en cada elemento, se le deberá asignar la gravedad del estado que esté presente según criterio profesional del inspector.

Para la asignación del nivel de severidad, se consideran cuatro grados, leve (L), moderado (M), grave (G) y crítico (C); cada nivel de severidad indica:

Leve (L): daños con poca influencia en el desempeño de los elementos del puente; empieza la existencia del daño en un elemento, por tanto la existencia de este no afecta el desempeño, pero que a largo o corto plazo hay que tratarlos para evitar el avance del deterioro en el elemento.

Moderado (M): es la calificación asignada por el inspector a los daños existentes en el puente cuando este considera que debe realizarse una intervención para que el daño no se siga desarrollando o avanzando, ya que el desarrollo de este podría generar daños o tener consecuencias más graves al no tratarlos.

Grave (G): para un daño que se encuentra en un elemento de forma muy avanzada, donde la presencia de este afecta gravemente la estabilidad del puente cuando se trata de la estructura, mientras que en la seguridad vial y la estética el daño se considera como grave cuando el deterioro es muy avanzado.

Crítico (C): para un daño muy avanzado que indica deterioro muy elevado en un elemento y afecta mucho a la estructura, estética o seguridad vial en el puente, el daño requiere de atención especial o inmediata porque podría indicar falla estructural, o compromete mucho la seguridad del usuario del puente.

Para determinar una calificación a cada severidad del daño, este debe tener un valor con que evaluarlo; por lo tanto se le asigna un número de prueba a cada tipo de severidad para verificar la funcionalidad de esta clasificación en la identificación de la afectación. Los valores de prueba asignados son:

Severidad del daño		Valor numérico	
Leve	(L)		0.20
Moderada	(M)		0.80
Grave	(G)		1.50
Crítica	(C)		1.67

3.1.2.3. Método de evaluación relacionando consecuencias y severidades de los daños presentes en puentes.

Con las consecuencias del daño y las severidades mostradas anteriormente, se realiza la evaluación del elemento en cuestión, tomando como calificación general del elemento, la siguiente formula:

$$D_i = \Sigma (CD_x \times SEV_y) \quad (\text{ecuación 3.2})$$

Dónde:

D_i : Calificación de un daño "i".

CD: Consecuencia del daño "x".

SEV: Severidad del daño "y", asignada por el inspector de campo.

La calificación más alta, de todos los daños registrados se asignará como calificación general, ya que este afecta mayormente la vida útil del elemento evaluado. Por lo tanto tenemos:

$$CE_m = D_i \Leftrightarrow D_i = \max(D_i) \rightarrow D_{i\max} = \max\{D_i \in E_m\} \quad (\text{ecuación 3.3})$$

Dónde: CE_m : Calificación de un elemento "m" del puente.

E_m : Elemento "m".

Lo que nos indica que: *la calificación de condición general de un elemento "m" es igual a la calificación del daño "i" si y solo si la calificación de ese daño "i" es la mayor de un conjunto de daños para un mismo elemento "m".*

Una vez asignada la calificación al elemento, se le asigna una *valoración cualitativa* acorde a la valoración del daño, establecida con los siguientes rangos:

ELEMENTOS DE LA ESTRUCTURA.

Rangos de calificación	Estado del elemento
$x = 0.0$	MUY BUENO (cero daños).
$0.0 < x < 2.5$	BUENO
$2.5 < x < 5.0$	REGULAR
$5.0 < x < 7.5$	MALO
$7.5 < x < 10$	MUY MALO

ELEMENTOS FUNCIONALES.

Rangos de calificación	Estado del elemento
$x = 0.0$	MUY BUENO (cero daños).
$0.0 < x < 1.5$	BUENO
$1.5 < x < 2.5$	REGULAR
$2.5 < x < 3.75$	MALO
$3.75 < x < 5.0$	MUY MALO

Estas valoraciones cualitativas se asignan para que, con estas se pueda retomar la metodología de lógica difusa que fue utilizada en el Sistema GP, y así se utilicen los valores que en esa metodología se establecen.

Obtenidas las calificaciones en base a los daños de los elementos, y habiendo establecido la calificación cualitativa, con esta última se procede a evaluar cada elemento con base al triángulo difuso establecido por la consultoría MALSA-ITYAC (imagen 3.1), todas las consideraciones mostradas para la evaluación de daños, convergen en esta calificación general del elemento inspeccionado en rangos desde MUY BUENO hasta MUY MALO, lo que permite obtener una calificación real y no subjetiva del estado de condición que presente el elemento en cuestión.

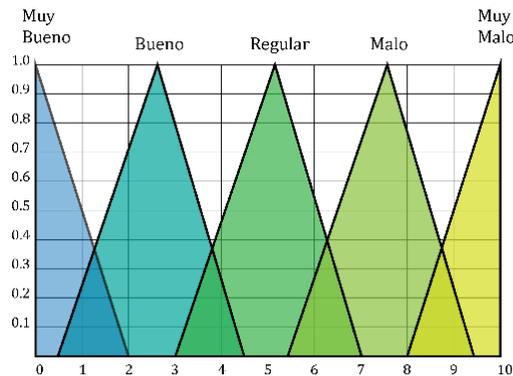


Imagen 3.1: Rangos de agrupación para evaluación de condición de daños.

3.1.3. Uso de metodología del Sistema GP para la evaluación general del puente.

A partir de la calificación cualitativa (MUY BUENO, BUENO, REGULAR, MALO, o MUY MALO) del estado del elemento evaluado, se utiliza la lógica difusa del Sistema GP para determinar un resultado para la calificación general de estructura de un puente, identificando los valores preferidos y los semirrangos del árbol del mismo sistema (anexo A-3) para determinar los valores mínimos y máximos de cada elemento calificado, de la siguiente forma:

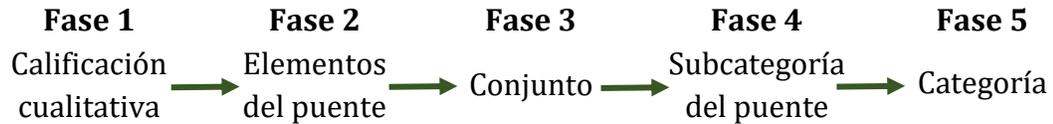
$$VMin_n = VP_n - SR_n \quad \text{(ecuación 3.4)}$$

$$VMax_m = VP_m + SR_m \quad \text{(ecuación 3.5)}$$

Donde:

- VMin_n: Valor mínimo “n” para un elemento evaluado.
- VMax_m: Valor máximo “m” para un elemento evaluado.
- VP: Valor preferido según calificación cualitativa.
- SR: Semirrango establecido según calificación cualitativa.

Los valores de los semirrangos, valores preferidos y promedios difusos de las calificaciones se desarrollan en el siguiente orden según el árbol del Sistema GP:



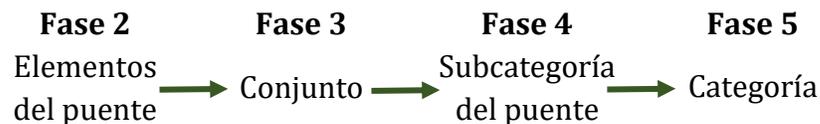
Donde para cada división se tiene los siguientes:

- ✓ Calificaciones cualitativas son: MUY BUENO, BUENO, REGULAR, MALO, o MUY MALO
- ✓ Elementos del puente son los mostrados anteriormente en la tabla 3.1.
- ✓ Conjuntos: Pilas, estribos, fundaciones, apoyos, terraplenes, todos estos divididos en elementos funcionales y elementos estructurales, mostrados en el anexo A-8.
- ✓ Subcategoría del puente: subestructura, estructura y accesos
- ✓ Categoría: estructura.

Para mayor detalle de los nombres de estas fases verificar el anexo A-8.

Por lo tanto los valores V_{Min_n} y V_{Max_m} se van calculando en el orden de las fases mostradas, el valor numérico de estas es afectado por el valor de la fase anterior, es decir; los valores V_{Min_n} y V_{Max_m} de la fase 5 dependen de la fase 4, este de a su vez depende de la fase 3 así sucesivamente hasta llegar a la calificación cualitativa debido a los daños en el elemento.

Con los valores máximos y mínimos determinados, se realizan las matrices de combinaciones utilizando los V_{Min_n} y V_{Max_m} de cada calificación de elementos para determinar los valores MAX-MAX y MIN-MIN, y obtener así los extremos del triángulo difuso en cada fase que se muestran a continuación:

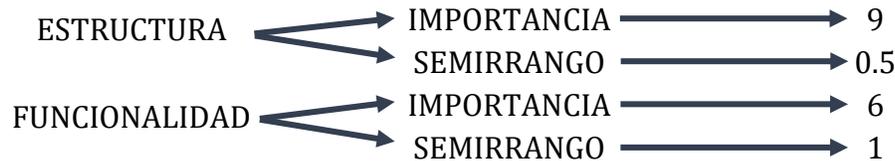


Para determinar el dato central (ángulo central del triángulo difuso para cada categoría) con las calificaciones cualitativas para cada elemento, se realiza un promedio difuso para cada categoría (elementos estructurales y elementos funcionales), teniendo la siguiente fórmula:

$$EE_{ir} = \frac{\Sigma(Ee_i \times I_i)}{\Sigma I_i} \text{ (promedio ponderado difuso, elementos estructurales) (Ecuación 3.6)}$$

$$EF_{jr} = \frac{\Sigma(Ef_j \times I_j)}{\Sigma I_j} \text{ (promedio ponderado difuso, elementos funcionales) (Ecuación 3.7)}$$

Con las calificaciones por categoría de elementos en la estructura, se vuelve nuevamente a determinar los valores máximos y mínimos, esta vez para determinar los extremos superior e inferior del triángulo difuso que establecerá la condición real del puente, para determinar estos extremos, se asignan los siguientes valores de importancias y semirrangos a las categorías estructura y funcionalidad:



Con la división de los elementos del puente en dos grupos (tal como se había mencionado anteriormente) y al realizar todas las operaciones en el orden indicado se llega al cálculo final para determinar el valor de IP con la siguiente formula:

$$IP_r = \frac{(EE_{ir} \times I_i) + (EF_{jr} \times I_j) + (VAE_{jr} \times I_i) + (OF_{kr} \times I_i)}{\Sigma I_i} \text{ (Ecuación 3.8)}$$

Con la cual para efectos de este trabajo de gradación no se puede determinar todo el valor de IP, se determina únicamente de forma parcial ya que se calcula el estado de condición del puente en la estructura a partir de los daños existentes en esta, para determinar el IP completo se deben realizar trabajos de investigación y de prueba para cada una de las demás variables de la ecuación. Sin embargo el cálculo del estado de condición de la estructura del puente funciona para darle mantenimiento a los puentes.

Para comprender cómo se evalúan los elementos y condiciones de un puente en forma más detallada, ver el anexo A-4, donde se muestra un ejemplo de cálculo para determinar el IP de un puente.

3.1.4. Factor de prioridad de mantenimiento.

Como parte de una necesidad para indicar los tipos de vías más importantes en el país, se considera importante y necesario determinar factores o índices de importancia para cada vía de la red vial nacional, ya sea por el tipo (tal como se muestra en el listado posterior donde se enumeran del 01 al 10) o por vía individual, para que estos factores afecten directamente a la calificación del IP.

Debido a la falta de tiempo para realizar esta operación y análisis de TPDA para establecer los factores de importancia por vías se deja a criterio del MOP (en caso de considerar esta propuesta), el establecer estos factores en base al listado que ellos tienen designado y clasificado en los formularios de IBP actual:

01	ESPECIAL	06	RURAL MODIF
02	PRIMARIA	07	RURAL
03	SECUNDARIA	08	VECINAL
04	TERCIARIA MODIF	09	URBANA
05	TERCIARIA	10	OTRA

Por lo que la fórmula final para la obtención del Índice de Prioridad, al ser afectada por el factor de prioridad de mantenimiento o importancia de la carretera quedaría de la siguiente forma:

$$IP = \Phi \left[\frac{(EE_{ir} \times I_i) + (EF_{jr} \times I_i) + (VAE_{jr} \times I_i) + (OF_{kr} \times I_i)}{\Sigma I_i} \right] \quad (\text{Ecuación 3.9})$$

Dónde:

Φ : indica el factor de prioridad de mantenimiento o importancia de la carretera.

3.1.5. Factor de costo de reparación o mantenimiento.

En esta sección, existen consideraciones realizadas para el cálculo del costo de reparación o mantenimiento de un puente que ha sido inspeccionado, las cuales son:

- El costo se calcula por tipo de daño.
- Se aplica la severidad del daño más grave para la consideración del costo.
- Se toma en cuenta el porcentaje de área dañada el cálculo

La fórmula para aplicar al tipo de daño y determinar un valor es la siguiente:

$$CA = \Sigma (\% \text{Área} \times CU_{sev})$$

Donde:

CA: Costo aproximado de reparación o mantenimiento por elemento.

%Área: Porcentaje de área dañada en el elemento considerada por el inspector de campo.

CU_{sev}: Costo unitario de reparación por tipo de daño.

Para determinar el costo total aproximado para la reparación o mantenimiento de un puente a partir de los daños encontrados en sus elementos, vienen dados por la siguiente formula:

$$CT = \Sigma (CA)$$

Dónde:

CT: Costo total de reparación de un puente (costo aproximado).

3.2. PROPUESTA DE MEJORA PARA FORMULARIO INVENTARIO DE ESTADO DE CONDICIÓN DE PUENTES (IECP).

En el Sistema GP (resultado de la consultoría MALSA-ITYAC, 2008 – 2010), para determinar el IP de un puente, no se toma en cuenta los registros de los daños, únicamente las calificaciones cualitativas asignadas por el inspector. Es por esta razón, que la propuesta de mejora con respecto al formulario de IECP pretende proporcionar los parámetros necesarios que permitan realizar una evaluación directa del daño en el elemento, para que con estos parámetros se determine la condición real del elemento y del puente.

La propuesta de mejora para el formulario IECP, se ha realizado únicamente para la hoja 1 de las 3 que lo conforman (ver Anexo A-1, formulario actual de IECP), el cual corresponde a la evaluación de ESTRUCTURA del puente.

A continuación se describen cada una de las mejoras realizadas a la hoja 1 para la evaluación de ESTRUCTURA, las cuales consisten en lo siguiente:

1. Con el fin de mejorar los parámetros de evaluación de daños y establecer el estado real del elemento, se elimina del formulario los campos destinados a colocar la evaluación cualitativa del inspector tal como Bueno, Muy Bueno, Regular, Malo y Muy Malo en el formulario actual. En su lugar únicamente se

determinará la existencia de cada elemento en el puente, para identificarlo en la ecuación e identificar su estado con base a los daños que posea.

2. Los campos para la identificación del daños que aparecen en el actual formulario IECP son: “Número de daño”, identificación del daños a nivel “Local”, “General”, “Uno”, “Varios” y “Todos”, estos han sido reformulados y se convierten en dos secciones para la evaluación directa del estado de cada elemento del puente, los cuales se enumeran a continuación:

- A. **Número de daño:** este identifica el número correlativo del daño que está presente en el elemento a partir del código numérico establecido en el catálogo de daños (ver anexo A-5).
- B. **Consecuencia del daño:** explicada en la sección 3.1.2.1. de este capítulo.
- C. **Severidad del daño:** explicada en la sección 3.1.2.2. de este capítulo.
- D. **Porcentaje de área dañada (% Área dañada):** en esta sección se indica un porcentaje aproximado del área del elemento inspeccionado que se considera afectada por un mismo daño. Este porcentaje es estimado por el inspector y se especifica en rangos de 0 % a 100 %, su apreciación del daño, donde un 0 % indicaría un error de registro porque no existe daño en el elemento, mientras que un 100 % indica que el daño detectado afecta al elemento en su totalidad; la calificación de los elementos de un puente se realizan para todo el conjunto de elementos del mismo tipo.

En la imagen 3.2, se muestra la hoja de formulario IECP para esta propuesta, en la que se recolectan todos los datos de daños en cada elemento que conforman la estructura de un puente (ya sean elementos funcionales o estructurales), en esta se muestran los 4 literales anteriormente explicados, en los cuales para registrar los datos de un daño se realizan en forma de matriz colocando la información debido por tipo de elemento y por consecuencia del daño.

Las casillas achuradas, corresponden a elementos funcionales del puente, a los cuales, no se evaluarán consecuencias estructurales.

FORMULARIO IIECP-1 INVENTARIO DE ESTADO DE CONDICIÓN DEL PUENTE

ID de PUENTE:		FECHA:												
TIPO DE PUENTE:		DEPARTAMENTO:												
INSPECTORES:		TRAMO:												
		DESDE:	HASTA:											
ESTRUCTURA	ELEMEN- ESTRUCTURALES	1 Elementos Principales	Exist. de elemento	ID DE DAÑO	ESTRUCTURAL	SEGURIDAD VIAL	ESTÉTICA	% ÁREA DAÑADA	ID DE DAÑO	ESTRUCTURAL	SEGURIDAD VIAL	ESTÉTICA	% ÁREA DAÑADA	
	SUPER ESTRUCTURA	2 Elementos Secundarios												
		3 Elementos Terciarios												
		4 Elementos de 4to Nivel												
		5 Superficie de Rodamiento												
	ELEMENTOS FUNCIONALES	6 Defensas de Tráfico												
		7 Barandales												
		8 Bordillos y Aceras												
		9 Juntas												
	APOYOS	10 Drenajes												
		11 Señalamiento Horizontal												
		12 Luminarias												
13 Aparatos de Apoyo														
SUB ESTRUCTURA	PILAS	14 Dardos de Apoyo												
		15 Vigas de Apoyos												
		16 Trabes Antisísmicas												
		17 Columnas												
	ESTRIBOS	18 Viga Transversal Intermedia												
		19 Muros												
		20 Arriostramiento Diagonal												
		21 Viga de Apoyos												
FUNDACIONES	22 Trabes Antisísmicas													
	23 Muro Superior													
	24 Muro Inferior													
	25 Columnas													
ACCESOS	TERRAPLENES	26 Aleros												
		27 Aletones												
		28 Drenaje												
		29 Zapata												
		30 Viga de Anarar												
		31 Cabezal de Pilotes												
		32 Pilotes												
33 Empantillado														
34 Revestimiento Frontal														
35 Revestimiento de Cono de Derrame														
36 Revestimiento Lateral														
37 Murete al Pie del Talud														
38 Losa de Aproximación														
39 Drenajes de Accesos														
40 Defensas en Accesos														
41 Terraplenes														
42 Señalamiento Vertical														
43 Señalamiento Horizontal														

Imagen 3.2: Propuesta de mejora para formulario IIECP (Registro de daños en estructura).

Para detalles de la forma como registrar la información en el formulario IECP, revisar anexo A-5.

3.3. PROPUESTA DE MEJORA PARA FORMULARIO INVENTARIO BÁSICO DE PUENTES (IBP).

Tal como se menciona en el Manual para Inventario de Puentes del MOP, el objetivo principal del “Inventario básico de puente” es mantener identificadas las obras de paso viales, a través de parámetros como localización, geometría, características generales, elementos componentes, entre otros, por lo cual la única razón por la que debería realizarse una Inspección Básica de Puentes es para iniciar el registro de un puente, y en la situaciones en que este haya sido sometido a reparaciones significativas de su estructura, se vuelve a registrar si este contiene cambios significativos en su geometría, de lo contrario, debería realizarse solo para registro de puente nuevo en la base de datos.

La propuesta con el formulario de Inventario Básico de Puentes IBP, consiste en lo siguiente:

1. Reordenamiento de los ítems que ya existen en el formulario actual del IBP (detalle de ítems existentes en Anexo A-1). La finalidad de este reordenamiento es que permita al inspector y al lector una mejor visualización de los elementos que se registran y obtener informes eficientes de cada puente. Este reordenamiento surge a partir de la confusión que se detecta al momento de recolectar los datos del puente durante una inspección de campo, el registro actual se realiza con el formulario IBP impreso en papel, por lo que resulta más practico registrar hoja por vez con toda la información en un orden lógico de inspección, sin tener que pasar de una hoja a otra para verificar los datos que ya se habían tomado, caso que ocurre con el formato actual, por ejemplo: en la hoja de IBP-1 se registran las alturas de defensas y barandales, y estos mismos elementos se vuelven a identificar por tipos en la hoja de IBP-2, cuando lo más fácil es identificar y registrar datos en una misma hoja, por lo tanto se muestra a continuación el orden comparativo de cómo se encuentra el formulario de IBP actual vs. El orden propuesto.

ACTUAL	PROPUESTA
1- Inspectores	1- Inspectores
2- Localización	2- Localización
3- Características generales	3- Tipología y tipos de secciones transversales
4- Tipología	4- Elementos componentes
5- Elementos componentes	5- Características generales
6- Secciones transversales	6- Pilas
7- Estribos	7- Estribos
8- Pilas	8- Sección transversal y longitudinal (esquemas del puente)
9- Características del cauce (cuando este aplica)	

Como se observa en el listado comparativo, las secciones no cambian, estas se mantienen, lo que cambian es el orden, a excepción de la sección 9 (que corresponde a la hoja de IBP-6, mostrada en Anexo A-1), que no se toma en cuenta para esta propuesta debido a los ítems que contiene se consideran esenciales para la evaluación de Agentes externos hidráulicos de un puente ubicado sobre un cauce y que corresponde al formulario de IECF, en cambio, el formulario de IBP es únicamente para registro de geometría y de elementos componentes. Por lo tanto el MOP podría considerar tomar esta hoja para la evaluación de agentes externos hidráulicos de los puentes, ya que este factor es uno de los mayores causantes de colapso de puentes a nivel nacional, tal como se mencionó en el capítulo I.

2. Cambios con respecto a la identificación de la tipología de puentes, se han considerado tipos de puentes más generales que los que ya están contemplados en el formulario actual de IBP, además de la implementación del concepto del tipo de desarrollo longitudinal del puente.
3. Identificación de cada uno de los ítems del formulario IBP que son posibles de llenar mediante la inspección visual del puente, así mismo el descarte de aquellos que no es posible determinar en campo. Esto, surge a partir de que en la base de datos del inventario actual de puentes del año 2017 descargado del SAP-WEB e incorporación a un documento de Microsoft Excel (tal como se explicó en el capítulo II en la sección 2.2.1.2.), existen cantidades de datos con denominación “null” o con celdas vacías, debido a

que el inspector no obtiene la información necesaria del puente para llenar cada ítem solicitado en el formulario de IBP, por tanto, en conjunto con el Ingeniero encargado del área de puentes de la DPOP en el MOP, se estableció que los ítems necesarios son todos aquellos que el inspector puede determinar en través de una inspección visual.

Es importante mencionar que los ítems descartados del formulario IBP, no se eliminan por ser innecesarios ya que son de importancia como información general del puente, pero debido a que no son fácilmente mensurables durante la actividad de inspección han sido retirados del formulario. El Ing. Lemus en una entrevista declaró que *“en una inspección visual se deberían tomar datos de fácil registro, en los que se documente la existencia del puente, sus elementos y accesorios, datos como el porcentaje de pendiente en un puente es un poco complicado de determinar durante la inspección de tipo visual, en esta se registran datos como la longitud del puente, de los tramos entre otros, pero para medir el porcentaje de pendiente longitudinal es necesario portar instrumentos que no se han solicitado al inspector y para el nivel de inspección que se solicita, lo importante es saber si existe o no pendiente longitudinal, así como otros elementos que se encuentren en el puente, datos como las cargas de diseño no es algo que un inspector pueda determinar en una visita de campo”* (Ing. M. Lemus, comunicación personal, 17 de Octubre de 2018), por tanto los ítems que se retiran de este formulario son:

1. Año de diseño
2. Cargas de diseño
3. Grado de esviaje
4. Radio de curvatura en el puente
5. Radio de curva de entrada
6. Radio de curva de salida
7. Pendiente longitudinal de puente}
8. Porcentaje de pendiente de entrada
9. Porcentaje de pendiente de salida
10. Porcentaje de pendiente transversal
11. Porcentaje de bombeo
12. Cota rasante
13. Ductos
14. Distinción de concreto reforzado y simple

4. Establecer esquemas acotados de la sección transversal y longitudinal del puente.

A continuación se describirán a detalle en qué consisten cada uno de los cambios realizados al formulario Inventario Básico de Puentes que se mencionaron anteriormente, como parte de la propuesta de mejora.

3.3.1. Formulario: Inventario Básico de puentes -1 (IBP-1).

Este formulario corresponde a la primera hoja de captación de datos del inventario y para la creación de esta propuesta se retomaron campos de evaluación existentes de las hojas IBP-1, IBP-2 e IBP-3, para explicar de forma más detallada en qué consisten los ítems de los cuales consta la propuesta podemos dividir esta hoja en 8 secciones las cuales son:

1. Inspectores y localización.
2. Tipos de puentes
3. Desarrollo longitudinal
4. Longitud y tipos de tramos
5. Elementos componentes
6. Otros elementos componentes (A)
7. Otros elementos componentes (B)
8. Comentarios

Cada una de estas secciones, se explica partiendo de las hojas actuales de IBP de las que fueron tomados para conformar la hoja de IBP-1 de la propuesta, tal como se muestra a continuación:

Sección 1: esta sección (imagen 3.4) corresponde a los inspectores responsables de la inspección de campo y la localización del puente, actualmente esta sección ya se encuentra en el formulario IBP-1 por tanto se mantiene, el cambio mas significativo es el formato o presentación de la sección. El objetivo de esta sección es mostrar toda aquella información general del puente desde quien es el responsable de la realización de la inspección hasta la localización específica del puente.

Sección 2: En esta sección (Imagen 3.4), se muestran los tipos de puentes. Actualmente los tipos de puentes se encuentran en el IBP-2, se realizó el cambio de ubicación para que el inspector al llegar al puente luego de especificar la localización, lo segundo que se refleje sea el tipo y secciones del puente. La

diferencia entre los tipos de puentes colocado en la propuesta y los existentes (se detalla más en el desarrollo de este capítulo y en el anexo A-5), es que en la propuesta están de forma más general. El objetivo de esta sección es mostrar en primera instancia una de las informaciones más importantes al inicio de una inspección que es la determinación de la tipología de puentes, originalmente en el formulario existente esta sección se encuentra en la hoja IBP-2, pero al considerarse que es información vital para el inicio de un informe de puentes esta se trasladó a la hoja IBP-1 facilitando de esta forma la comprensión inmediata del lector sobre la tipología a la que pertenece el puente que se somete a inspección.

En el listado a continuación (imagen 3.3), se refleja que no se eliminan las tipologías de puentes de los formularios, si no que se agrupan a un tipo más general. Para mayor detalle de las tipologías de puentes y la forma en que están agrupadas, ver anexo A-5, “Guía de inspección visual en puentes” donde se explica cada tipo de puente considerado en la propuesta para el formulario de IBP.

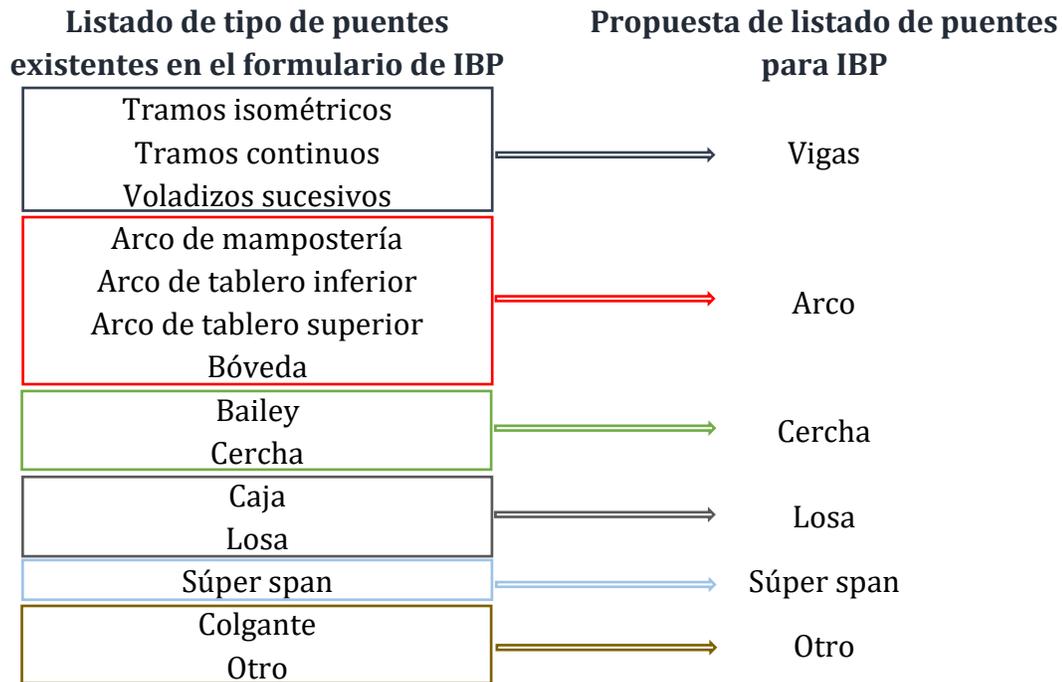


Imagen 3.3: División para clasificación de puentes según tipo estructural propuesta en formulario de IBP.

Fuente: Propia.

Un puente colgante o atirantado es una tipología de puente diferente que no se derivan de las tipologías que se han considerado en la nueva clasificación del formulario propuesto, pero al inspeccionar un puente de estos tipos o algún otro que no esté considerado en el formulario, se puede colocar la tipología en la sección “Otro” y en la sección de comentarios complementar con información extra que el inspector considere como importante.

Las tipologías de puentes que no se enlistan en el formulario es debido a la poca o cero cantidad existente para esos tipos de puentes a nivel nacional ya que estos son poco usadas para la construcción en el país, ya sea porque el tipo de materiales que se utilizan son poco comunes en la región o alguna otra razón por la cual se construyen pocos o ninguno, los que aún existen fueron construidos hace más de 100 años mientras se dio el auge de construcción de puentes colgante. Con el tiempo si se construyen más puentes de este tipo o de otro que no está considerado en el listado mostrado, el MOP podría considerar incluirlos como una tipología más que existe en el país.

Sección 3: Esta parte del formulario (imagen 3.4), se agregó para que el inspector identifique para cada puente su desarrollo longitudinal, sea esta en tramos isostáticos o continuos, cuando no se muestre ninguna de las opciones señaladas, indicará que es un puente de tipo integral. El objetivo de esta sección es ayudar al administrador de puentes a implementar métodos de reparación para algunos elementos del puente como los son los apoyos, a partir de la información recolectada por el inspector; un plan de mejora o reparación a partir de los datos funcionará siempre y cuando la información recolectada sea la correcta.

Esta es una sección que no estaba contemplada como tal en el formulario actual de IBP, ya que el desarrollo longitudinal del puente se tomaba en consideración para puentes tipo viga, en el que se reflejaba si estos eran de tramos isostáticos o continuos, pero hay posibilidad de que existan puentes de tipo losa u otra tipología que sean de tramos isostáticos o continuos, lo cual no está contemplado en el formulario de uso actual. La necesidad de agregar esta sección surge al realizar una nueva separación de tipologías de puentes debido a algunos métodos de reparación o cambio de elementos en un puente, por ejemplo: para el cambio de apoyos en un puente de vigas, es necesario elevar un poco el tablero para poder realizar el cambio del apoyo, por lo cual el administrador de puentes debe saber esta información y tomarla en cuenta en el análisis de costo y forma de reparación o mantenimiento a aplicar.

SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE PUENTES: ANÁLISIS DE SISTEMA EXISTENTE Y PROPUESTA DE MEJORA.
 Capítulo III: Propuesta de mejora para registro y evaluación de daños en puentes.

(1)	INSPECTOR:						FECHA:			1	
	TÉCNICO DE CONTROL DE CALIDAD:										
LOCALIZACIÓN											
(2)	ZONA:	OCCIDENTAL		CENTRAL		ORIENTAL		PARACENTRAL			
(3)	DEPTO:	01	AHUACHAPÁN	06	SAN SALVADOR		11	USulután			
		02	SANTA ANA	07	CUSCATLÁN		12	SAN MIGUEL			
		03	SONSONATE	08	LA PAZ		13	MORAZÁN			
		04	CHALATENANGO	09	CABAÑAS		14	LA UNIÓN			
		05	LA LIBERTAD	10	SAN VICENTE		MUNICIPIO:				
(4)	RED:	01	ESPECIAL	05	TERCIARIA		09	URBANA			
		02	PRIMARIA	06	RURAL MODIF		10	OTRA			
		03	SECUNDARIA	07	RURAL		-	-			
		04	TERCIARIA MODIF	08	VECINAL		RUTA:				
(5)	TRAMO:	DESDE:							HASTA:		
(6)	NOMBRE DEL PUENTE:						ID DEL PUENTE:				
	DESIGNACIÓN DEL PASO:										
(7)	PROPIETARIO:	MOP		MUNICIPAL		PARTICULAR					
(8)	UBICACIÓN:	LATITUD:				ESTACIÓN:					
		LONGITUD:									
TIPO Y SECCIONES DEL PUENTE											
(9)	TIPO DE PUENTE	VIGAS	CERCHA	SUPER SPAN							
		LOSA	ARCO	OTRO:							
(10)	TIPO DE DESARROLLO LONGITUDINAL:	ISOSTÁTICO			CONTÍNUO						
(11)	LONGITUD TOTAL:				N° DE TRAMOS:						
		1	2	3	4	5	6	7	4		
(12)	LONGITUDES DE LOS TRAMOS:										
(13)	TIPO DE TRAMO:										
(14)	SECCION TRANSVERSAL:										
(15)	DESARROLLO EN PLANTA:										
(16)	N° DE VIGAS LONGITUDINALES:										
(17)	N° DE VIGAS TRANSVERSALES:										
(18)	TIPOS DE TRAMOS		DESARROLLO EN PLANTA				TIPOS DE SECCIÓN TRANSVERSAL				
	1	VIGAS	1	RECTO		1	LOSA				
	2	CONTINUO	2	ESVIAJADO		2	LOSA CON VIGAS DE Conc. Ref.				
	3	ARCO	3	CURVO, VIGAS RECTAS DE IGUAL LONGITUD		3	LOSA y VIGAS DE ACERO A. LL.				
	4	OTRO:	4	CURVO, VIGAS RECTAS DIFERENTE LONGITUD		4	LOSA y VIGAS DE ACERO Cercha				
			5	CURVO CON VIGAS CURVAS		5	LOSA CON VIGAS DE Conc. PreT.				
			6	PLANTA TRAPEZIAL		6	SECCIÓN CAJÓN CONSTANTE				
					7	SECCIÓN CAJÓN VARIABLE					
ELEMENTOS COMPONENTES											
(19)	BARANDAL IZQUIERDO		CAPA DE RODAMIENTO			BARANDAL DERECHO					
	CONCRETO REFORZADO		ASFÁLTICA			CONCRETO REFORZADO					
	POSTES DE CONCRETO Y TUBO		CONCRETO			POSTES DE CONCRETO Y TUBOS					
	POSTES DE HIERRO Y TUBOS		GRAVA o TIERRA			POSTES DE HIERRO Y TUBOS					
	PLETINAS METÁLICAS		ACERO			PLETINAS METÁLICAS					
OTRO (DESCRIBIR)		OTRO (DESCRIBIR)			OTRO (DESCRIBIR)						
(20)	DEFENSA VEHICULAR IZQUIERDA		TIPO DRENAJES DE CALZADA			DEFENSA VEHICULAR DERECHA					
	NEW JERSEY		TUBOS EN CALZADA			NEW JERSEY					
	POSTES Y HORIZ. DE Conc. Ref.		CAJA PARRILLILLA			POSTES Y HORIZ. DE Conc. Ref.					
	METÁLICA FLEX BEAM		CUNETA			METÁLICA FLEX BEAM					
	CONCRETO		OTRO (DESCRIBIR)			CONCRETO					
OTRO (DESCRIBIR)		OTRO (DESCRIBIR)			OTRO (DESCRIBIR)						
OTROS COMPONENTES											
(21)	ANCHO DE ACERA:	LADO IZQUIERDO		m	6	ILUMINACIÓN		SI	NO	7	
		LADO DERECHO		m		SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL		SI	NO		
	ALTURA DEL BORDILLO:	LADO IZQUIERDO		m	SEÑALIZACIÓN VERTICAL		SI	NO			
		LADO DERECHO		m							
(22)	COMENTARIOS:									8	

Imagen 3.4: Propuesta de formulario de Inventario Básico de Puente 1 (IBP-1), división de 8 secciones para su formulación.

Sección 4: Parte de esta sección (imagen 3.4) ya se encontraba en la hoja de IBP-1 existente y para mantener un orden lógico de la toma de datos ya que se registran los tipos de tramos, longitudes, secciones entre otros, luego de registrar la longitud de todo el puente, se trasladó de la hoja de IBP-3 el cuadro donde se especifica el tipo se tramo y secciones transversales que hay en el puente.

Sección 5: Esta sección (imagen 3.4) se encontraba en la hoja de IBP-2, se trasladó al IBP-1 y se reordenó. El objetivo de esta sección es identificar todos los elementos componentes del puente en ambos costados del puente así como la superficie de rodadura, especificando sus propias dimensiones.

Sección 6: Esta sección (imagen 3.4) se mantiene en la hoja de IBP-1, solo se reestructuró en el orden de la toma de datos. Consiste en el registro de otros elementos complementarios de un puente a sus costados, los cuales son la acera y el codón cuneta en donde se colocan las dimensiones de las que estos consisten.

Sección 7: Esta sección se trasladó de la hoja de IBP-2 para seguir el orden de la captación de datos. El objetivo es identificar la existencia de señalización e iluminación del puente, determinar si estos elementos forman parte de él o no (imagen 3.4).

Sección 8: Se mantiene la sección complementaria de comentarios en la hoja (imagen 3.4). El objetivo de esta sección es complementar con información que se detecta durante la inspección pero que no está contemplada en la hoja del formulario.

3.3.2. Formulario: Inventario Básico de puentes -2 (IBP-2).

Este formulario corresponde a la segunda hoja de captación de datos del inventario y para la creación de esta propuesta se retomaron campos de evaluación existentes de las hojas IBP-1, IBP-2 e IBP-5, para explicar de forma más detallada en qué consisten los ítems de los cuales consta la propuesta podemos dividir esta hoja en 3 secciones las cuales son

1. Características generales y geometría
2. Pilas
3. Comentarios

Cada una de estas secciones, se explica partiendo de las hojas actuales de IBP de las que fueron tomados para conformar la hoja de IBP-1 de la propuesta, tal como se muestra a continuación:

Sección 1: Esta sección en la imagen 3.5, actualmente se encuentra en la hoja de IBP-1 e IBP-2, se colocó completamente en el IBP-2 para seguir con el orden de la recolección de datos, esta se encuentra un poco diferente a la sección existente, debido a que se han descartado o cambiado algunos de los ítems existentes, ya que el IBP está enfocado a recolectar información que el inspector de puentes pueda determinar a simple vista en una inspección al puente, mientras que los ítems como radio de curvatura o porcentaje de pendiente no son datos de fácil registro cuando se solicita un dato específico, por lo estos han sido modificados de forma tal que el inspector registre la existencia o no de curvas, pendientes o esviaje en un puente, y ya no está la solicitud del dato específico, ya que como se mencionó en el capítulo II, estos son datos que el inspector en la mayoría de veces no determina y existen muchos campos vacíos o de tipo “null” en la base de datos de puentes del MOP.

Sección 2: Esta sección del IBP-2 propuesto (Imagen 3.5), se encuentra completamente en la hoja del IBP-5 actual, se trasladó a la hoja de IBP-2. El objetivo de esta sección es identificar el tipo de pila que existe en el puente y todas las características que esta posee, así como si posee topes antisísmicos o no, el tipo de junta, el tipo de apoyo y el tipo de fundación que existe en la pila. En el tipo de fundación se redujo la cantidad de ítems existentes debido a que a nivel de inspección visual al inspector se le dificulta determinar con exactitud el tipo de fundación que posea el puente y está solo puede ser evaluada en función de que tan expuesta se encuentre por lo que resulta más sencillo proporcionar una evaluación general de la fundación que de cada una de sus partes

En los tipos de base para las fundaciones se redujo la cantidad de opciones, ya que al identificar mediante una inspección visual no se puede establecer exactamente el tipo, si es un base de concreto simple o reforzado cuando este está en buena condiciones, por lo cual se ha dejado las siguientes opciones:

- Base de concreto
- Cabezal de pilotes
- Gaviones

Sección 3: La sección de comentarios (Imagen 3.5) se mantiene en la hoja de IBP-3, para registrar datos referentes al puente, detectados durante la inspección visual y que no están contemplados en los ítems de IBP-2.

SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE PUENTES: ANÁLISIS DE SISTEMA EXISTENTE Y PROPUESTA DE MEJORA.
 Capítulo III: Propuesta de mejora para registro y evaluación de daños en puentes.

CARACTERÍSTICAS GENERALES Y GEOMETRIA.										1						
(23)	AÑO DE CONSTRUCCIÓN:			ANCHO DE CALZADA:			CONSTANTE	VARIABLE								
(24)	ESVIAJE:			CURVATURA:			SI	NO								
(25)	CURVA ENTRADA:			CURVA SALIDA:			SI	NO								
(26)	GÁLIBO VERT BAJO EL PTE:			GÁLIBO HORIZ BAJO EL PTE:					m							
(27)	GÁLIBO VERT SOBRE EL PTE:			GÁLIBO HORIZ SOBRE EL PTE:					m							
(28)	VISIBILIDAD EN EL INGRESO:			VISIBILIDAD EN LA SALIDA:			BUENA - REG - MALA									
(29)	PEND. ENTRADA:			PEND. SALIDA:			SI	NO								
(30)	PENDIENTE TRANSVERSAL:			PERALTE:			SI	NO		BOMBEO						
							SI	NO								
PILA QUE SOPORTA LOS TRAMOS										2						
		1-2		2-3		3-4		4-5		5-6		6-7		7-		
(31)	TIPO DE PILA:															
(32)	TIPO DE FUSTE:															
(33)	NÚMERO DE COLUMNAS:															
(34)	TIPO DE BASE:															
(35)	TIPO DE FUNDACIÓN:															
(36)	APOYOS TRAMO QUE LLEGA:															
(37)	APOYOS TRAMO QUE SALE:															
(38)	TIPO DE JUNTA:															
(38)	CANTIDAD DE JUNTAS SEGUN TIPO:															
(39)	TOPES ANTISÍSMICOS (SI/NO):															
(40)	TIPOS DE PILA			TIPOS DE FUSTE			TIPOS DE BASE									
	1	MARCO	1	COLUMAS CIRCULARES			1	BASE CONCRETO								
	2	PANTALLA	2	COLUMNAS ELÍPTICAS			2	CABEZAL DE PILOTES								
	3	MARTILLO	3	COLUMNAS RECTANGULARES			3	GAVIONES								
	4	SECCIÓN CAJÓN	4	PANTALLA SECCIÓN CONSTANTE												
	5	MASIVA	5	PANTALLA SECCIÓN VARIABLE												
	6	PILA-PILOTE	6	MASIVA DE MAMPOSTERÍA												
	7	METÁLICA PERFILES	7	MASIVA DE CONCRETO SIMPLE												
	8	METÁLICA TUBOS	8	MASIVA DE GAVIONES												
				9	SECCIÓN CAJÓN											
			10	COLUMNAS DE ACERO												
(41)	TIPO DE FUNDACIÓN			CANTIDAD			DIMENSIONES			COTA DE FUNDACIÓN						
	1	DIRECTA														
	2	PROFUNDA														
	3	OTRA:														
(42)	DISPOSITIVOS DE APOYO															
	1	NO VISIBLES			5			NEOPRENO Y TEFLÓN			9			FIJO DE ACERO		
	2	LÁMINA DE ASFALTO			6			CHAPA DE ACERO			10			PÉNDOLA DE CONCRETO		
	3	COLUMNAS RECTANGULARES			7			CHAPA DE PLOMO			11			MÓVIL DE ACERO		
	4	NEOPRENO			8			RODILLO DE ACERO			12			OTRO		
(43)	TIPOS DE JUNTAS															
	1	PERFIL DE ACERO Y SELLO NEOPRENO			4			PERFILES DE ACERO			7			PEINE DE ACERO		
	2	LABIO POLÍMERO Y SELLO NEOPRENO			5			ASFALTO POLIMERIZADO			8			NO VISIBLES		
	3	JUNTA ABIERTA SIN ELEMENTO			6			NEOPRENO ARMADO			9			OTRA		
(44)	COMENTARIOS:															3

Imagen 3.5: Propuesta de formulario de Inventario Básico de Puente 2 (IBP-2), división de 3 secciones para su formulación.

3.3.3. Formulario: Inventario Básico de puentes -3 (IBP-3).

La hoja 3 de IBP en la propuesta, se mantiene con los mismos ítems de la hoja de IBP-4 del formulario actual, el único cambio es el orden para la captación de datos. Este nuevo orden se estableció debido a que durante la inspección de campo y el traslado de datos a una base de datos, resultó muy confuso. También se realiza para la comparación de la toma de datos entre ambos estribos, ya que para algunos puentes el estribo inicial no es igual al final, por tanto el administrador de puentes debe formular diferentes metodologías o diferentes costos de reparación, los ítems se han dejado para la señalización de material o elemento. El cambio se realizó de tener un formato de llenado de forma horizontal a una forma vertical comparativa tal como se muestra en la imagen 3.6.

3.1.1. Formulario: Inventario Básico de puentes -4 (IBP-4).

Para esta hoja de IBP (imagen 3.7), se propone que los inspectores realicen esquemas acotados de los puentes que ellos han inspeccionado, muchas de las cotas y distancias necesarias para el trazo de estos ya las tienen registradas cuando se van colocando los datos de cada componente, solo se debe realizar el esquema completo del puente y asignar cada cota.

Si bien un esquema acotado con los elementos que se pueden observar en un puente, no es comparable con la información detallada que proporciona en un plano con todos los detalles de construcción, este mostraría una perspectiva general de todos los componentes y dimensiones del puente, en donde también se puedan asignar materiales con los que están hechos. Esta información aportaría al administrador de puentes una perspectiva general de la estructura al momento de realizar o solicitar una reparación, partiendo del hecho en que algunas ocasiones el personal que administra los puentes en el país desconoce la estructura del puente y un esquema general de la forma de los elementos, tipo de puente, dimensiones entre otros aspectos necesarios generarían una idea más clara acerca de las posibles reparaciones, costos y métodos a implementar.

SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE PUENTES: ANÁLISIS DE SISTEMA EXISTENTE Y PROPUESTA DE MEJORA.
 Capítulo III: Propuesta de mejora para registro y evaluación de daños en puentes.

ESTRIBOS								
45	ESTRIBO INICIAL				ESTRIBO FINAL			
	CERRADO				CERRADO			
	ABIERTO				ABIERTO			
	DE GRAVEDAD	MAMPOSTERÍA			DE GRAVEDAD	MAMPOSTERÍA		
CONCRETO			CONCRETO					
GAVIONES			GAVIONES					
(46)	ALEROS	A. ARRIBA	PARALELO	ALEROS	A. ARRIBA	PARALELO		
			INCLINADO			INCLINADO		
	A. ABAJO	PARALELO	A. ABAJO		PARALELO			
		INCLINADO			INCLINADO			
(47)	ALETONES	A. ARRIBA	PARALELO	ALETONES	A. ARRIBA	PARALELO		
			INCLINADO			INCLINADO		
	A. ABAJO	PARALELO	A. ABAJO		PARALELO			
		INCLINADO			INCLINADO			
(48)	DISPOSITIVOS DE APOYO				DISPOSITIVOS DE APOYO			
	NO VISIBLE		CHAPA DE ACERO		NO VISIBLE		CHAPA DE ACERO	
	LÁMINA DE ASFALTO		CHAPA DE PLOMO		LÁMINA DE ASFALTO		CHAPA DE PLOMO	
	NEOPRENO		RODILLO METÁLICO		NEOPRENO		RODILLO METÁLICO	
	NEOPRENO CONFINADO		BIELA		NEOPRENO CONFINADO		BIELA	
OTRO				OTRO				
(49)	TOPES ANTISISMICOS		HAY	NO HAY	TOPES ANTISISMICOS		HAY	NO HAY
(50)	FUNDACIONES				FUNDACIONES			
	TIPO	CANTIDAD	DIMENSIÓN	COTA	TIPO	CANTIDAD	DIMENSIÓN	COTA
	DIRECTA				DIRECTA			
	PROFUNDA				PROFUNDA			
	OTRA				OTRA			
ACCESOS								
(51)	MATERIALES DE REVESTIMIENTO		SUELO	PIEDRA	GAVIÓN	LOSA DE CONCRETO	GRAMA	OTRO
(52)	ACCESO INICIAL				ACCESO FINAL			
	TIPO DE ELEMENTO		MATERIAL		TIPO DE ELEMENTO		MATERIAL	
	TALUD DERECHO				TALUD DERECHO			
	CONO DE DERRAME				CONO DE DERRAME			
	TALUD FRONTAL				TALUD FRONTAL			
	TALUD IZQUIERDO				TALUD IZQUIERDO			
	FUNDACIÓN DE REVESTIMIENTO				FUNDACIÓN DE REVESTIMIENTO			
	LOSA DE APROXIMACIÓN:		NO HAY		LOSA DE APROXIMACIÓN:		NO HAY	
			SI HAY	L = m			SI HAY	= m
	DRENAJE EXTREMO		NO HAY	DERRAMADERO	DRENAJE EXTREMO		NO HAY	DERRAMADERO
		CANAL	CAJA OTRO			CANAL	CAJA OTRO	
DEFENSAS EN ACCESOS		NO HAY	FLEX BEAM Hº Aº	DEFENSAS EN ACCESOS		NO HAY	FLEX BEAM Hº Aº	
		MADERA	OTRO			MADERA	OTRO	
(60)	TIPOS DE JUNTAS				TIPOS DE JUNTAS			
	JUNTA ABIERTA SIN ELEMENTO				NEOPRENO ARMADO			
	PERFILES DE ACERO				PEINE DE ACERO			
	PERFIL DE ACERO Y SELLO DE NEOPRENO				ASFALTO POLIMERIZADO			
	LABIO POLIMERO Y SELLO DE NEOPRENO				OTRA			
(61)	TIPO DE JUNTA AL INICIO							
(62)	TIPO DE JUNTA AL FINAL							
(63)	COMENTARIOS:							

Imagen 3.6: Propuesta de formulario de Inventario Básico de Puente 3 (IBP-3).

(64)	<p data-bbox="373 327 850 352">ESQUEMA DE SECCIÓN TRANSVERSAL</p>
	(65)

Imagen 3.5: Propuesta para formulario de Inventario Básico de Puentes 4 (IBP-4).
Parte superior, para colocación de esquema de sección transversal del puente.
Parte inferior, para la colocación de esquema de sección longitudinal del puente.

3.4. PROPUESTA: GUÍA DE INSPECCIÓN VISUAL EN PUENTES.

Como se mencionó en el capítulo II, el SAP actual del MOP cuenta con la documentación mínima requerida para poder realizar las inspecciones de campo en los puentes, tales como formularios de inspección tanto de inventario como de estado de condición, manuales y documentos complementarios que contienen indicaciones generales para realizar las actividades. Sin embargo, pese a la existencia de todos estos documentos, no resultan en un apoyo sustancial para los inspectores de puentes, ya que estos se presentan como documentos individuales que no actúan como un conjunto de indicaciones específicas con las directrices suficientes para que el inspector realice su trabajo y muchas veces el contenido que presentan no resulta ser suficiente para la comprensión de los parámetros necesarios para recolectar toda la información del estado que presentan los puentes en la actualidad.

A razón de esto, surge la necesidad de poder establecer propuestas de mejora específicas para cada uno de estos documentos que permitan establecer aquellos parámetros necesarios que ayuden a que la obtención de recolección de información de los puentes se realice de forma óptima; por lo que bajo esta premisa nace la propuesta de una “**Guía de inspección visual en puentes**”, en la que se reúnen todos los documentos individuales que posee MOP y FOVIAL para que estos en conjunto sirvan como apoyo y directriz para unificar la información del estado de los puentes, en el que se asegure que el personal contratado para la inspección pueda obtener los datos requeridos y el pleno conocimiento de la terminología básica aplicable durante la inspección visual.

Por lo que de igual forma para la creación de dicha guía de inspección, resulto necesario realizar mejoras sustanciales en el contenido tanto de los formularios como de los manuales y catálogo de daños que son facilitados al inspector para realizar sus actividades. Esto, para poder asegurar una mejor calidad de información recolectada en campo.

A continuación se presenta el detalle de las propuestas de mejora mencionadas anteriormente que permitan obtener mejores resultados en campo para la inspección en puentes de El Salvador.

3.4.1. Estructuración de “Guía de inspección visual en puentes”.

La guía de inspección visual propuesta cuenta con los siguientes apartados:

- I. Sistema de Administración de Puentes (SAP).
- II. Conceptualizaciones.
- III. Equipos y herramientas para la ejecución de inspecciones.
- IV. Guía de llenado para formulario de Inventario Básico de Puentes (IBP).
- V. Guía de llenado para formulario de Inventario de Estado de Condición de Puentes (IECP).
- VI. Catálogo de daños.

Todos estos apartados, tienen como objetivo dirigir al inspector en el correcto procedimiento tanto de captación de la información como de identificación de insuficiencias que pueda presentar el puente sometido a evaluación; Por lo que continuación, se describe cada una de los apartados mencionados quienes conforman la denominada “**Guía de inspección visual en puentes**” propuesta:

I. Sistema de Administración de Puentes (SAP).

Siendo este el primer apartado de la guía de inspección, tiene como objetivo proveer la información que identifique las actividades que se realizan durante la fase de inspección para los puentes en el Sistema de Administración de Puentes actual en El Salvador y cuáles son las entidades que colaboran con ello (Refiérase al anexo A-5 “Guía de inspección visual en puentes” para una mejor comprensión del contenido que aquí se menciona), por lo que se presenta información de:

- Tipos de inspecciones que se realizan en el país.
- Entidades que participan en las actividades del SAP.

II. Conceptualizaciones.

Poder proveer todos aquellos conceptos que describen un puente, tanto en sus tipologías, como en las condiciones estáticas que presentan, además de los elementos que presentan según tipología, es el objetivo de este apartado; en el cual se identifican los conceptos básicos, explicando en qué consiste cada uno de los elementos que se menciona en el formulario de IECP; esta mejora resulta de mucha importancia debido a que en la documentación actual, ninguno de los manuales disponibles contaba con una conceptualización básica que dirigiera al Inspector de

inventario en la correcta identificación de los elementos de puente sometidos a evaluación.

III. Equipos y herramientas para la ejecución de inspecciones.

Proveer al inspector de puentes del conocimiento de los equipos y herramientas necesarias para realizar de forma correcta una inspección de puentes es el fin de este apartado; en este se menciona, todos aquellos equipos y herramientas mínimos necesarios para realizar de forma óptima la actividad de inspección en campo. Esta información, resulta de las consideraciones que realiza AASHTO para un buen desarrollo de la actividad así como de las consideraciones que recomienda FOVIAL para los equipos y herramientas útiles en la inspección.

IV. Guía de llenado para formulario de Inventario Básico de Puentes (IBP).

En la sección 3.3 de este mismo capítulo, se muestra la propuesta de mejora que corresponde a cada uno de los formularios utilizados para IBP; estos, presentaron cambios directamente relacionados con el orden de los ítems que presentaba originalmente, por lo que al modificar estos, resultó completamente necesario actualizar el respectivo manual de llenado actual, cuya función es la de complementar y/o dirigir al inspector en la correcta recopilación de la información requerida; por lo que dichas mejoras se mencionan a continuación:

1. Explicación particular completar cada campo del formulario propuesto a partir del nuevo orden establecido, tomando como base el manual existente.
2. Creación de esquemas ilustrativos y comprensibles para cada uno de los elementos del puente, que ayudan a una mejor identificación de estos durante la inspección.
3. Se retomaron las imágenes del manual de llenado actual y se estas fueron mejoradas y debidamente señalizadas, permitiendo la fácil comprensión del inspector durante el estudio del mismo.

Refiérase al anexo A-5 para ver la propuesta de mejora “Guía de inspección visual en puentes”, y al anexo A-1 para ver el manual que actualmente está en uso para la realización de las inspecciones.

V. Guía de llenado para formulario de Inventario de Estado de Condición de Puentes (IECP).

Para el SAP actual el formulario de IECP se complementa con el “Manual para la evaluación del estado de condición de puentes” (anexo A-1). Al haber realizado las modificaciones descritas en la sección 3.2 de este capítulo, resulto necesario actualizar de igual forma el manual de llenado en relación a la mejora aplicada a los campos de este formulario, mismas que se encuentran relacionadas directamente con la propuesta de metodología de evaluación que se presentó en la sección 3.1 de este mismo capítulo. Por lo tanto se especifican a continuación las mejoras que se le realizaron a este documento.

1. Se agrega la explicación de las consideraciones que se deben tener al realizar una evaluación de daños presentes en un elemento del puente con respecto a cada una de las variables que intervienen en la metodología de evaluación las cuales se mencionaron en la sección 3.1.2 de este mismo capítulo, y que corresponden a :
 - Consecuencia del daño.
 - Severidad.
 - Porcentaje de área dañada para un elemento.
2. De la misma forma, se detalla el orden jerárquico de importancia en los elementos del tablero del puente(a partir de la clasificación facilitada por el MOP), mostrando la matriz de elementos para la identificación de los elementos que posee el tablero del puente según tipología y sus respectivos esquemas.

Refiérase al anexo A-5 para ver la propuesta de mejora “Guía de inspección visual en puentes”, y al anexo A-1 para ver el manual que actualmente está en uso para la realización de las inspecciones.

VI. Catálogo de daños.

La propuesta de catálogo de daños en este trabajo de investigación, tiene como objetivo de esta propuesta es proporcionar un documento que ayude reforzar el conocimiento del inspector en la identificación las diversas patologías de daños que pueden existir en un puente, y que partir de este, brinde una correcta calificación del estado de condición del elemento, optimizando así una evaluación de tipo visual con menor incertidumbre.

El alcance de esta actualización contempla únicamente aquellos daños que corresponden a la evaluación de la categoría ESTRUCTURA del formulario de Inventario de Estado de Condición del Puente (IECP), y es utilizable únicamente para inspecciones visuales en puentes.

Con la propuesta se han realizado las mejoras al catálogo que se enlistan a continuación:

1. Se realizó una estructuración en la clasificación de daños dentro del catálogo en la que se enlaza el daño directamente con el tipo de elemento en el puente, para que sea más fácil la identificación de daños en el puente.
2. Se agregaron daños, que ayudan a determinar el estado de condición de la capa de rodadura realizando una diferenciación entre aquellos que sirven para identificar daños en superficie con concreto rígido como flexible; ya que la capa de rodadura es un elemento de suma importancia para la comodidad del usuario además de evitar el desgaste directo de la superficie de la losa.
3. Se eliminaron los siguientes daños en la evaluación de elementos de concreto: fisuras erráticas, fisuras horizontales, fisuras inclinadas, fisuras longitudinales, fisuras transversales y fisuras verticales, para que únicamente se identifiquen daños de fisura con respecto al comportamiento del elemento.
4. Se agregaron daños a elementos de concreto que son: eflorescencias, delaminación, desprendimiento de concreto, recubrimiento inadecuado, exposición del acero de refuerzo y aplastamiento local por resultar en una mejor descripción de los daños que se pueden encontrar en elementos de concreto.
4. Para elementos metálicos se agregaron los siguientes daños: oxidación en piezas de acero, oxidación del equipamiento, decoloración en la pintura, ampollas, descascaramiento y rotura de pernos por ser importantes para la identificación en elementos metálicos de puentes.
5. Con respecto a los daños en señales, defensas de tránsito, barandales, aceras y bordillos, apoyos , drenajes, losa de aproximación, fundaciones, taludes y terraplenes y generales, en su mayoría se mantienen tal y como aparecen en el catálogo actual, para algunos existen diferencias en el nombre del daño.
6. Se agregan descripciones de patologías de daños de puente al inicio las secciones de deterioro de cada elemento de puente. Esto permite que el inspector comprenda el origen del daño que está presente en el elemento

que está evaluando y que otros daños podrían originarse a partir de este mismo tal como lo dicta la patología del daño.

La propuesta de catálogo de daños se presenta como un contenido académico, totalmente teórico en cuanto a conceptualización de patologías posibles en puentes, esto con el fin de servir como base que permita que el inspector reconozca de primera mano durante la actividad, que, como y porque se está presentando el daño en un puente; pero este como tal, no resulta suficiente para poder determinar específicamente la gravedad del daño mismo, si bien en la sección 3.1 de este mismo capítulo, se presentan parámetros de severidad y consecuencia del daño, estos se plantean en función de que se obtenga un resultado basado únicamente en la experiencia misma que posee el inspector dejando a consideración de este que tan grave se encuentra el daño según los parámetros que le permite el formulario.

Por lo que resulta necesario realizar estudios complementarios para identificación y creación de parámetros específicos para severidades y consecuencias del daño que se presenten en un elemento de puente, teniendo como base el catálogo de daños propuesto. Así mismo se recomienda someter cada una de las consideraciones realizadas para cada daño presente la propuesta del catálogo a un estudio patológico específico en puentes por personal especializado en el área; esto, para que posea el aval necesario para su uso en la realidad y poder considerarse fidedigno en la evaluación, así como la posibilidad de existencia de más daños posibles que complementen los que ya se muestran en el catálogo propuesto.

Refiérase al anexo A-5 para ver la propuesta de mejora “Guía de inspección visual en puentes”, y al anexo A-1 para ver el manual que actualmente está en uso para la realización de las inspecciones.

**CAPÍTULO IV:
APLICACIÓN Y RESULTADOS DE
PROPUESTA DE MEJORA PARA
REGISTRO Y EVALUACIÓN DE
DAÑOS EN PUENTES DE
EL SALVADOR.**

4. APLICACIÓN DE PROPUESTAS DE MEJORA PARA REGISTRO Y EVALUACIÓN DE DAÑOS EN PUENTES DE EL SALVADOR.

Con base a las propuestas de mejora al SAP del MOP presentadas en el capítulo III y referidas a los anexos A-5, A-6, A-7, A-9 y A-10, en los que se muestra:

- ✓ Metodología de evaluación para datos recolectados en formulario IECP, para determinar el estado de condición del puente, que identifique la importancia o urgencia de reparación de una estructura de puente; dicha metodología se estableció utilizando los lineamientos originales de la evaluación del sistema SAP, al cual se le incorporaron mejoras en la identificación de variables requeridas para obtener un resultado.
- ✓ Actualización de los formularios de inspección para IBP e IECP.
- ✓ Guía de inspección visual en puentes, que contiene:
 - Conceptos según el tipo de puente y los elementos que los componen.
 - Recomendaciones de seguridad en la inspección
 - Indicaciones para la correcta recolección de información de los formularios IBP e IECP.
 - Catálogo de daños, en el que se explican las posibilidades de daños que se pueden encontrar en cada uno de los elementos del puente.

A partir de cada una de estas propuestas, con las cuales se pretende asegurar que la calidad de la información obtenida de la realización de la inspección visual de un puente sea representativa del mismo, se presenta la aplicación de cada una de estas al SAP actual en El Salvador, con el fin de demostrar las mejoras sustanciales que se obtienen en los resultados de la evaluación, así como la aplicabilidad misma del método.

Debido a las deficiencias en la base de datos de puentes mencionadas y explicadas en el capítulo II, para poder aplicar cada una de las propuestas, se realizó una depuración a partir de la información de campo para 18 puentes (registros de inspección de FOVIAL), los cuales son mostrados en la tabla 4.1, en la cual se pueden identificar por nombre, ruta, municipio departamento y el tipo de red vial en la que están ubicados. Estos puentes se ingresaron al Sistema-GP, para obtener resultados de Índice de Prioridad (IP) para cada puente, los cuales se pueden identificar en la columna llamada "IP" de la imagen 4.1; e identificar los más dañados según las calificaciones asignadas y posteriormente escoger puentes de diferente tipología.

Tabla 4.1 Puentes que pertenecen a la base de datos obtenida directamente de las inspecciones visuales realizadas por FOVIAL

NUMERO DE PUENTE	NOMBRE DEL PUENTE	NOMBRE DE RUTA	MUNICIPIO	DEPARTAMENTO	RED
1	La trilla	LIB43W	Ciudad arce	La Libertad	Terciaria
2	Barrio el Calvario	RN05S	Olocuilta	La Paz	Especial
3	Caja triple Comalapa	RN05S	San Juan Talpa	La Paz	Especial
4	Cangrejera	CA2AE	Cangrejera	La Libertad	Primaria
5	Chilama	CA02W	La Libertad	La Libertad	Primaria
6	Comalapa 2	RN04E	Tapalhuaca	La Paz	Primaria
7	Copapayo LI	CA08W	Armenia	Sonsonate	Primaria
8	El obraje	RN06S	Rosario de mora	San Salvador	Secundaria
9	Jalponga	RN04E	San Rafael Obrajuelo	La Paz	Secundaria
10	Jardines del recuerdo	RN05S	San Salvador	San Salvador	Especial
11	Jiboa 1B	RN04E	El rosario	La Paz	Secundaria
12	Penitente	RN04E	San Juan Nonualco	La Paz	Secundaria
13	Rio Comalapa	CA2AE	San Luis talpa	La Paz	Primaria
14	Rio el muerto	RN06S	Rosario de mora	San Salvador	Secundaria
15	Rio grande	CA02W	La Libertad	La Libertad	Primaria
16	Rio talnique	LIB41S	Jayaque	La Libertad	Terciaria
17	San Antonio	CA2AE	La Libertad	La Libertad	Primaria
18	Santa Bárbara	RN05S	Olocuilta	La Paz	Especial

IP	Puente	Ruta	Estado	Costo (\$)	SubTotal (\$)	Detalle
1	3.17 0007 - PUENTE EL OBRAJE		REQUIERE REPARACION	30106.25	30106.25	Detalle
2	3.26 0011 - PUENTE LA TRILLA		REQUIERE REPARACION	12982.60	43088.85	Detalle
3	3.75 0015 - PUENTE RIO GRANDE		REQUIERE REPARACION	7299.43	50388.28	Detalle
4	3.89 0009 - PUENTE JARDINES DEL RECUERDO		REQUIERE REPARACION	30706.25	81094.53	Detalle
5	3.96 0013 - PUENTE RIO COMALAPA		REQUIERE REPARACION	14940.00	96034.53	Detalle
6	4.34 0018 - PUENTE SANTA BARBARA		MANTENIMIENTO PREVENTIVO	3380.00	99414.53	Detalle
7	4.44 0012 - PUENTE PENITENTE		MANTENIMIENTO PREVENTIVO	7580.00	106994.53	Detalle
8	6.42 0014 - PUENTE RIO EL MUERTO		MANTENIMIENTO RUTINARIO	7720.65	114715.18	Detalle
9	6.73 0004 - PUENTE CHILAMA		MANTENIMIENTO RUTINARIO	25177.75	139892.93	Detalle
10	6.75 0008 - PUENTE JALPONGA		MANTENIMIENTO RUTINARIO	7929.00	147821.93	Detalle
11	6.88 0005 - PUENTE COMALAPA 2		MANTENIMIENTO RUTINARIO	2480.00	150301.93	Detalle
12	7.15 0006 - PUENTE COPAPAYO		MANTENIMIENTO RUTINARIO	1740.00	152041.93	Detalle
13	7.38 0002 - PUENTE CAJA TRIPLE COMALAPA		MANTENIMIENTO RUTINARIO	10761.40	162803.33	Detalle
14	7.4 0003 - PUENTE CANGREJERA		MANTENIMIENTO RUTINARIO	2969.25	165772.58	Detalle
15	7.49 0010 - PUENTE JIBOA		MANTENIMIENTO RUTINARIO	1000.00	166772.58	Detalle
16	7.7 0016 - PUENTE RIO TALNIQUE		MANTENIMIENTO RUTINARIO	5160.00	171932.58	Detalle
17	7.86 0001 - PUENTE BARRIO EL CALVARIO		MANTENIMIENTO RUTINARIO	3460.00	175392.58	Detalle
18	8.18 0017 - PUENTE SAN ANTONIO		INSPECCION RUTINARIA	1710.00	177102.58	Detalle
19						Detalle
20						Detalle
21						Detalle
22						Detalle
23						Detalle

EN INSPECCION RUTINARIA HAY 1 PUENTES
 EN MANTENIMIENTO PREVENTIVO HAY 2 PUENTES
 EN MANTENIMIENTO RUTINARIO HAY 10 PUENTES
 EN REQUIERE REPARACION HAY 5 PUENTES

Imagen 4.1: Calificaciones de puentes según Sistema GP.

Fuente: Propia.

Los resultados de calificaciones de “IP” de los puentes en la imagen 4.1, se encuentran ordenados según la prioridad de atención que cada uno necesita, desde el puente que se considerado como el que posee más daños hasta el que presenta menos daños, por lo que los según los resultados observados del Sistema-GP, mientras la calificación de IP se acerque más a cero significa que el puente se encuentra más dañado y entre más se aleje de cero se encuentra este en mejores condiciones.

A partir de los resultados de las calificaciones de daños mostrados en la imagen 4.1, se escogieron tres puentes que fuesen representativos de la población total contenida en la base de datos creada con los datos de inspección que proporciono FOVIAL a través del MOP, los puentes escogidos para la aplicación son los mostrados en la tabla 4.2.

Tabla 4.2 Muestra de puentes para realización de pruebas e inspecciones.

NOMBRE DEL PUENTE	NOMBRE DE RUTA	MUNICIPIO	DEPARTAMENTO	RED
Rio grande	CA02W	La Libertad	La Libertad	Primaria
El obraje	RN06S	Rosario de mora	San Salvador	Secundar
Santa Bárbara	RN05S	Olocuilta	La Paz	Especial

Los puentes indicados en la tabla 4.2., son poseedores de calificaciones de IP inferior a 5.0, según lo mostrado en la imagen 4.1 (señalado con una cuadro rojo), lo que resulta en aquellos que requieren especial atención por la cantidad de daños que presentan; por lo que con la aplicación de las propuestas se verificará la veracidad de las prioridades de calificación, las cuales serán analizadas posteriormente, además, sumado a ello, la selección de estos puentes se realizó considerando las diferentes tipologías que se presentaban.

En la siguiente sección se muestran los resultados obtenidos de la aplicación de los formularios; propuestos en el Capítulo III, aplicados a los 3 puentes seleccionados para la prueba.

4.1. APLICACIÓN DE FORMULARIOS (IBP E IECP) Y GUÍA DE INSPECCIÓN VISUAL EN PUENTES PROPUESTOS, PARA INVENTARIO BÁSICO DE PUENTES E INVENTARIO DE ESTADO DE CONDICIÓN DEL PUENTE

Para la aplicación de los formularios propuestos y la obtención de resultados pertinentes de estos, se realizó una inspección de campo a los 3 puentes mencionados en la tabla 4.2.

Con la inspección realizada, se verificó la calidad y veracidad de la información existente en los formularios proporcionados por FOVIAL, cabe mencionar que durante la revisión de la información se encontraron discrepancias en datos registrados en los formularios de registro de daños tales como la identificación de un daño que no corresponde en un elemento, como el que se muestra en la Imagen 4.2, donde el inspector registra la existencia de una colmena en un elemento de viga (Ver anexo A-8), cuando el daño real presente según el catálogo de daños actual del MOP (Ver A-1) sería : D-62 Recubrimiento saltado y D-18 Corrosión del acero en concreto como se muestra en la Imagen 4.3, entre otros errores detectados.

ESQUEMA DE SECCION HIDRAULICA CON SUS RESPECTIVAS COTAS Y GALIBOS (FOTOGRAFIAR):

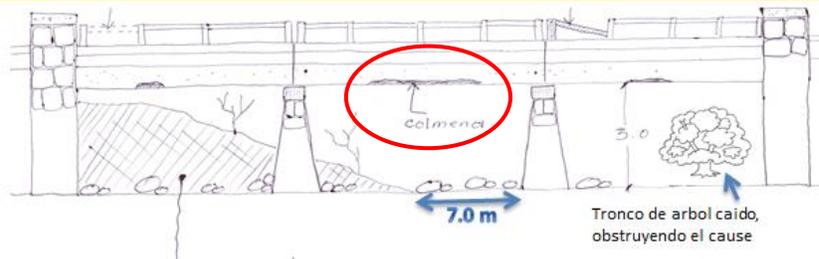


Imagen 4.2: Apreciación errónea del daño presente en el puente por parte del inspector.

Fuente: Formulario IBP, puente RIO GRANDE, FOVIAL



Imagen 4.3: Daño de recubrimiento saltado y Corrosión del acero en concreto en elemento de viga.

Fuente: Propia

Por lo tanto, se realizó durante la inspección de los puentes, un nuevo registro de los datos que se solicitan tanto de IBP como de IECP, haciendo uso de los formularios propuestos mencionados en el capítulo II.

Para llevar a cabo esta actividad se emplearon los siguientes instrumentos:

- Propuesta de mejora de Formularios de Inventario de Puentes IBP 1 – 4.
- Propuesta de mejora de Formularios de Inventario de condición de puentes, IECP.

- Propuesta de mejora de Manual de llenado de nuevos formularios IBP.
- Propuesta de mejora de Manual de llenado de nuevo formulario IECP.
- Propuesta de mejora de Catálogo de daños.

4.1.1. Actividades para la visita de campo.

4.1.1.1. Acciones previas a la visita de inspección.

Para poder desarrollar las inspecciones, se planificó previamente el itinerario a seguir en la visita de campo, en donde se estableció el orden de puentes a visitar, y el proceso para la recolección de datos además de los equipos y/o herramientas a emplear. La información sobre de identificaciones y localización correspondiente a cada puente para esta programación, se obtuvo a partir de la base datos de las inspecciones anteriores de FOVIAL.

Posteriormente a esto, se realizó una revisión del registro de datos de inventario existente con el propósito de verificar si existen los datos de salida para realizar la inspección. Estos datos son:

- Id del puente
- Nombre del puente
- Ubicación
- Coordenadas
- Tipología
- Año de Construcción.

Conocer esta información permite que los grupos de inspección puedan planificar de una manera más eficiente la jornada de trabajo. No obstante, de no encontrarse alguno de estos datos, se creará un nuevo registro del puente a partir de la inspección de campo.

Una vez reconocidos e identificados los datos de salida se procedió a planificar las actividades a realizar durante la inspección, las cuales consisten en:

- Agrupar los puentes por su cercanía y/o por su ruta, ya que de esta manera será más fácil trasladarse de un puente a otro, sin cambios drásticos de ruta.
- Planificación de ruta, una vez agrupados los puentes en sus respectivas rutas, se deberá planificar en qué orden se realizar cada una.

- Selección del equipo y herramientas, se deberá seleccionar los equipamientos necesarios que faciliten la realización la actividad de inspección de manera segura. Estos equipos dependerán del tipo de puente a inspeccionar, ya que deberá definirse si es necesario equipos para trabajos en altura como andamios u otros según sea el caso.
- Es necesario que para todas las inspecciones, independientemente del puente, el grupo de inspección cuente con el equipo de seguridad personal.
- Para el registro de datos de la inspección de campo se estableció un posible orden secuencial, con el fin de optimizar el tiempo de ejecución de la inspección, en el cual los datos serian recolectados, de la siguiente manera:
 - Verificar los datos de localización y características básicas como tipología, material, etc.

El orden de inspección de los elementos, comenzó llenado los datos faltantes de los formularios propuestos IBP y llenado del formulario propuesto IECF. Para lo que se definió iniciar la inspección en la subestructura a partir de las fundaciones si estas fueran visibles, seguido de la superestructura y finalizando con los elementos funcionales, tal como se muestra en la Imagen 4.4.

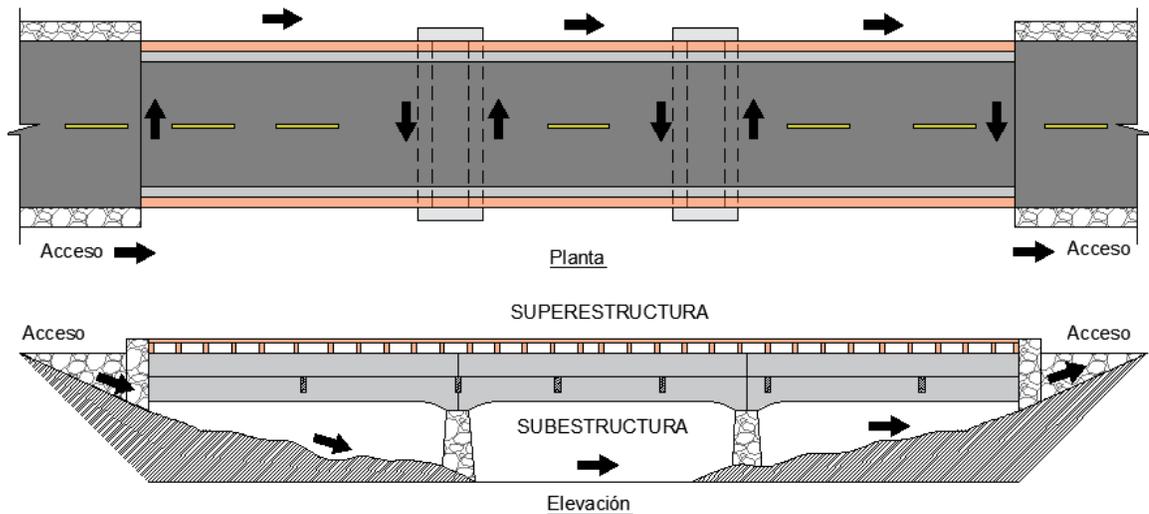


Imagen 4.4 Diagrama de recorrido de inspección de elementos de puentes, subestructura.
Fuente: Propia

Por lo que para desarrollar el registro de daños de cada elemento se estableció la secuencia de inspección la cual está indicada en el diagrama de la imagen 4.5 y 4.6.

Para que de esta manera se desarrollen las actividades de inspección de forma más eficiente. En este diagrama se encuentran agrupados los elementos de acuerdo con las subcategorías indicadas en el formulario propuesto IECP.

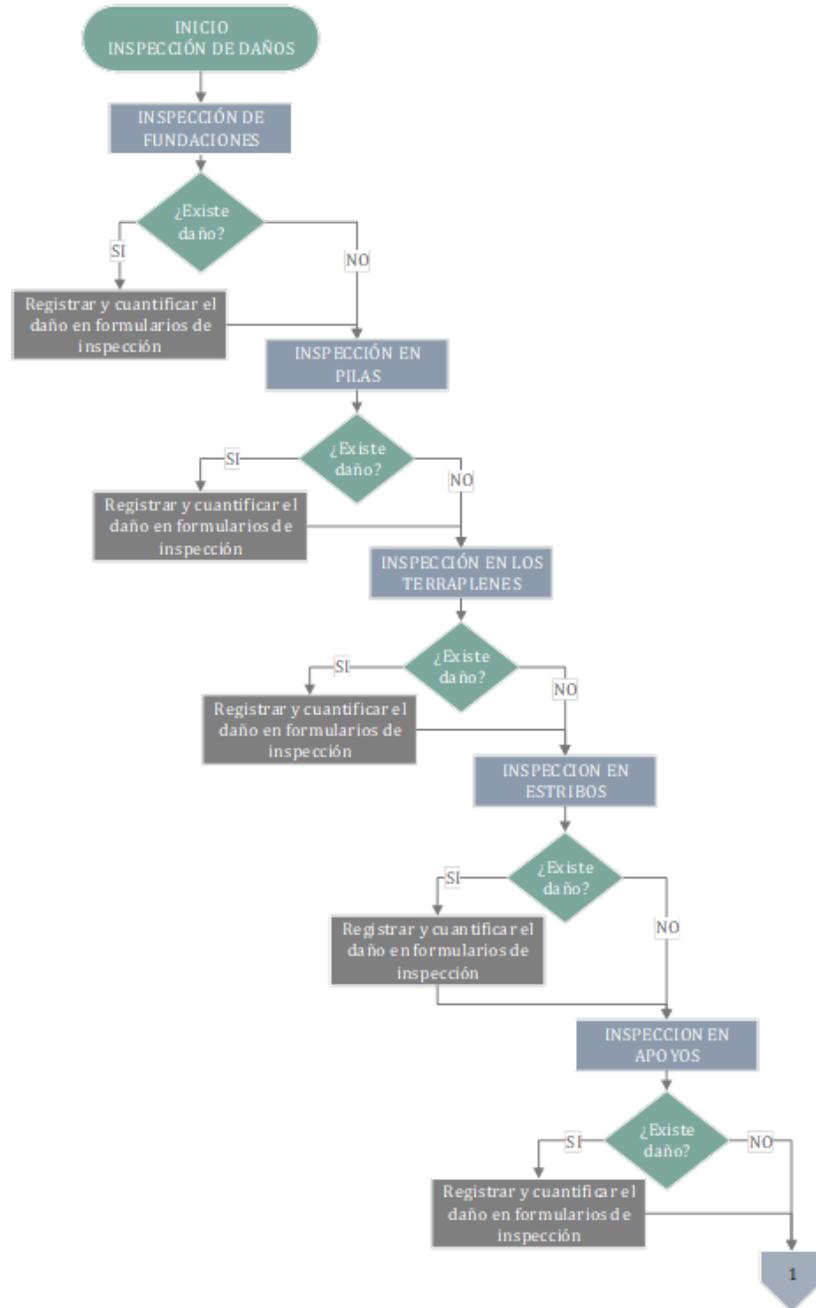


Imagen 4.5: Diagrama de proceso de inspección de puentes para recolección de datos para formulario de IECP.

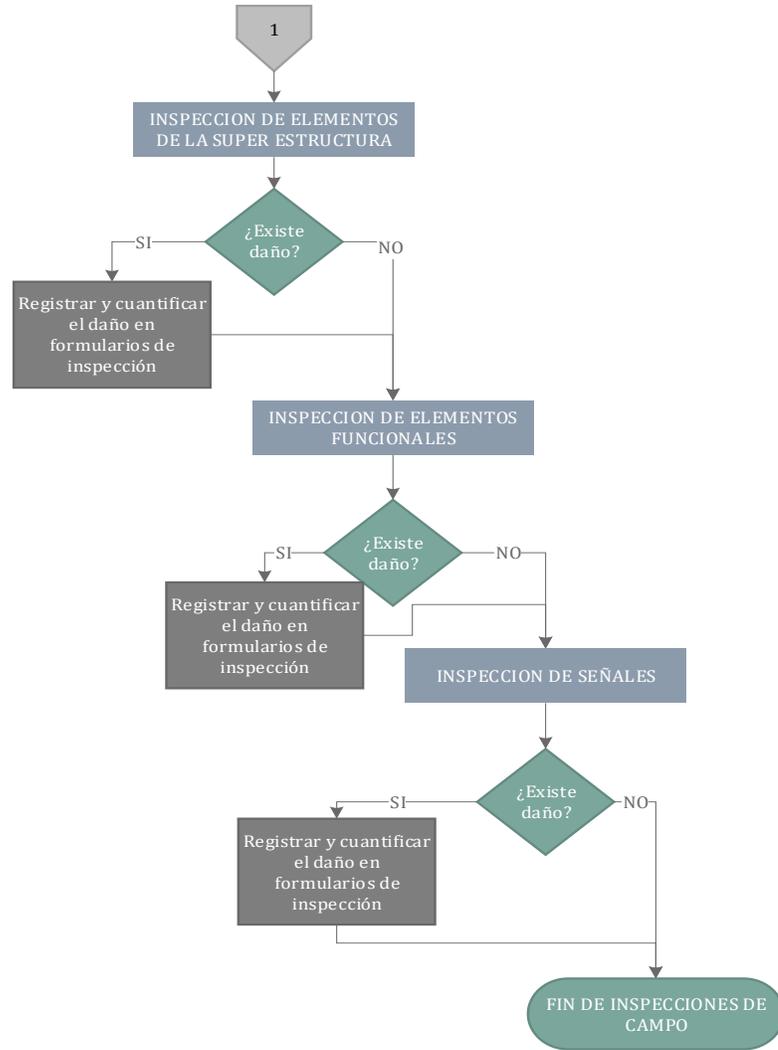


Imagen 4.6: Diagrama de proceso de inspección de puentes para recolección de datos para formulario de IECP.

4.1.1.2. Acciones en la visita de campo

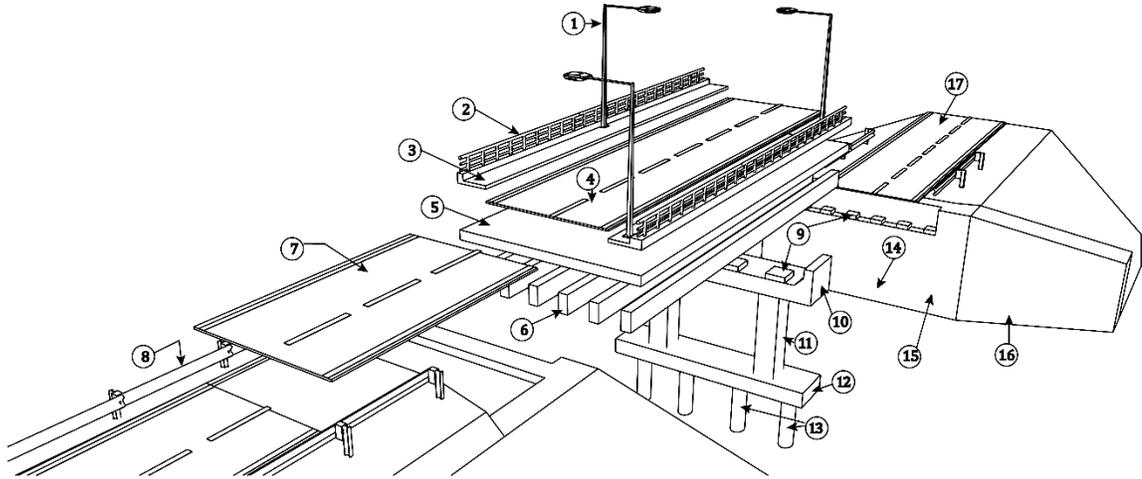
Las acciones de campo fueron aplicables a los 3 puentes seleccionados, de acuerdo con su tipología, a continuación, se describen las acciones de inspección para cada puente.

Registro de características generales y geométricas.

Inicialmente, se procedió verificar el nombre del puente y la ubicación para lo cual se empleó el IBP-1 propuesto en el que se registra la localización, tipología general del puente, medida de la longitud total del puente, contabilizando el número de tramos e identificando el tipo de desarrollo longitudinal del mismo. Seguido de esto se registró la información correspondiente a longitudes de los tramos, tipo de tramo, sección transversal, desarrollo en planta, n° de vigas longitudinales, n° de vigas transversales, hasta completar el registro de la información solicitada en el formulario propuesto. Luego se procedió con los llenados respectivos de IBP-2 propuesto en el cual se registran las características y aspectos generales del puente, seguido de IBP-3 propuesto, en el que se registran datos de estribos en ambos lados del puente y por último el IBP-4 propuesto, donde se representa esquemáticamente el puente. Los datos recolectados para IBP de cada uno de los 3 puentes sometidos a evaluación se presentan en el anexo A-10.

Para el registro de los ítems, se hizo uso del manual propuesto para llenado de los IBP, para una mejor identificación de ciertos elementos, tal como se muestra en la Imagen 4.7, tomada directamente del manual de inspecciones propuesto (ver anexo A-5), esta imagen funciona como ayuda o apoyo didáctico para identificar los elementos de un puente, en el caso que el inspector no posea conocimiento o experiencia en el área de puentes y necesita orientación para identificar algunos elementos.

Para la recolección de la información de los IBP, no se emplearon herramientas especiales, por lo que se utilizó, cinta métrica de 30m, cinta métrica de 8.0 m, distanciómetro, formularios impresos de IBP1- IBP-4 y bolígrafo para tomar datos. En esta fase de la inspección, se hizo uso del manual propuesto para llenado de formulario IBP, ya que en este explica con más detalle cómo se debe registrar la información en el formulario de inspección propuesto, en la imagen 4.8 se muestra una fracción del formulario de puente IBP-1 para el puente Rio grande con las secciones llenas y en la Imagen 4.9, se muestra un ejemplo de explicación de registro correcto de la información en el formulario de IBP-1 propuesto, en la Imagen 4.10 se muestra el ítem 13 del manual de llenado de IBP actual, donde no se explica de donde se obtienen los datos a completar las celdas vacías.



- | | | |
|---------------------------|-------------------------|--------------------|
| 1. Luminarias | 6. Vigas | 11. Columnas/pilas |
| 2. Barandales | 7. Losa de aproximación | 12. Zapata |
| 3. Aceras | 8. Defensa vehicular | 13. Pilotes |
| 4. Superficie de rodadura | 9. Aparatos de apoyo | 14. Estribo |
| 5. Losa | 10. Vigas de apoyo | 15. Muro inferior |
| | | 16. Aleton |
| | | 17. Camino |

Imagen 4.7: Identificación de algunos elementos para un puente según manual de inspecciones de puentes propuesto.

Fuente: Propia

		1	2	3	4	5	6	7
(12)	LONGITUDES DE LOS TRAMOS:	14.67	14.67	14.67				
(13)	TIPO DE TRAMO:	1	1	1				
(14)	SECCION TRANSVERSAL:	2	2	2				
(15)	DESARROLLO EN PLANTA:	1	1	1				
(16)	N° DE VIGAS LONGITUDINALES:	5	5	5				
(17)	N° DE VIGAS TRANSVERSALES:	3	3	3				
(18)	TIPOS DE TRAMOS		TIPOS DE SECCIÓN TRANSVERSAL			DESARROLLO EN PLANTA		
	1	VIGAS	1	LOSA	1	RECTO		
	2	CONTINUO	2	LOSA CON VIGAS DE Conc. Ref.	2	ESVIAJADO		
	3	ARCO	3	LOSA y VIGAS DE ACERO A. LL.	3	CURVO, VIGAS RECTAS DE IGUAL LONGITUD		
	4	OTRO:	4	LOSA y VIGAS DE ACERO Cercha	4	CURVO, VIGAS RECTAS DIIFERENTE LONGITUD		
			5	LOSA CON VIGAS DE Conc. Pret.	5	CURVO CON VIGAS CURVAS		
			6	SECCIÓN CAJÓN CONSTANTE	6	PLANTA TRAPECIAL		
		7	SECCIÓN CAJÓN VARIABLE					

Imagen 4.8: Parte de formulario de IBP lleno con datos de inspección.

Fuente: Propia

(13) En esta sección, se coloca el número correspondiente, como se indica en la imagen A – 5|25, al tipo de tramo de acuerdo a la tabla del numeral (18) **TIPOS DE TRAMOS**, los cuales se especifican con base a la sección longitudinal del puente. El número que corresponde al tipo de tramo se traslada a la columna correspondiente.

		1	2	3	4	5	6	7
(12)	LONGITUDES DE LOS TRAMOS:							
(13)	TIPO DE TRAMO:							
(14)	SECCION TRANSVERSAL:							
(15)	DESARROLLO EN PLANTA:							
(16)	N° DE VIGAS LONGITUDINALES:							
(17)	N° DE VIGAS TRANSVERSALES:							

(18)	TIPOS DE TRAMOS		TIPOS DE SECCIÓN TRANSVERSAL		DESARROLLO EN PLANTA	
	1	VIGAS	1	LOSA	1	RECTO
	2	CONTINUO	2	LOSA CON VIGAS DE Conc. Ref.	2	ESVIAJADO
	3	ARCO	3	LOSA y VIGAS DE ACERO A. LL.	3	CURVO, VIGAS RECTAS DE IGUAL LONGITUD
	4	OTRO	4	LOSA y VIGAS DE ACERO Cercha	4	CURVO, VIGAS RECTAS DIFERENTE LONGITUD
			5	LOSA CON VIGAS DE Conc. Pret.	5	CURVO CON VIGAS CURVAS
			6	SECCIÓN CAJÓN CONSTANTE	6	PLANTA TRAPEZIAL
			7	SECCIÓN CAJÓN VARIABLE		

Imagen 4.9: Explicación y detalle de forma de recolección de datos de inspección de puentes con formulario de IBP en manual propuesto.

Fuente: Propia

Con lo antes descrito se hace notar la diferencia existente entre el manual actual y el propuesto, ya que en el propuesto se explica detalladamente la forma de colocar la información del puente con el objetivo de disminuir los errores que pueden ocurrir si el inspectores de inventario no posee la experiencia suficiente en el uso de los formularios.

(61) Indica cada uno de los vanos que componen el puente. La figura 28 muestra los datos que deberán completarse para cada vano. En caso de tener, el puente, más de 7 vanos, pueden ponerse los datos en una copia adicional del formulario o agregarse en la parte posterior de la hoja consignando esta situación. Esta tabla se llena colocando números en los espacios adecuados.

	VANOS DEL PUENTE						
	1	2	3	4	5	6	7
TIPO DE VANO:							
SECCION TRANSVERSAL:							
DESARROLLO EN PLANTA:							
N° DE VIGAS LONGITUDINALES:							
N° DE VIGAS TRANSVERSALES:							

Imagen 4.10: Detalle de explicación en el manual actual del MOP para IBP, para toma de datos durante la inspección de puentes.

Fuente: Propia

Finalizando el llenado de los formularios IBP, se procedió a tomar fotografías en las cuales se reflejara de forma general las características generales del puente así como el estado de daños que presentaba, en las imágenes 4.11, 4.12 y 4.13 se muestran algunas de estas fotografías. Por otra parte, la nueva distribución de los ítems en los formularios permitió realizar una inspección de manera secuencial y ordenada.



Imagen 4.11: a- acceso, b- sección longitudinal y c- sección transversal de puente Rio grande.



Imagen 4.12: a- acceso, b- sección longitudinal y c- sección transversal de puente El obraje.



Imagen 4.13: a- acceso, b- sección transversal externa y c- sección transversal interna de puente Santa Bárbara.

Fuente: Propia

El proceso de llenado de los IBP para cada puente no varía con respecto a los otros puentes, únicamente se diferencia en la identificación de los elementos que compone cada tipología de puentes, (ver anexo A-5).

Registro de estado de condición.

Habiendo terminado el registro de datos generales y geométricos del puente, se realizó la inspección de la condición de cada uno de sus elementos (estribos, pilares, tablero, losas, vigas, diafragma, elementos de arco, aparatos de apoyo, entre otros). La identificación de los elementos en orden jerárquico de la súper estructura según la tipología que presente el puente inspeccionado, se muestra en la tabla 4.3 y para una mejor comprensión, en la imagen 4.14 A y 4.14 B se presenta de forma ilustrativa la descripción de elementos realizada en la tabla 4.3 tomando como ejemplo dos tipologías distintas de puentes.

Tabla 4.3: Elementos establecidos por MOP de acuerdo a su función en la estructura.

Elementos Tipo de puente		Principales ①	Secundarios ②	Terciarios ③	De 4to nivel ④
VIGAS	<i>Tramos isostáticos</i>	Vigas longitudinales	Vigas transversales	Losas	
	<i>Tramos continuos</i>	Vigas longitudinales	Vigas transversales	Losas	
	<i>Viga cajón</i>	Viga cajón	Vigas transversales	Losas	
OTROS	<i>Colgante</i>	Cables principales	Tirantes	Vigas de rigidez	Losas
METÁLICOS	<i>Cercha</i>	Cercha	Vigas transversales/ Arriostramiento	Largueros	Losas
	<i>Bailey</i>	Cercha	Vigas transversales/ Arriostramiento	Largueros	Losas
LOSA	<i>Losa</i>	Losa			
	<i>Caja</i>	Losa	Refuerzos de borde		
ARCOS	<i>Arcos de mampostería</i>	Arco	Muros laterales		
	<i>Arco tablero superior</i>	Arco	Pendolas	Vigas de rigidez	Losas
	<i>Arco tablero inferior</i>	Arco	Pendolas	Vigas de rigidez	Losas
	<i>Bóveda</i>	Arco	Muros verticales		
	<i>Super span</i>	Arco chapa	Muros laterales		

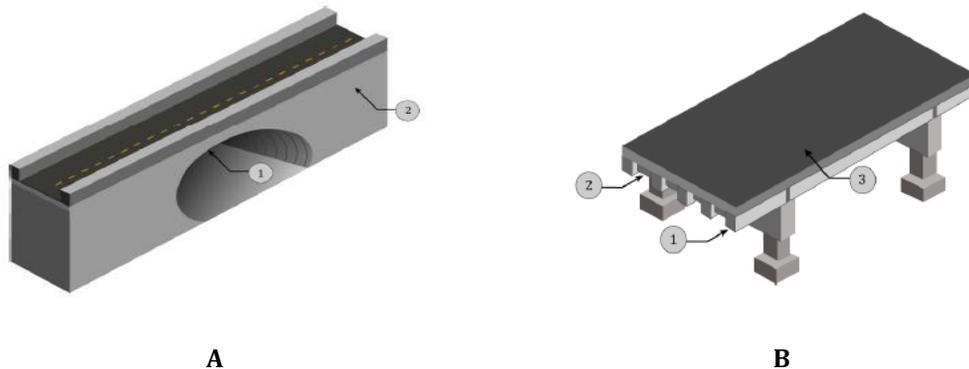


Imagen 4.14: Elementos en orden jerárquico de importancia según clasificación del MOP según tipo de puente (esquemas tomados de manual propuesto para inspecciones de puentes). A: Puente de tipo Súper span, B: Puente de vigas con tramos isostáticos.

Fuente: Propia.

Para emplear el formulario IECP propuesto, se identificó cada uno de los elementos con los que cuenta cada puente, independientemente si estos presentaban daños o no, señalándolo en la casilla “existencia del daño” del formulario propuesto tal como se muestra en la imagen 4.15, esto permite poder obtener una evaluación del estado de todos los elementos del puente además de poder identificar cuales elementos requieren atención por la presencia de daños y cuáles, al encontrarse en buen estado, no restan calificación en el proceso de evaluación del puente a través de la metodología propuesta, la cual se explicara posteriormente.

ESTRUCTURA			Exist. de elemento	ID DE DAÑO	ESTRUCTURAL	SEGURIDAD VIAL	ESTÉTICA	% ÁREA DAÑADA
SUPER ESTRUCTURA	ELEMENTOS ESTRUCTURALES	1 Elementos Principales	x	D-89	L	L	L	
		2 Elementos Secundarios	x					
		3 Elementos Terciarios						
		4 Elementos de 4to Nivel						
	ELEMENTOS FUNCIONALES	5 Superficie de Rodamiento						
		6 Defensas de Tráfico	x	D-81	C	C		
		7 Barandales	x					
		8 Bordillos y Aceras						
		9 Juntas	x					
		10 Drenajes						
		11 Señalamiento Horizontal						
		12 Luminarias						

Imagen 4.15: Formulario IECP: Demostración existencia del elemento.

Fuente: Propia.

Al determinar la existencia de cada uno de los elementos del puente según su tipología, se identificó de la misma manera en caso de que se encontraran, el tipo y cantidad de daños existentes, tarea que se facilitó, haciendo uso del catálogo de daños propuesto (anexo 5), con el cual se pudo verificar si el daño observado correspondía directamente con las características propias descritas en dicho catálogo.

En los diagramas de flujo de las imágenes 4.5 y 4.6, se muestra la metodología empleada o el orden lógico requerido para recolectar daños en una estructura de puente. El orden lógico indicado en dicho diagrama nos indica que el proceso sería: verificar la existencia del elemento, identificar la existencia de daño en el elemento, para lo cual, si no existiese daño, se prosigue a evaluar el siguiente elemento, de acuerdo con el orden propuesto, si por otro lado existiera el elemento pero este no presentara daño alguno, se registraría únicamente la existencia del mismo y se procede a evaluar el siguiente elemento.

Para poder complementar la identificación de los daños encontrados en los elementos durante la inspección, se procedió a obtener un registro fotográfico, esta práctica permite que personas que no han realizado directamente la inspección, al estudiar cada uno de los formularios pueda hacerse la idea del estado que presentaba el puente al momento de la inspección.

Al finalizar las actividades de inspección, se procedió a realizar una revisión general de la información recolectada, para verificar que todas las partes visibles del puente fueron inspeccionadas y que la documentación se encuentra completa y correctamente formulada. (Ver Anexo A-9).

4.1.2. Actividad de registro de datos de inspección.

Finalizadas las actividades de inspección, se procedió a generar la base de datos requerida para la calibración de las propuestas (Ver anexo A-10), con la información recolectada de los tres puentes inspeccionados tanto para datos de formularios de IBP como de IECP.

4.2. RESULTADOS DE LA INFORMACIÓN RECOLECTADA PARA LOS TRES PUENTES ESCOGIDOS DURANTE LA INSPECCIÓN A PARTIR DE LOS FORMULARIOS PROPUESTOS.

A continuación, se muestran los resultados de los datos obtenidos durante la inspección de campo de cada uno de los tres puentes escogidos para evaluación, para los cuales se identificaron tanto características generales como identificación y clasificación de daños para los elementos del puente, según el manual y catálogo de daños propuesto.

4.2.1. Puente Rio Grande

El Puente RIO GRANDE, construido aproximadamente en la década de los 60's, sobre el cauce del Rio Grande, en la zona central del país, Departamento de la Libertad, específicamente en la carretera CA-2W, comúnmente conocida como carretera Litoral, cuyas coordenadas en el sistema geográfico: 13°29'41.928"N y 89°22'35.22"O (imagen 4.15a y 4.15b), forma parte de la red primaria de carreteras de El Salvador, cuyo propietario y responsable de mantenimiento es el MOP; el cual

por su ubicación ha contribuido durante muchos años a agilizar el tránsito humano y comercial sobre la denominada carretera Litoral de El Salvador.

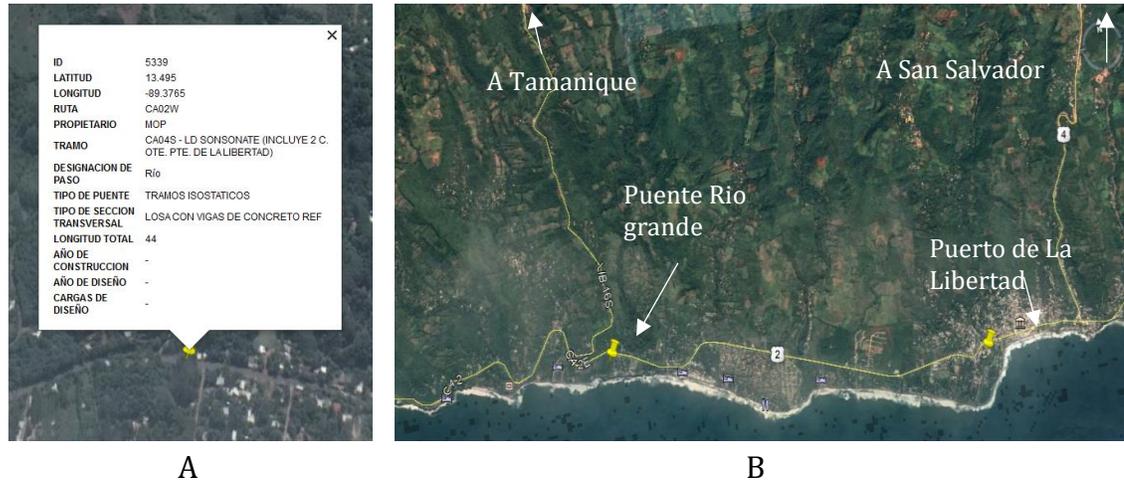


Imagen: 4.16: a- Descripción general del puente, b- Ubicación geográfica de puente Rio Grande, sobre el departamento de La Libertad

Fuente: Propia

Corresponde a un puente de vigas con tramos isostáticos en el que se identifican 3 tramos de 14.67m cada uno, otorgando una longitud total del puente de 44.0 m, su sección transversal consta de losa en toda su extensión con 5 vigas longitudinales y 3 vigas transversales todas de concreto reforzado y su desarrollo en planta se observa recto.

Posee barandales de concreto reforzado con una altura de 1.0 m y aceras de 0.6 m cada una en ambos lados de la calzada; la capa de rodamiento es asfáltica, y el drenaje del puente es por medio de tubos en la calzada misma. Posee 2 pilas de mampostería de piedra y aparente fundación directa (imagen 4.16 a), con apoyos no visibles y juntas abiertas sin elementos. Los estribos tanto el inicial como el final, son estribos de mampostería con aletones aguas arriba y aguas abajo paralelos al puente, los dispositivos de apoyo que se observan son de chapa de acero (imagen 4.16 b).

En los accesos tanto el inicial como el final los taludes a la izquierda y la derecha son de material natural al igual que el cono de derrame, el talud frontal de piedra no posee drenajes y las defensas en los accesos son de flex-beam, que solo se encuentran en el acceso inicial del puente, el tipo de juntas no es visible para estos elementos.



A



b

Imagen 4.17: A- Puente Rio grande con tramos de vigas de concreto y pilas de mampostería, B- Apoyos de chapa de acero existente.

Fuente: Propia.

4.2.1.1. Deficiencias encontradas durante la inspección

Durante la inspección visual realizada en campo (Septiembre 2018), se determinó la condición que presentaba el puente Rio Grande para estos elementos, se describen a continuación las deficiencias más notorias encontradas en su estructura con base al catálogo de daños propuesto (anexo A-5).

Daños en la capa de rodadura

Los daños en la capa de rodadura que se encontraban presentes al momento de realizar la inspección eran muy pocos y de poca magnitud, por lo tanto se puede considerar que este elemento se encuentra en buen estado. Los tipos de daños detectados fueron:

D-005 Desgaste superficial.

D-060 Suciedad.

Daños en drenajes, accesos, defensas y barandales de un puente.

Los daños detectados en esta sección de elementos del puente según la clasificación en el catálogo de daños, eran variables en cuanto a severidad por elemento; Las defensas de tráfico no existen en este puente, el drenaje superficial estaba en condición moderada de daño, ya que algunas de las tuberías de desagüe se encontraban tapadas por basura o con crecimiento de vegetación, mientras que en el elemento barandales, se encontraban los daños más graves ya que se considera que un 30% de estos se encontraban destruidos o eran ausentes probablemente por impactos de vehículos tal como se muestra en las imágenes 4.17 y 4.18.

Los daños detectados para esta sección de elementos son:

D-059 Crecimiento de Vegetación.
D-060 Suciedad.
D-061 Elementos faltantes

D-033 Corrosión de piezas de Acero de refuerzo en el Concreto.
D-040 Falta de Pintura.



Imagen 4.18: Elementos faltantes en barandales de puente.

Fuente: Propia



Imagen 4.19: Destrucción de barandales de puente.

Fuente: Propia

Daños en elementos de concreto.

Los daños encontrados en los elementos de concreto de este puente fueron muchos y con severidades muy grandes, por ejemplo, en la imagen 4.24 se muestra expuesto el acero de refuerzo longitudinal de las vigas principales del puente, en algunas secciones la corrosión en el acero está en niveles tan altos que las varillas de acero han disminuido el diámetro y en otras secciones esta disminución del diámetro es tal que ya casi no existe acero longitudinal en algunas varillas. También, durante la inspección se pudo detectar que la calidad de los materiales utilizados era baja o con muy poco control de la calidad y con un proceso de construcción deficiente, ya que existen muchas colmenas en los tableros de losa y las vigas longitudinales y transversales.

Los daños detectados en esta clasificación de elementos según el catálogo propuesto se muestran en el listado a continuación:

D-024 Fisuras y grietas de corte
D-025 Fisuras y grietas de flexión.

D-032 Recubrimiento inadecuado y Exposición del acero de refuerzo.

- D-027 Filtraciones.
- D-028 Eflorescencias
- D-029 Contaminación del concreto.
- D-030 Delaminación
- D-031 Desprendimiento de concreto.

- D-033 Corrosión de piezas de acero de refuerzo en el concreto.
- D-034 Colmenas.
- D-059 Crecimiento de vegetación.
- D-063 Deformación permanente.
- D-064 Vibración excesiva.

En las imágenes 4.19 - 4.24, se muestran algunas fotografías de los daños observados en los elementos de concreto del Puente.



Imagen 4.20: Asentamiento de vigas longitudinales en pilas y apoyos destruidos.



Imagen 4.21: presencia de humedad y eflorescencias en la losa.



Imagen 4.23: colmenas en vigas longitudinales.



Imagen 4.23: Grieta en viga de apoyo en pila.



Imagen 4.24: fisuras y desprendimiento de concreto en vigas transversales.



Imagen 4.25: desprendimiento de concreto, concreto manchado y corrosión de acero de refuerzo en vigas longitudinales

Daños en elementos de mampostería.

La presencia de daños en elementos de mampostería era pocos pero algunos eran graves, por ejemplo a un costado de un estribo del puente existe un árbol que por su tamaño se puede decir que lleva años sobre el estribo generando una sobrecarga y esfuerzos en el suelo de acceso al puente.

Los daños encontrados en el puente para esta sección de elementos son:

D-024 Fisuras y grietas de Corte.

D-059 Crecimiento de Vegetación.

D-057 Pérdidas de material.

D-060 Suciedad.

Daños en elementos de fundación del puente.

Los daños en las fundaciones de un puente, generalmente ocurren debido a la socavación cuando el puente se encuentra sobre un cauce, y en este caso, para este puente existe socavación en una de sus pilas y además existe pérdida de material de la fundación y desprendimiento de las rocas que conforman la zapata tal como se muestra en la imagen 4.25, esto, es el resultado de la acción erosiva del flujo de agua sobre el río que arranca y acarrea el material del fondo del lecho y de las bancadas laterales.

Los daños encontrados en la fundación de este puente son:

D-052 Socavación en la fundación.

D-057

Pérdidas de material.



Imagen 4.26: Presencia de socavación en fundación de pila y desprendimiento de material de zapata.

Fuente: Propia

Daños en juntas y apoyos de un puente.

Para este puente se observó que había piezas faltantes de juntas, la cual es una de las causas de las filtraciones detectadas en otros elementos y a su vez el crecimiento de vegetación en estas, al mismo tiempo, se detectaron obstrucciones en las juntas, resultado de las sobrecapas de superficie asfáltica como se observa en la imagen 4.26, comenzando a producir deformaciones y agrietamientos sobre la capa de rodadura.

Se encontró que las piezas metálicas del sistema de apoyos del puente estaban corroídas, posiblemente a causa de la cercanía con la costa.

De acuerdo con el catálogo, los daños encontrados son los siguientes:

D-015 Faltante o deformación de elemento de Junta.

D-016 Obstrucción en junta de dilatación.

D-017 Deformación en el apoyo.

D-036 Corrosión de piezas metálicas.

D-059 Crecimiento de Vegetación.

D-060 Suciedad.



Imagen 4.27: Deformación del elemento de junta

Fuente: Propia



Imagen 4.28: Obstrucción en juntas por sobre capas de asfalto

Fuente: Propia

4.2.2. Puente El Obraje

El Puente EL OBRAJE, ubicado en la zona central del país, Municipio de Rosario de Mora, Departamento de San Salvador, específicamente en la Ruta Nacional RN06S, en el tramo que va desde la entrada de Rosario de Mora hasta la carretera CA2E , cuyas coordenadas en el sistema geográfico son: 13°29'17.583"N y 89°11'40.309"E (imagen 4.28a y 4.28b), forma parte de la red secundaria de carreteras de El Salvador, cuyo propietario y responsable de mantenimiento es el MOP.

Corresponde a un puente de tipo arco de mampostería con tramo integral en el que se identifica un tramo de 8.00m en total, su sección transversal consta de losa en toda su extensión y su desarrollo en planta se observa esviado.

No posee barandales, en su lugar se identificaron dos bordillos a cada lado del puente con una altura de 0.5 m, no posee aceras, iluminación, ni señalización horizontal y vertical; la capa de rodamiento es asfáltica, y el drenaje del puente desde la calzada es inexistente. Los estribos tanto el inicial como el final, están hechos de mampostería de piedra con aletones aguas arriba y aguas abajo inclinados, los dispositivos de apoyo no existen.

En los accesos tanto el inicial como el final los taludes a la izquierda y la derecha son naturales y solo se encuentran en el acceso inicial del puente, el tipo de juntas no es visible.

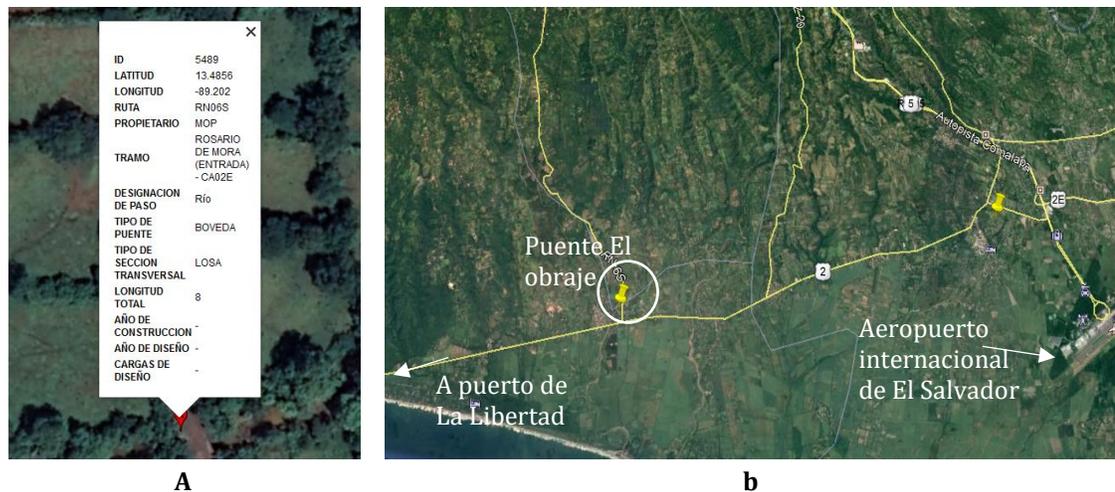


Imagen 4.29: a- Características generales del puente El Obraje, b- ubicación del puente.

Fuente: Propia

4.2.2.1. Deficiencias encontradas durante la inspección

Durante la inspección visual del puente, los daños encontrados en los elementos del se detallan en los siguientes listados, los cuales están ordenados y clasificados con base a la separación de elementos mostrados en el catálogo de daños propuesto (anexo A-5).

Cabe mencionar que para este puente el señalamiento horizontal, así como el vertical en los accesos y en el mismo puente, son inexistentes, lo que puede provocar inseguridad al usuario. Es de suma importancia la existencia y el buen estado de las

señalizaciones en los puentes, para que estas proporcionen la información suficiente al usuario acerca de la cercanía de estas estructuras, tipo de cargas y dimensiones dando cumplimiento a lo establecido en el Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito de la SIECA.

Daños en la capa de rodadura

Baches en el pavimento y parcheo además de presencia de suciedad y crecimiento de vegetación en la calzada misma (Ver imagen 4.29 para referencia).

De acuerdo con el catálogo, los daños encontrados son los siguientes:

D-007	Baches en el pavimento.	D-059	Crecimiento de Vegetación.
D-005	Desgaste superficial.	D-060	Suciedad.
D-006	Meteorización/ Desprendimiento de agregados.		



Imagen 4.30: baches, suciedad y crecimiento de vegetación en la capa de rodadura

Fuente: Propia

Daños en elementos de concreto.

Se identificó presencia de fisuras de Corte y filtraciones en elementos principales. En elementos secundarios existe vegetación que puede afectar el desempeño de estos.

De acuerdo con el catálogo, los daños encontrados son los siguientes:

D-024	Fisuras y grietas de Corte	D-028	Eflorescencias
D-025	Fisuras y grietas de Flexión.	D-029	Concreto manchado
D-027	Filtraciones.		

Daños en elementos de mampostería.

De acuerdo con el catálogo, los daños encontrados son los siguientes:

D-059	Crecimiento de Vegetación.	D-057	Pérdidas de material.
D-060	Suciedad.	D-068	Impactos.

Daños en elementos de fundación.

Para este puente al igual que el puente del río grande, también se detectó socavación en toda la extensión de un estribo ya que este se encuentra en toda la parte del muro inferior y de un aletón del mismo, tal como se muestra en las imágenes 4.30 y 4.31. Por lo tanto el único daño encontrado en este elemento es:

D-052 Socavación en la fundación.



Imagen 4.31: socavación en la fundación en muros interiores y aletones

Fuente: Propia



Imagen 4.32: socavación en la fundación en muros interiores y aletones.

Fuente: Propia

4.2.3. Puente Santa Bárbara

El Puente SANTA BÁRBARA, ubicado en la zona Paracentral del país, en el municipio de Olocuitla, Departamento de La Paz, específicamente sobre la Ruta Nacional RN05S comúnmente conocida como Autopista Comalapa, en el tramo que va desde la entrada de DV Olocuitla hasta DV La Libertad, cuyas coordenadas en el sistema geográfico son: 13°33'2.52"N y 89°6'56.052"O (imagen 4.32a y 4.32b), forma parte de la red especial de carreteras de El Salvador, cuyo propietario y responsable de mantenimiento es el MOP.

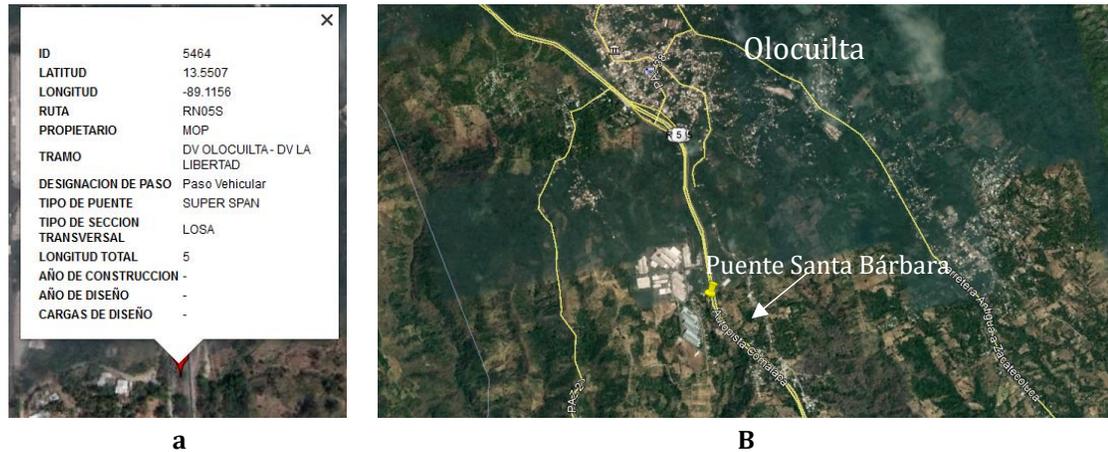


Imagen 4.33: a- Características generales del puente Santa Bárbara, b- Ubicación geográfica del puente.

Fuente: Propia

Corresponde a un puente del tipo Súper Span con tramo integral de 5.00m en total. Este puente no posee barandales, no posee aceras, la capa de rodamiento es de concreto y el drenaje del puente desde la calzada es una cuneta, posee defensas vehiculares en los accesos de tipo metálica Flex Beam. En los accesos tanto el inicial como el final los taludes a la izquierda y la derecha son naturales, al igual que el cono de derrame y el talud frontal, el tipo de juntas no es visible para estos elementos ya que es un puente integral.

4.2.3.1. Deficiencias encontradas durante la inspección

Durante la inspección visual realizada en campo (Septiembre 2018), se determinó la condición que presentaba el puente Santa Bárbara. Se describen a continuación, las deficiencias más notorias encontradas en su Estructura, en la imagen 4.33 se muestra una abolladura por impacto en el arco chapa del puente.

Los daños registrados en este puente son:

Daños en elementos metálicos de un puente.

- | | |
|--------------------------------------|----------------------------------|
| D-027 Filtraciones. | D-045 Pernos Flojos. |
| D-035 Oxidación de piezas metálicas. | D-047 Pernos faltantes. |
| D-036 Corrosión de piezas metálicas. | D-048 Remaches Faltantes. |
| D-043 Abolladura. | D-059 Crecimiento de Vegetación. |



Imagen 4.34: Abolladura en arco metálico.

Fuente: Propia

4.3. OBTENCIÓN DE CALIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA APLICANDO PROPUESTA DE MEJORA PARA EVALUACIÓN DE DAÑOS EN PUENTES.

En la sección 3.1 del capítulo III se describió la propuesta de mejora de evaluación de daños en los puentes, en esta se estableció la necesidad de incorporar la evaluación individual de cada daño presentado por cada uno de los elementos que componen el puente para poder determinar la calificación correspondiente de estos, con la fórmula mostrada a continuación:

$$D_i = \Sigma (CD_x \times SEV_y) \text{ (Ecuación 4.1)}$$

Dónde:

D_i : Calificación de un daño "i".

CD : Consecuencia del daño "x".

SEV : Severidad del daño "y", asignada por el inspector de campo.

Los valores numéricos que representan cada una de las severidades de daño y consecuencias del daño que se han tomado en cuenta para la ecuación 4.1, han sido detalladas y explicadas en la sección 3.1.2. del capítulo III, a continuación, se muestran dichos valores para ser utilizados en el cálculo:

Tabla 4.4 valores de severidad y consecuencia del daño para cálculo.

Severidad del daño		valor numérico	Consecuencia del daño		valor numérico
Leve	(L) 	0.20	Estructural	(E) 	3.00
Moderada	(M) 	0.80	Seguridad Vial	(S) 	2.00
Grave	(G) 	1.50	Estética	(ES) 	1.00
Critica	(C) 	1.67			

Además de la valoración numérica de severidad y consecuencia de daño se asigna la *valoración cualitativa* acorde a la valoración del daño que se obtiene como resultado de la ecuación 4.1, dicha valoración está establecida con los rangos presentados en la tabla 4.5 a. para elementos estructurales y 4.5 b. para elementos funcionales.

Tabla 4.5 a. Rangos de comparación para variable cualitativa de estado del elemento: Elementos estructurales.

Rangos de calificación		Estado del elemento
$x = 0.0$		MUY BUENO (cero daños).
$0.0 < x < 2.5$		BUENO
$2.5 < x < 5.0$		REGULAR
$5.0 < x < 7.5$		MALO
$7.5 < x < 10$		MUY MALO

Tabla 4.5 b. Rangos de comparación para variable cualitativa de estado del elemento: Elementos Funcionales.

Rangos de calificación		Estado del elemento
$x = 0.0$		MUY BUENO (cero daños).
$0.0 < x < 1.25$		BUENO
$1.25 < x < 2.5$		REGULAR
$2.5 < x < 3.75$		MALO
$3.75 < x < 5$		MUY MALO

Siendo así que el cálculo para determinar el estado de condición del elemento a través de esta valoración cualitativa, se realizó con el producto entre los valores numéricos de severidades de daño y consecuencia del daño, a partir de los datos de evaluación del puente obtenidos de las inspecciones visuales de los puentes RIO GRANDE, EL OBRAJE, y SANTA BARBARA.

A continuación, se muestra el procedimiento de cálculo requerido para obtener la calificación general del estado de condición de la estructura de un puente, haciendo uso para la ejemplificación del cálculo los datos de inspección del puente “EL OBRAJE”, para el cual, debido a que el procedimiento resulta repetitivo al involucrar todas las variables, únicamente se mostrara un ejemplo de cálculo para cada categoría de los elementos del puente hasta llegar a su resultado final.

4.3.1. Evaluación de estado de condición de la estructura puente El Obraje.

Inicialmente se realiza la evaluación individual de los daños encontrados en el elemento del puente que se está evaluando, para este caso se analizó el “ELEMENTO PRINCIPAL” del puente “EL OBRAJE” en el que se encontraron los daños D-24 y D-27 que de acuerdo al catálogo de daños propuesto (ver anexo A-5), los cuales corresponden a los daños de “FISURAS Y GRIETAS DE CORTE” y “FILTRACIONES” respectivamente.

Por lo que, en la columna “cálculo” de la tabla 4.6 se puede observar que según las valoraciones para severidades que se mostraron anteriormente en la tabla 4.5 a y 4.5 b, el procedimiento fue el siguiente:

- Para el daño 24, se obtuvieron las valoraciones para la condición estructural y estética, de las cuales se indicó la valoración de “M” para la condición “ESTRUCTURAL”, siendo que “M” equivale a 0.8 y “ESTRUCTURAL” a 3.0, el producto resultante para esta condición es de 2.4. Para la condición de estética se obtuvo una valoración de “M”, equivalente a 0.8 y “ESTETICA” 1.0, por lo que el producto resultante es de 0.8. Los resultados de estos productos son sumados para obtener la calificación del daño. Para el daño 27, se indicó la variable “G” equivale a 1.5 y para la condición “ESTETICA” la cual equivale a 1.0 el resultado de este producto se suma con la siguiente severidad del mismo daño, en la que “M” equivale 0.8 y “ESTRUCTURAL” a 3.0 dando como resultado de calificación de daño igual a 3.9 tal como se muestra en la columna cálculo y calificación del daño respectivamente, de la tabla 4.6. El procedimiento para la obtención de la calificación del daño 27 se realiza de la misma forma.
- Una vez obtenidas las calificaciones individuales para cada daño que está afectando al elemento sometido a evaluación, se procedió a escoger el máximo valor de calificación entre ellos, designando de esta manera que el

estado general del elemento quedara regido por la mayor calificación de daño existente en el mismo; por lo que en el ejemplo de la tabla 4.6 la mayor calificación de daño corresponde al daño número 27 con una calificación de 3.9, este resultado será comparado directamente con los rangos mostrados en la anterior tabla 4.5 a, por lo que, la calificación de 3.9 estaría dentro del rango que va de 2.5 a 5.00 y el cual corresponde a una variable cualitativa de “REGULAR” tal como se muestra en la tabla 4.6.

- Para el ejemplo mostrado en la tabla 4.6 se evaluó directamente un elemento estructural del puente para el cual los rangos de valores cualitativos de calificación corresponden a los mostrados en la tabla 4.5 a, si el caso fuera para la evaluación de un elemento funcional, los rangos de valores cualitativos de calificación corresponderían a los mostrados en la tabla 4.5 b respectivamente.
- Este procedimiento se realiza de igual forma para todos los daños que pertenezcan a los elementos del puente que se encuentren sometidos a evaluación.

Tabla 4.6 Ejemplo de cálculo para evaluación de daño en elementos estructurales

ELEMENTO	NRO DE DAÑO	ESTETICA	SEGURIDAD VIAL	ESTRUCTURAL	CÁLCULO	CALIFICACION DEL DAÑO	VALORACION CUALITATIVA DEL ESTADO DEL ELEMENTO
ELEMENTOS PRINCIPALES	24	M		M	$= (0.8 \times 1) + (0.8 \times 3)$	3.2	REGULAR
	27	G		M	$= (1.5 \times 1) + (0.8 \times 3)$	3.9	
	CALIFICACION DEL ELEMENTO					3.9	

Una vez obtenido el resultado de la valoración cualitativa de los estados de los elementos del puente tal como se mostró en la tabla 4.6, con esa valoración, se asigna la calificación que corresponde al estado del elemento basado en el cálculo difuso establecido por la consultoría MALSA-ITYAC, en la que se determina el rango de evaluación al que pertenece cada resultado de valoración cualitativo, estos van desde MUY BUENO hasta MUY MALO, tal como se observa en la imagen 4.34. Cada una de estas variables cualitativas posee semirrangos tanto inferior como superior, que

representan su misma traducción numérica los cuales son necesarios para realizar el cálculo difuso que permite obtener la calificación del puente. (Ver anexo A-7 para los valores de las variables cualitativas).

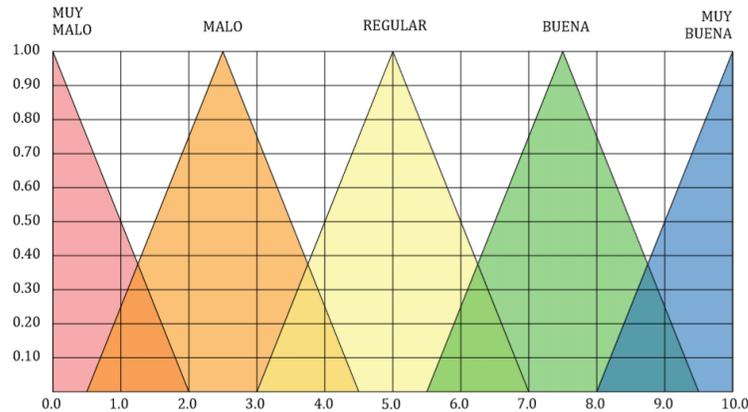


Imagen 4.35: Rangos de agrupación para evaluación de condición de daños.

Fuente: Propia

Es a partir de la variable cualitativa del estado del elemento del puente evaluado, en que el cálculo para la obtención del Índice de prioridad se unifica con el que realiza el programa SAP con el uso de la Lógica Difusa para su resultado.

Para el desarrollo del cálculo desde esta parte, es importante comprender que:

- La valoración cualitativa del estado del elemento que se muestra en el ejemplo de la tabla 4.7 a, surge a partir del cálculo mostrado en la tabla 4.6.
- Los semirango inferior y semirango superior que serán mostrados en el ejemplo de la tabla 4.7 a, pertenecen a los rangos establecidos por MALSA para cada traducción numérica de la valoración cualitativa del estado del elemento. (ver anexo A-7)
- El valor preferido de la importancia de la variable y el semirango de esta misma importancia, que se muestran en el ejemplo de la tabla 4.7 b corresponden a la traducción numérica de la importancia de la variable y la incertidumbre de este respectivamente. (ver anexo A-7)
- Para obtener el valor mínimo y el valor máximo, que se muestra en ambas tablas 4.7 a y 4.7 b, estos resultan de la suma y resta aritmética entre el valor preferido y los semirrangos inferior y superior respectivamente.

Todos los valores de valor preferido, semirrangos y de importancias para cada calificación y elemento utilizados en el cálculo que se ha descrito anteriormente, se encuentran en el árbol jerárquico propuesto en el anexo A-7.

Por lo que los valores mostrados en las tablas 4.7 a y 4.7 b, son la base para el desarrollo del cálculo de calificación del puente utilizando la metodología del programa SAP a partir de la Lógica Difusa.

Tabla 4.7 a : Ejemplo de variables calificadas

Variables del nivel precedente a promediar	Cálculo	Elemento evaluado
Valoración cualitativa	Resultado de evaluación de daño ver tabla 4.5	REGULAR
valor preferido de la valoración cualitativa	Valor predeterminado en árbol jerárquico del SAP	5.00
semirrango inferior	Valor predeterminado en árbol jerárquico del SAP	3.00
semirrango superior	Valor predeterminado en árbol jerárquico del SAP	3.00
valor mínimo	=valor preferido – semirrango inferior	2.00
valor máximo	= valor preferido + semirrango superior	8.00

Tabla 4.7 b: Ejemplo de Importancia de variables calificadas

Variables del nivel precedente a promediar	Cálculo	Elemento evaluado
valor preferido de la importancia de la variable	Valor predeterminado en árbol jerárquico del SAP	8.00
Semirrango	Valor predeterminado en árbol jerárquico del SAP	0.50
valor mínimo	= valor preferido – semirrango	7.50
valor máximo	= valor preferido + semirrango	8.50

La tabla 4.8 es un ejemplo del resultado de la evaluación de los elementos principales que poseen daños para la categoría de superestructura del puente EL OBRAJE, en esta se muestran los valores de las variables cualitativas que el cálculo de lógica difusa necesita para dar inicio y que se ha retomado del proceso de cálculo de la tabla 4.8 para determinar dichos valores.

Tabla 4.8 Resultados de evaluación de daños.

EVALUACION DE DAÑOS PUENTE: SUPERESTRUCTURA									
CATEGORIA	ELEMENTO	NRO DE DAÑO	ESTETICA	SEGURIDAD VIAL	ESTRUCTURAL	% ÁREA	CALIFICACION DEL DAÑO	VALORACION CUALITATIVA DEL ESTADO DEL ELEMENTO	
SUPERESTRUCTURA	ELEMENTOS PRINCIPALES	24	M		M		3.2	REGULAR	
		27	G		M		3.9		
		CALIFICACION DEL ELEMENTO							3.9
	ELEMENTOS SECUNDARIOS	59	L		M		2.6	REGULAR	
		CALIFICACION DEL ELEMENTO							2.6

Siguiendo el procedimiento, en la tabla 4.9 se muestran los valores resultados de la evaluación de daños con su respectiva valoración cualitativa para la categoría SUPERESTRUCTURA de la tabla 4.8, los cuales son necesarios para poder iniciar el cálculo del promedio ponderado difuso que relaciona las variables de “ELEMENTOS PRINCIPALES” Y “ELEMENTOS SECUNDARIOS” que presentaba con daños el puente “EL OBRAJE” y a partir de estos se determinó el valor de la calificación de dicha categoría.

Tabla 4.9 Valores requeridos para realizar el promedio ponderado difuso de la categoría superestructura.

Variable a calificar por el resultado del promedio ponderado difuso: SUPERESTRUCTURA				
Variables del nivel precedente a promediar	Elementos Principales	Elementos Secundarios	Elementos Terciarios	Elementos de 4to Nivel
Valoración cualitativa	REGULAR	REGULAR	0.00	0.00
valor preferido de la valoración cualitativa	5.00	5.00	0.00	0.00
semirango inferior	3.00	3.00	0.00	0.00
semirango superior	3.00	3.00	0.00	0.00
valor mínimo	2.00	2.00	0.00	0.00
valor máximo	8.00	8.00	0.00	0.00
Valor de IMPORTANCIA de cada una de las variables de nivel precedente				
valor preferido de la importancia de la variable	8.00	7.00	0.00	0.00
Semirango	0.50	1.00	0.00	0.00
valor mínimo	7.50	6.00	0.00	0.00
valor máximo	8.50	8.00	0.00	0.00

Para obtener el valor preferido del promedio ponderado difuso, son considerados los valores preferidos de las valoraciones cualitativas de cada una de las variables o elementos y los valores preferidos de las importancias asignadas, las cuales son mostradas en la tabla 4.9 para los elementos principales y secundarios de la superestructura; por lo que el resultado de este proceso se expresa en la tabla 4.10.

Tabla 4.10 Calculo de valor preferido del promedio ponderado para superestructura.

VALOR PREFERIDO DEL PROMEDIO PONDERADO DIFUSO		
OPERACIÓN	CALCULOS	RESULTADO
Σ (Valor preferido de valoración cualitativa x valor preferido de la Importancia de la variable)	$= (5 \times 8) + (5 \times 7)$	75
Σ de valor preferido de importancia de la variable	$= 8 + 7$	15.00
Valor preferido del promedio ponderado	$= 75 / 15$	5.00

Una vez se obtuvo el valor preferido ponderado difuso para la categoría SUPERESTRUCTURA, fue importante determinar los límites superior e inferior de este, para formar el triángulo difuso asimétrico que pertenece a esta categoría; por lo que para obtener los valores mínimos y máximos del promedio, se consideraron todas las combinaciones posibles que pueden existir entre los valores de importancias mínimas y máximas asignadas a las variables de los “ELEMENTOS PRINCIPALES” y “ELEMENTOS SECUNDARIOS” que fueron promediados y que se mostraron en la tabla 4.9. Por lo que los valores combinados fueron los que se muestran en la tabla 4.11 a y en la tabla 4.11 b en los que se muestran los valores máximos y mínimos del valor preferido de las variables evaluadas que servirán para relacionar los máximos y mínimos de valor preferido de cada variable con sus respectivos máximos y mínimos de importancia.

Tabla 4.11 a. Valores para combinar de importancias máximas y mínimas.

Valores para combinar	Importancia Elemento principal	Importancia elemento secundario
Mínimos	7.5	6.0
Máximos	8.5	8.0

Tabla 4.11 b. Valores máximos y mínimos del valor preferido de las variables.

Valores para combinar	Importancia Elemento principal	Importancia elemento secundario
Mínimos	2.0	2.0
Máximos	8.0	8.0

El resultado de todas las posibles combinaciones para los máximos y mínimos de las importancias de las variables "ELEMENTOS PRINCIALES" y "ELEMENTOS SECUNDARIOS" de la categoría "SUPERESTRUCTURA" del puente "EL OBRAJE", se describe en la columna "combinaciones" de la tabla 4.12, este procedimiento requiere que cada una de estas combinaciones sean sumadas para obtener un valor que luego es dividido con el resultado del producto entre cada uno de los valores máximos y mínimos del valor preferido de las variables, con los valores de las combinaciones entre máximos y mínimos de las importancias de las mismas variables; los resultados de este procedimiento se muestran en las tablas 4.13 a y 4.13 b.

Tabla 4.12 Combinaciones de valores máximos y mínimos de la importancia de la variable

COMBINACIONES		SUMA DE COMBINACIONES	RESULTADO SUMA DE COMBINACIONES
7.5	6	= 7.5 + 6	13.5
7.5	8	=7.5 + 8	15.5
8.5	6	=8.5 + 6	14.5
8.5	8	=8.5 +8	16.5

Tabla 4.13 a: Resultado de valor Mínimo del Mínimo

Producto entre valores mínimos y combinaciones	Cociente entre valores mínimos y combinaciones entre resultado suma de combinaciones	Resultado de valores mínimos
= (2 x 7.5) + (2 x 6) = 27	= 27 / 13.5	2.00
= (2 x 7.5) + (2 x 8) = 31	= 31 / 15.5	2.00
= (2 x 8.5) + (2 x 6) = 29	= 29 / 14.5	2.00
= (2 x 8.5) + (2 x 8) = 33	= 33 / 16.5	2.00
Resultado valor Mínimo- Mínimo		2.00

Tabla 4.13 b: Resultado de valor Máximo del Máximo

Producto entre valores máximos y combinaciones	Cociente entre valores máximos y combinaciones entre resultado suma de combinaciones	Resultado de valores máximos
= (8 x 7.5) + (8 x 6) = 108	= 108 / 13.5	8.00
= (8 x 7.5) + (8 x 8) = 124	= 124 / 15.5	8.00
= (8 x 8.5) + (8 x 6) = 116	= 116 / 14.5	8.00
= (8 x 8.5) + (8 x 8) = 132	= 132 / 16.5	8.00
Resultado valor Máximo - Máximo		8.00

Como resultado de la operación del promedio ponderado difuso, se obtiene el número triangular difuso asimétrico que se muestra en la tabla 4.14, en la cual se califica a la variable analizada a partir de las calificaciones de las variables del nivel

precedente para la categoría de “SUPERESTRUCTURA”, las cuales eran “ELEMENTOS PRINCIPALES” y “ELEMENTOS SECUNDARIOS” del puente “EL OBRAJE”.

Tabla 4.14. Resultado de número triangula difuso asimétrico para súper estructura.

Valor preferido del promedio ponderado	5.00
Semirrango inferior	3.00
Semirrango superior	3.00
MIN-MIN	2.00
MAX-MAX	8.00

El procedimiento descrito anteriormente es el requerido para obtener el número triangular difuso asimétrico que corresponde a la categoría “SUPERESTRUCTURA”, esta operación se repite de la misma forma, para cada uno de los elementos que componen las categorías de “SUBESTRUCTURA”, y “ELEMENTOS FUNCIONALES” del puente, utilizando las respectivas evaluaciones y rangos (mostrados en árbol propuesto, ver anexo A-7) de sus elementos, por lo que en los apartados siguientes se mostraran únicamente los resultados del cálculo directo para cada uno.

Una vez se obtienen el resultado para los números triangulares difusos asimétricos tanto de “SUPERESTRUCTURA” como de “SUBESTRUCTURA” se procede a realizar nuevamente entre ambos resultados un promedio ponderado difuso con el objetivo de poder obtener la calificación global del estado de condición de todos aquellos elementos evaluados que afectan estructuralmente el puente aplicando todos los procedimientos que se han mencionado anteriormente; estos resultados son mostrados en la tabla 4.15, 4.16, 4.17 y 4.18 respectivamente.

Tabla 4.15 valores requeridos para realizar el promedio ponderado difuso de la categoría elementos estructurales.

VARIABLES A CALIFICAR POR EL RESULTADO DEL PROMEDIO PONDERADO DIFUSO		
ELEMENTOS ESTRUCTURALES		
CATEGORÍAS EVALUADAS	SUPER ESTRUCTURA	SUB ESTRUCTURA
valor preferido	5.00	4.49
semirrango inferior	3.00	2.52
semirrango superior	3.00	2.05
valor mínimo	2.00	1.96
valor máximo	8.00	6.53
IMPORTANCIA		
valor preferido	7.00	9.00
semirrango	1.00	0.50
valor mínimo	6.00	8.50
valor máximo	8.00	9.50

Tabla 4.16 Cálculo de valor preferido del promedio ponderado para los elementos estructurales.

ELEMENTOS ESTRUCTURALES	
CALCULOS	
Σ (Valor x Importancia)	75.37
Σ de importancias	16.00
Valor preferido del promedio ponderado	4.71

Tabla 4.17 Valores máximos y mínimos de la importancia de la variable

COMBINACIONES		SUMA	PRODUCTO MIN	MIN	PRODUCTO MAX	MAX
6	8.5	14.5	28.68	1.98	103.55	7.14
6	9.5	15.5	30.64	1.98	110.08	7.10
8	8.5	16.5	32.68	1.98	119.55	7.25
8	9.5	17.5	34.64	1.98	126.08	7.20
			MIN-MIN	1.98	MAX-MAX	7.25

Tabla 4.18. Resultado de número triangular difuso asimétrico para elementos estructurales.

Valor preferido del promedio ponderado	4.71
Semirango inferior	2.73
Semirango superior	2.53
MIN-MIN	1.98
MAX-MAX	7.25

Asimismo se obtiene la calificación individual de la categoría ELEMENTOS FUNCIONALES del puente, utilizando el mismo método de cálculo para relacionar sus variables entre si y obtener el resultado.

Finalizado el cálculo de las categorías ELEMENTOS ESTRUCTURALES y ELEMENTOS FUNCIONALES DEL PUENTE, se procede a relacionar nuevamente sus variables entre sí con el mismo método de cálculo mencionado anteriormente para cada categoría y de esta forma obtener el resultado de la calificación general del estado de condición de la ESTRUCTURA del puente sometido a evaluación.

Tabla 4.19 Valores requeridos para realizar el promedio ponderado difuso de la categoría estructura.

VARIABLES PARA CALIFICAR POR EL RESULTADO DEL PROMEDIO PONDERADO DIFUSO		
ELEMENTOS ESTRUCTURALES		
CATEGORÍAS EVALUADAS	ESTRUCTURALES	FUNCIONALES
valor preferido	4.71	6.29
semirrango inferior	2.73	1.58
semirrango superior	2.53	2.49
valor mínimo	1.98	4.71
valor máximo	7.25	8.79
IMPORTANCIA		
valor preferido	9.00	6.00
semirrango	0.50	1.00
valor mínimo	8.50	5.00
valor máximo	9.50	7.00

Tabla 4.20 Calculo de valor preferido del promedio ponderado para estructura.

ELEMENTOS ESTRUCTURALES	
CALCULOS	
Σ (Valor x Importancia)	80.15
Σ de importancias	15.00
Valor preferido del promedio ponderado	5.34

Tabla 4.21 Valores máximos y mínimos de la importancia de la variable

COMBINACIONES		SUMA	PRODUCTO MIN	MIN	PRODUCTO MAX	MAX
8.5	5.0	13.5	40.34	2.99	105.52	7.82
8.5	7.0	15.5	49.76	3.21	123.09	7.94
9.5	5.0	14.5	42.32	2.92	112.76	7.78
9.5	7.0	16.5	51.73	3.14	130.34	7.90
			MIN-MIN	2.92	MAX-MAX	7.94

Tabla 4.22. Resultado de número triangular difuso asimétrico para estructura.

Valor preferido del promedio ponderado	5.34
Semirrango inferior	2.42
Semirrango superior	2.60
MIN-MIN	2.92
MAX-MAX	7.94

Para poder ver el resultado del proceso detallado de todas estas calificaciones de las variables evaluadas para el puente ejemplo “EL OBRAJE” refiérase al anexo A-10. A continuación se mostrarán los resultados finales de las evaluaciones realizadas a cada uno de los puentes escogidos para este trabajo de investigación.

4.4. RESULTADOS DE CALIFICACIONES

Finalizados los procesos de cálculo descritos en la sección anterior, para cada uno de los promedios ponderados difusos, cuyo objetivo es el de relacionar las variables evaluadas que corresponden a los elementos que presentan daños en el puente y de los cuales se obtuvo una calificación, obteniendo así un desglose de calificaciones en los que se describe la calificación individual tanto para la categoría “ELEMENTOS ESTRUCTURALES” como para la categoría “ELEMENTOS FUNCIONALES”, que constituyen el puente, asimismo, la calificación que relaciona ambas categorías en una calificación general para la “ESTRUCTURA” del puente, con la cual se forma el respectivo triangulo asimétrico difuso de resultados, necesario para dar respuesta a el tipo de mantenimiento que requiere el puente que se está evaluando.

A continuación se muestran los resultados de las calificaciones obtenidas para los tres puentes sujetos a prueba, que se mencionaron en la sección 4.0 de este mismo capítulo, los cuales corresponden a: el puente “RIO GRANDE”, puente “EL OBRAJE”, y puente “SANTA BARBARA”.

4.4.1. Puente Rio Grande

A partir del cálculo de promedios ponderados difusos que se realizaron con la metodología propuesta de evaluación, en la que se relacionaron las calificaciones de cada uno de los elementos que componen el puente “RIO GRANDE” (ver anexo A-10), se obtuvieron los resultados de los valores preferidos del promedio ponderado de las categorías “ELEMENTOS ESTRUCTURALES” y “ELEMENTOS FUNCIONALES” los cuales poseen calificaciones de 2.72 y 0.84 respectivamente, lo cual indica que el estado de los elementos estructurales se encuentran en peor estado que los funcionales.

Es importante recordar que según los lineamientos originales de la metodología de evaluación utilizada por el sistema GP con la lógica difusa, mientras la calificación se acerque más al valor de cero, esto indicara que el puente o elemento evaluado se encuentra más dañado y mientras más se aleje del cero en mejores condiciones se encontrará.

Bajo las mismas condiciones se obtuvo la calificación general de la categoría “ESTRUCTURA” del puente “RIO GRANDE” la cual resulta de la relación entre las calificaciones de los “ELEMENTOS ESTRUCTURALES” y los “ELEMENTOS FUNCIONALES” que se mencionaron anteriormente para este puente. En la tabla 4.19 se muestra el resultado del cálculo de la calificación del promedio ponderado difuso y de los valores máximos y mínimos de la “ESTRUCTURA” que dan forma al triangulo asimétrico difuso requerido para determinar el tipo de atención que necesita el puente sometido a evaluación.

Tablas 4.23 Resultados de calificaciones para puente RIO GRANDE

ESTRUCTURA	
Valor preferido del promedio ponderado	1.97
MIN-MIN	0.81
MAX-MAX	4.00

Por lo que, para obtener el resultado final del tipo de mantenimiento requerido de la “ESTRUCTURA” del puente “RIO GRANDE”, se procedió a graficar los valores de la tabla 4.19, superponiéndolos en la gráfica de rangos de agrupación para la evaluación de mantenimientos que utilizaba el sistema SAP para otorgar resultados de calificaciones, tal como se muestra en la imagen 4.35.



Imagen 4.35: Superposición de resultados en gráfico de rangos de agrupación de evaluación de mantenimientos.

Una vez se realizó dicha superposición de gráficos, se procedió a determinar la compatibilidad que el resultado del triangulo asimétrico difuso del puente “RIO GRANDE” tiene con respecto a los triángulos difusos a los que pertenece cada mantenimiento, tal como se mostro en la imagen 4.35; en donde cada código de color indica el tipo de mantenimiento posible que puede tener el puente sometido a evaluación, este código de color se muestra en la imagen 4.36.

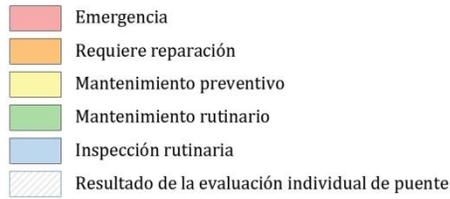


Imagen 4.36: Código de color para mantenimientos en gráfico de rangos de agrupación de evaluación de mantenimientos.

Es así que con los resultados graficados en la imagen 4.35, los datos de la tabla 4.19 y respetando el código de color de la imagen 4.36 para el puente “RIO GRANDE” se obtiene los valores porcentuales que presenta la imagen 4.37, en la que, el 2.44% del triángulo que pertenece a “MANTENIMIENTO PREVENTIVO” se encuentra dentro de los límites del triángulo asimétrico difuso resultante de la calificación de “ESTRUCTURA”, asimismo el 84.67% del triángulo que pertenece a “REQUIERE REPARACION” se encuentra dentro de los límites del triángulo asimétrico difuso resultante de la calificación de “ESTRUCTURA”, y que el 21.77% del triángulo que pertenece a “EMERGENCIA” se encuentra dentro de los límites del triángulo asimétrico difuso del resultado de la calificación de “ESTRUCTURA”.

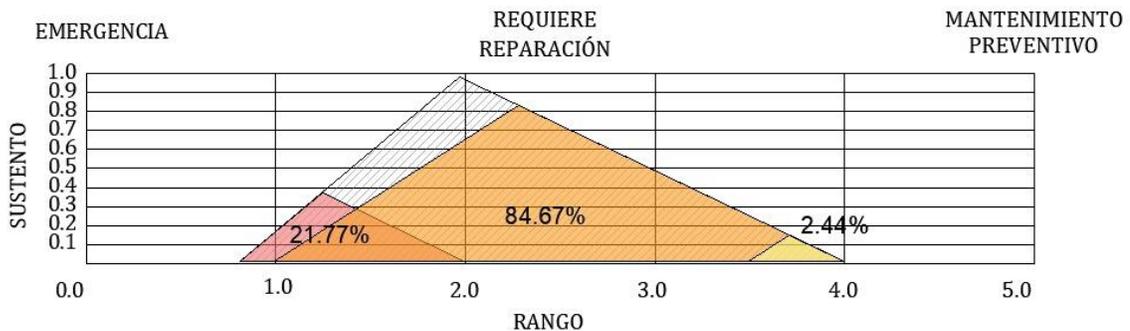


Imagen 4.37: Compatibilidad de resultado de triángulo asimétrico difuso con los triángulos difusos de rangos de mantenimientos.

Por lo que de acuerdo a los porcentajes descritos en la imagen 4.37, la calificación de “ESTRUCTURA” del puente “RIO GRANDE” es compatible con el mayor porcentaje presentado de 84.67%, lo que indica que el resultado de la atención que requiere el puente basado en el estado mismo de sus elementos es el de “REQUIERE REPARACION”. Sin embargo al analizar el resto de los porcentajes incluidos dentro de los límites del triángulo asimétrico difuso resultante de la calificación de “ESTRUCTURA” es de resaltar que se aprecia una tendencia hacia la condición de “EMERGENCIA”.

4.4.2. Puente El Obraje

A partir del cálculo de promedios ponderados difusos que se realizaron con la metodología propuesta de evaluación, en la que se relacionaron las calificaciones de cada uno de los elementos que componen el puente “EL OBRAJE” (ver anexo A-10), se obtuvieron los resultados de los valores preferidos del promedio ponderado de las categorías “ELEMENTOS ESTRUCTURALES” y “ELEMENTOS FUNCIONALES” los cuales poseen calificaciones de 4.71 y 6.29 respectivamente. Lo cual indica que el estado de los elementos funcionales se encuentra en mejor estado que los estructurales.

Es importante recordar que según los lineamientos originales de la metodología que utilizaba el sistema SAP con la lógica difusa para la evaluación de las calificaciones de los puentes, mientras la calificación se acerque más al valor de cero, esto indicará que el puente o elemento evaluado se encuentra más dañado y mientras más se aleje del cero en mejores condiciones se encontrará.

Bajo las mismas condiciones se obtuvo también la calificación general de la categoría “ESTRUCTURA” del puente “EL OBRAJE” la cual resulta de la relación entre las calificaciones de los “ELEMENTOS ESTRUCTURALES” y los “ELEMENTOS FUNCIONALES” que se mencionaron anteriormente para este puente; en la tabla 4.20 se muestra el resultado del cálculo de la calificación del promedio ponderado difuso y de los valores máximos y mínimos de la “ESTRUCTURA” que dan forma al triangulo asimétrico difuso requerido para determinar el tipo de atención que necesita el puente sometido a evaluación.

Tabla 4.24 resultados de calificaciones para puente EL OBRAJE

ESTRUCTURA	
Valor preferido del promedio ponderado	5.34
MIN-MIN	2.92
MAX-MAX	7.94

Por lo que para obtener el resultado final del tipo de mantenimiento que requería la “ESTRUCTURA” del puente “RIO GRANDE”, se procedió a graficar los valores de la tabla 4.20, superponiéndolos en la gráfica de rangos de agrupación para la evaluación de mantenimientos que utilizaba el sistema GP para otorgar resultados de calificaciones, tal como se muestra en la imagen 4.38.

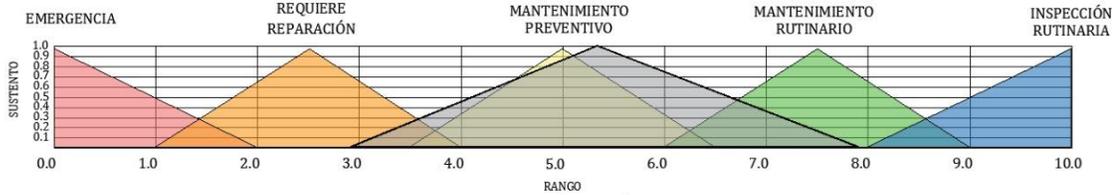


Imagen 4.38: Superposición de resultados en gráfico de rangos de agrupación de evaluación de mantenimientos.

Una vez se realizó dicha superposición de gráficos, se procedió a determinar la compatibilidad que el resultado del triángulo asimétrico difuso del puente “EL OBRAJE”, tiene con respecto a los triángulos difusos a los que pertenece cada mantenimiento tal como se mostró en la figura 4.38. En donde cada código de color indica el mantenimiento posible que puede tener el puente sometido a evaluación, este código de color se muestra en la figura 4.39.

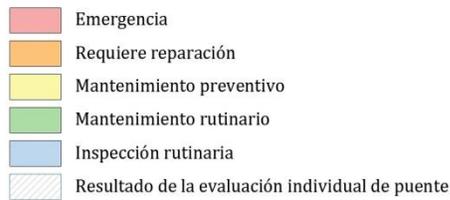


Imagen 4.37: Código de color para mantenimientos en gráfico de rangos de agrupación de evaluación de mantenimientos.

Es así que con los resultados graficados en la imagen 4.38, los datos de la tabla 4.45 y respetando el código de color de la imagen 4.39 para el puente “EL OBRAJE” se obtiene los valores porcentuales que presenta la imagen 4.38, en la que el 10.00% del triángulo que pertenece a “REQUIERE REPARACION” se encuentra dentro de los límites del triángulo asimétrico difuso del resultado de la calificación de “ESTRUCTURA”, asimismo el 97.52% del triángulo que pertenece a “MANTENIMIENTO PREVENTIVO” se encuentra dentro de los límites del triángulo asimétrico difuso del resultado de la calificación de “ESTRUCTURA”, y que el 30.3% del triángulo que pertenece a “MANTENIMIENTO RUTINARIO” se encuentra dentro de los límites del triángulo asimétrico difuso del resultado de la calificación de “ESTRUCTURA”.

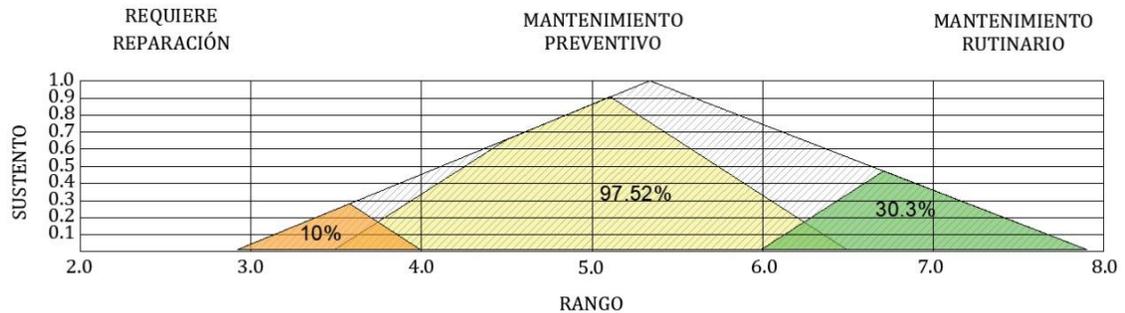


Imagen 4.40: Compatibilidad de resultado de triángulo asimétrico difuso con los triángulos difusos de rangos de mantenimientos.

Por lo que acuerdo con los porcentajes descritos en la imagen 4.40, la calificación de “ESTRUCTURA” del puente “EL OBRAJE” es compatible con el mayor porcentaje presentado de 97.52%, lo que indica que el resultado de la atención que requiere el puente basado en el estado mismo de sus elementos es el de “MANTENIMIENTO PREVENTIVO”.

4.4.3. Puente Santa Bárbara

A partir del cálculo de promedios ponderados difusos que se realizaron con la metodología propuesta de evaluación, en la que se relacionaron las calificaciones de cada uno de los elementos que componen el puente “SANTA BARBARA” (ver anexo A-10), se obtuvieron los resultados de los valores preferidos del promedio ponderado de las categorías “ELEMENTOS ESTRUCTURALES” y “ELEMENTOS FUNCIONALES” los cuales poseen calificaciones de 8.00 y 8.65 respectivamente. Lo cual indica que el estado de los elementos funcionales se encuentra en mejor estado que los estructurales.

Es importante recordar que según los lineamientos originales de la metodología que utilizaba el sistema SAP con la lógica difusa para la evaluación de las calificaciones de los puentes, mientras la calificación se acerque más al valor de cero, esto indicará que el puente o elemento evaluado se encuentra más dañado y mientras más se aleje del cero en mejores condiciones se encontrará.

Bajo las mismas condiciones se obtuvo también la calificación general de la categoría “ESTRUCTURA” del puente “SANTA BARBARA” la cual resulta de la relación entre las calificaciones de los “ELEMENTOS ESTRUCTURALES” y los “ELEMENTOS FUNCIONALES” que se mencionaron anteriormente para este puente; en la tabla 4.21 se muestra el resultado del cálculo de la calificación del promedio ponderado

difuso y de los valores máximos y mínimos de la “ESTRUCTURA” que dan forma al triángulo asimétrico difuso requerido para determinar el tipo de atención que necesita el puente sometido a evaluación.

Tablas 4.25 resultados de calificaciones para puente SANTA BARBARA

ESTRUCTURA	
Valor preferido del promedio ponderado	8.26
MIN-MIN	5.57
MAX-MAX	10.0

Por lo que para obtener el resultado final del tipo de mantenimiento que requería la “ESTRUCTURA” del puente “RIO GRANDE”, se procedió a graficar los valores de la tabla 4.21, superponiéndolos en la gráfica de rangos de agrupación para la evaluación de mantenimientos que utilizaba el sistema SAP para otorgar resultados de calificaciones, tal como se muestra en la imagen 4.41.



Imagen 4.41: Superposición de resultados en gráfico de rangos de agrupación de evaluación de mantenimientos.

Una vez se realizó dicha superposición de gráficos, se procedió a determinar la compatibilidad que el resultado del triángulo asimétrico difuso del puente “SANTA BARBARA”, tiene con respecto a los triángulos difusos a los que pertenece cada mantenimiento tal como se muestra en la imagen 4.41. En donde cada código de color indica el mantenimiento posible que puede tener el puente sometido a evaluación, este código de color se muestra en la imagen 4.42.

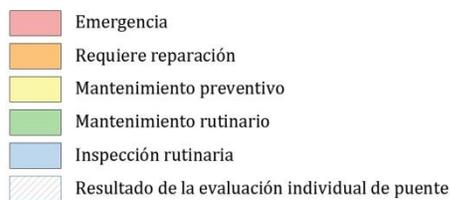


Imagen 4.42: Código de color para mantenimientos en gráfico de rangos de agrupación de evaluación de mantenimientos.

Es así que con los resultados graficados en la imagen 4.41, los datos de la tabla 4.46 y respetando el código de color de la imagen 4.42 para el puente "SANTA BARBARA" se obtiene los valores porcentuales que presenta la imagen 4.41, en la que el 6.00% del triángulo que pertenece a "MANTENIMIENTO PREVENTIVO" se encuentra dentro de los límites del triángulo asimétrico difuso del resultado de la calificación de "ESTRUCTURA", asimismo el 89.04% del triángulo que pertenece a "MANTENIMIENTO RUTINARIO" se encuentra dentro de los límites del triángulo asimétrico difuso del resultado de la calificación de "ESTRUCTURA", y que el 53.73% del triángulo que pertenece a "INSPECCIÓN RUTINARIA" se encuentra dentro de los límites del triángulo asimétrico difuso del resultado de la calificación de "ESTRUCTURA".

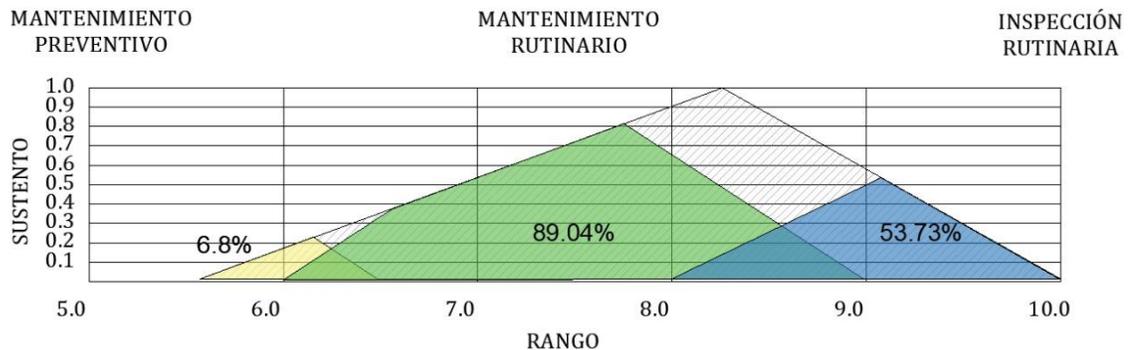


Imagen 4.43: Compatibilidad de resultado de triángulo asimétrico difuso con los triángulos difusos de rangos de mantenimientos.

Por lo que según los porcentajes descritos en la imagen 4.43, la calificación de "ESTRUCTURA" del puente "SANTA BARBARA" es compatible con el mayor porcentaje presentado de 89.04%, lo que indica que el resultado de la atención que requiere el puente basado en el estado mismo de sus elementos es el de "MANTENIMIENTO RUTINARIO".

Con base a los resultados obtenidos en la metodología y a lo observado en campo durante las inspecciones, se determina que la metodología da resultados aceptables con las calificaciones de condición del puente.

4.5. EJEMPLO DE APLICACIÓN DE COSTOS PARA PUENTE EL OBRAJE.

Con base a lo descrito en las propuestas para cálculo de costo para el mantenimiento de puentes descrito en la sección 3.1.5. del capítulo III, se hace uso de las fórmulas que se describen a continuación:

$$CA = \Sigma (S \times \%Área \times CU) \quad \text{Ecuación 4.2}$$

Donde:

- CA: Costo aproximado de reparación o mantenimiento por elemento.
%Área: Porcentaje de área dañada en el elemento considerada por el inspector de campo.
S: Severidad de mayor rango asignada en el daño.
CU: Costo unitario de reparación por tipo de daño.

Para determinar el costo total aproximado para la reparación o mantenimiento de un puente a partir de los daños encontrados en sus elementos, vienen dados por la siguiente formula:

$$CT = \Sigma (CA) \quad \text{Ecuación 4.3}$$

Dónde:

- CT: Costo total de reparación de un puente.

De cual se obtuvo como resultado de costos de intervención para mantenimiento preventivo en el puente El Obraje \$44,399.83. El resultado obtenido es solo un costo que sirve como parámetro para ejemplificar la metodología aplicada para esta propuesta.

A continuación, se presenta la tabla de resultados del cálculo de estimación de costos, en la tabla 4.22 se muestra la estimación para el puente RIO GRANDE, en la tabla 4.23, se muestra la estimación para el puente EL OBRAJE y finalmente en la tabla 4.24, se muestra la estimación para el puente SANTA BARBARA.

Tabla 4.22 Estimación de costos Puentes Río Grande

CATEGORÍA	ELEMENTO	ID DEL DAÑO	DAÑO	MAYOR SEVERIDAD	AFECCIÓN	REPARACIONES TÍPICAS	UNIDAD BÁSICA	COSTO UNITARIO POR U.B.	% DE DAÑO	ÁREA DEL ELEMENTO O CANTIDAD	SUBTOTAL (\$)	TOTAL (\$)	
ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LA SUPERESTRUCTURA	ELEMENTOS PRINCIPALES	D-24	Figuras y grietas de Corte	M	LEVE MODERADA GRAVE CRÍTICA	Nada Inyección con resina epóxica Inyección con resina epóxica	m m m	\$ - 50,00 -	- 30,00 -		\$1,500.00		
		D-25	Figuras y grietas de Flexión	M	LEVE MODERADA GRAVE CRÍTICA	Nada Inyección con resina epóxica Inyección con resina epóxica	m m m	\$ - 50,00 -	- 30,00 -		\$0.00		
		D-28	Eflorescencias	M	LEVE MODERADA GRAVE CRÍTICA	Limpieza Limpieza Pruebas al concreto Pruebas al concreto	m2 m2 m2 m2	\$ - 25,00 -	- 0,40 -	0,40	70,76	\$10.00	
		D-29	Contaminación del Concreto	G	LEVE MODERADA GRAVE CRÍTICA	Limpieza Limpieza Pruebas al concreto Pruebas al concreto	m2 m2 m2 m2	\$ - -	- -	0,40	70,76	\$28,305.00	
		D-30	Delaminación	G	LEVE MODERADA GRAVE CRÍTICA	Nada Resane Resane Evaluación del concreto	m2 m2 m2 m2	\$ - -	- -	15,00	70,76	\$750.00	
		D-31	Desprendimiento del Concreto	C	LEVE MODERADA GRAVE CRÍTICA	Nada Resane Resane Evaluación del concreto	m m m m	\$ - -	- -	101,00	70,76	\$14,294,025.00	
		D-33	Corrosión de piezas de acero de refuerzo en el concreto	C	LEVE MODERADA GRAVE CRÍTICA	Resane Resane Evaluación del estado del acero Evaluación del estado del acero	m2 m2 m2 m2	\$ - -	- -	0,30	70,76	\$300.00	
		D-34	Colmenas	C	LEVE MODERADA GRAVE CRÍTICA	Resane Resane Resane Resane	m3 m3 m3 m3	\$ - -	- -	0,15	70,76	\$8,491.50	
		D-63	Deformación permanente	G	LEVE MODERADA GRAVE CRÍTICA	Evaluación estructural	s.f. s.f. s.f. s.f.	\$ - -	- -	1,00	70,76	\$5,000.00	
		D-64	Vibración Excesiva	G	LEVE MODERADA GRAVE CRÍTICA	Evaluación estructural	s.f. s.f. s.f. s.f.	\$ - -	- -	1,00	70,76	\$353,812.50	
		D-31	Desprendimiento del Concreto	M	LEVE MODERADA GRAVE CRÍTICA	Nada Resane Resane	m2 m2 m2	\$ - -	- -	0,10	4,63	\$370.14	
		D-32	Recubrimiento inadecuado y Exposición del acero de refuerzo	G	LEVE MODERADA GRAVE CRÍTICA	Nada Resane Resane Resane	m2 m2 m2 m2	\$ - -	- -	0,10	4,63	\$55.52	
		D-34	Colmenas	M	LEVE MODERADA GRAVE CRÍTICA	Resane Resane Resane	m3 m3 m3	\$ - -	- -	0,20	4,63	\$740.28	
		D-27	Filtraciones	G	LEVE MODERADA GRAVE CRÍTICA	Inspección a detalle para verificar la filtración	s.f. s.f. s.f. s.f.	\$ - -	- -	0,60	304,64	\$18,278.40	
		D-28	Eflorescencias	M	LEVE MODERADA GRAVE CRÍTICA	Limpieza Limpieza Pruebas al concreto Pruebas al concreto	m2 m2 m2 m2	\$ - -	- -	0,45	304,64	\$3,427.20	

SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE PUENTES: ANÁLISIS DE SISTEMA EXISTENTE Y PROPUESTA DE MEJORA.
 Capítulo III: Propuesta de mejora para registro y evaluación de daños en puentes.

CATEGORÍA	ELEMENTO	ID DEL DAÑO	DAÑO	MAYOR SEVERIDAD	AFECTACIÓN	REPARACIONES TÍPICAS	UNIDAD BÁSICA	COSTO UNITARIO POR I.R.	% DE DAÑO	ÁREA DEL ELEMENTO Y/O CANTIDAD	SUBTOTAL (\$)	TOTAL (\$)			
ELEMENTOS TERCARIOS	D-30	Delaminación	LEVE		Nada	m2	\$	-	-						
			MODERADA		Resane	m2	\$	-	-						
			GRAVE	C	Resane	m2	\$	-	-	0.20	304.64	\$3,046.40			
			CRÍTICA		Evaluación del concreto	m2	\$	50.00	-	-					
			LEVE		Nada	m2	\$	-	-	-					
			MODERADA		Resane	m2	\$	-	-	-					
			GRAVE	G	Resane	m2	\$	50.00	-	-	0.15	304.64	\$2,284.80		
			CRÍTICA		Evaluación del concreto	m2	\$	-	-	-					
			LEVE		Nada	m2	\$	-	-	-	0.15	304.64	\$5,483.52		
			MODERADA		Resane	m2	\$	120.00	-	-	-				
ELEMENTOS TERCARIOS	D-33	Corrosión de piezas de acero de refuerzo en el concreto	LEVE		Resane	m2	\$	60.00	-	-					
			MODERADA		Evaluación del estado del acero	m2	\$	-	-	-					
			GRAVE	M	Evaluación del estado del acero	m2	\$	-	-	0.15	304.64	\$2,741.76			
			CRÍTICA		Evaluación del estado del acero	m2	\$	-	-	-					
			LEVE		Resane	m3	\$	-	-	-					
			MODERADA		Resane	m3	\$	-	-	-					
			GRAVE	G	Resane	m3	\$	800.00	-	-	0.50	304.64	\$121,856.00		
			CRÍTICA		Resane	m3	\$	-	-	-					
			LEVE		Evaluación estructural	s.f.	\$	-	-	-	1.00	304.64	\$1,533,200.00		
			MODERADA		Evaluación estructural	s.f.	\$	-	-	-	-				
SUPERFICIE DE RODADURA	D-05	Desgaste superficial	LEVE		Nada	m2	\$	-	-	-					
			MODERADA		Resado y sobrecarpeta	m2	\$	-	-	0.10	304.64	\$0.00			
			GRAVE	M	Resado y sobrecarpeta	m2	\$	-	-	-					
			CRÍTICA		Resado y sobrecarpeta	m2	\$	-	-	-					
			LEVE		Limpieza	m3	\$	-	-	-					
			MODERADA		Limpieza	m3	\$	15.00	-	-	0.20	304.64	\$913.92		
			GRAVE	M	Limpieza	m3	\$	-	-	-	-				
			CRÍTICA		Limpieza	m3	\$	-	-	-	-				
			LEVE		Reposición de elementos	m	\$	-	-	-	0.32	32.00	\$1,228.80		
			MODERADA		Reposición de elementos	m	\$	-	-	-	-				
DEFENSAS DE TRANSITO	D-33	Corrosión de piezas de acero de refuerzo en el concreto	LEVE		Resane	m2	\$	-	-	-					
			MODERADA		Resane	m2	\$	-	-	-					
			GRAVE	C	Evaluación del estado del acero	m2	\$	-	-	0.10	64.00	\$197.00			
			CRÍTICA		Evaluación del estado del acero	m2	\$	30.00	-	-	-				
			LEVE		Nada	m	\$	-	-	-	-				
			MODERADA		Aplicación de pintura	m	\$	-	-	-	1.00	64.00	\$1,920.00		
			GRAVE	G	Aplicación de pintura	m	\$	30.00	-	-	-				
			CRÍTICA		Aplicación de pintura	m	\$	-	-	-	-				
			LEVE		Reposición de elementos	m	\$	-	-	-	-				
			MODERADA		Reposición de elementos	m	\$	-	-	-	-				
BARANDALES	D-61	Elementos Fallantes	LEVE		Reposición de elementos	m	\$	-	-	-					
			MODERADA		Reposición de elementos	m	\$	-	-	-					
			GRAVE	C	Reposición de elementos	m	\$	-	-	0.15	64.00	\$1,152.00			
			CRÍTICA		Reposición de elementos	m	\$	120.00	-	-	-				
			LEVE		Reposición de elementos	m2	\$	-	-	-	-				
			MODERADA		Reposición de elementos	m2	\$	-	-	-	-				
			GRAVE	G	Reposición de elementos	m2	\$	120.00	-	-	0.35	64.00	\$2,688.00		
			CRÍTICA		Reposición de elementos	m2	\$	-	-	-	-				
			LEVE		Eliminación de malezas por crecimiento de vegetación	m3	\$	-	-	-	-				
			MODERADA		Eliminación de malezas por crecimiento de vegetación	m3	\$	-	-	-	-				
BORDILLOS Y ACERAS	D-59	Crecimiento de Vegetación	LEVE		Eliminación de malezas por crecimiento de vegetación	m3	\$	-	-	-					
			MODERADA		Eliminación de malezas por crecimiento de vegetación	m3	\$	-	-	0.05	64.00	\$32.00			
			GRAVE	G	Eliminación de malezas por crecimiento de vegetación	m3	\$	10.00	-	-	-				
			CRÍTICA		Eliminación de malezas por crecimiento de vegetación	m3	\$	-	-	-	-				
LEVE		Limpieza	m3	\$	-	-	-	-							
\$ 16,571,577.11															

SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE PUENTES: ANÁLISIS DE SISTEMA EXISTENTE Y PROPUESTA DE MEJORA.
 Capítulo III: Propuesta de mejora para registro y evaluación de daños en puentes.

CATEGORIA	ELEMENTO	ID DEL DAÑO	DAÑO	MAYOR SEVERIDAD	APECTACIÓN	REPARACIONES TÍPICAS	UNIDAD BÁSICA	CUANTIFICACION POR U.B.	% DE DAÑO	AREA DEL ELEMENTO Y/O CANTIDAD	SUBTOTAL (\$)	TOTAL (\$)
ELEMENTOS FUNCIONALES DE LA SUPERESTRUCTURA	JUNTAS	D-60	Suciedad	C	MODERADA GRAVE CRITICA	Limpieza Limpieza Limpieza	m3 m3 m3	\$ \$ \$ 30.00	0.10	64.00	\$192.00	
		D-15	Fallante o deformación de elemento de junta	C	MODERADA GRAVE CRITICA	Nada Sustitución de junta Sustitución de junta	m m m	\$ \$ \$ 40.00	1.00	10.00	\$400.00	
		D-16	Obstrucción en junta de dilatación	C	MODERADA GRAVE CRITICA	Limpieza Limpieza Limpieza	m m m	\$ \$ \$ 15.00	1.00	10.00	\$150.00	
		D-27	Filtraciones	M	LEVE MODERADA GRAVE CRITICA	Inspección a detalle para verificar la filtración	m2 m2 m2	\$ \$ 100.00 \$	0.00	10.00	\$0.00	
		D-59	Crecimiento de Vegetación	G	LEVE MODERADA GRAVE CRITICA	Eliminación de malezas por crecimiento de vegetación Eliminación de malezas por crecimiento de vegetación Eliminación de malezas por crecimiento de vegetación Eliminación de malezas por crecimiento de vegetación	m3 m3 m3 m3	\$ \$ \$ 10.00 \$	0.25	10.00	\$25.00	
		D-59	Crecimiento de Vegetación	C	MODERADA GRAVE CRITICA	Eliminación de malezas por crecimiento de vegetación Eliminación de malezas por crecimiento de vegetación Eliminación de malezas por crecimiento de vegetación	m3 m3 m3	\$ \$ \$ 10.00	0.10	10.00	\$10.00	
	DRENAJES	D-60	Suciedad	M	MODERADA GRAVE CRITICA	Limpieza Limpieza Limpieza	m3 m3 m3	\$ \$ 30.00 \$	0.10	10.00	\$30.00	
		D-13	Señales ilegibles	C	MODERADA GRAVE CRITICA	Nada Limpieza Señalización nueva	U U U	\$ \$ \$ 7.00	0.96	88.00	\$591.36	
		D-61	Elementos Fallantes	C	LEVE MODERADA GRAVE CRITICA	Reposición de elementos Reposición de elementos Reposición de elementos Reposición de elementos	m m m m	\$ \$ \$ \$ 250.00	0.02	2.00	\$10.00	
	APARATO DE APOYO (APOTOS)	D-17	Deformación en el apoyo	C	MODERADA GRAVE CRITICA	Nada Nada Sustitución	U U U	\$ \$ \$ 200.00	1.00	20.00	\$4,000.00	
		D-36	Corrosión de piezas metálicas	G	MODERADA GRAVE CRITICA	Limpieza y pintura Limpieza y pintura Limpieza y pintura	m m m	\$ \$ 25.00 \$	1.00	20.00	\$500.00	
		D-60	Suciedad	G	MODERADA GRAVE CRITICA	Limpieza Limpieza Limpieza	m3 m3 m3	\$ \$ 30.00 \$	1.00	20.00	\$600.00	
D-25		Fisuras y grietas de Flexión	L	LEVE MODERADA GRAVE CRITICA	Nada Nada Inyección con resina epóxica Inyección con resina epóxica	m m m m	\$ \$ \$ \$	5.00	20.00	\$0.00		
D-29		Contaminación del concreto	M	MODERADA GRAVE	Limpieza Limpieza en el concreto	m2 m2	\$ 25.00 \$	0.70	20.00	\$360.00		

SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE PUENTES: ANÁLISIS DE SISTEMA EXISTENTE Y PROPUESTA DE MEJORA.
 Capítulo III: Propuesta de mejora para registro y evaluación de daños en puentes.

CATEGORIA	ELEMENTO	ID DEL DAÑO	DAÑO	MAYOR SEVERIDAD	AFECTACIÓN	REPARACIONES TÍPICAS	UNIDAD BÁSICA	COSTO UNITARIO POR U.B.	% DE DAÑO	ÁREA DEL ELEMENTO Y/O CANTIDAD	SUBTOTAL (\$)	TOTAL (\$)	
ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LA SUBESTRUCTURA	MURDOS (PILAS)	D-30	Delaminación	M	CRÍTICA	Pruebas en el concreto	m2	\$ -	-	-	-	-	
					LEVE	Nada	m2	\$ -	-	-	-	-	-
					MODERADA	Resane	m2	\$ 60.00	0.05	20.00	\$60.00		
		GRAVE	Resane	m2	\$ -	-	-	-	-	-			
		CRÍTICA	Evaluación del concreto	m2	\$ -	-	-	-	-	-	-		
		D-24	Fisuras y grietas de Corte	L	LEVE	Nada	m	\$ -	-	-	-	-	-
	MODERADA	Nada	m	\$ -	-	-	-	-	-	-	-		
	GRAVE	Inyección con resina epoxi	m	\$ -	-	-	-	-	-	-	-	-	
	CRÍTICA	Inyección con resina epoxi	m	\$ -	-	-	-	-	-	-	-	-	
	D-57	Pérdida de Material	M	LEVE	Reposición de recubrimiento saltado	m2	\$ -	-	-	-	-	-	-
	MODERADA	Reposición de recubrimiento saltado	m2	\$ 60.00	0.05	32.62	\$97.86						
	GRAVE	Reconstrucción	m2	\$ -	-	-	-	-	-	-	-	-	
CRÍTICA	Reconstrucción	m2	\$ -	-	-	-	-	-	-	-	-		
D-60	Suciedad	M	LEVE	Limpieza	m3	\$ -	-	-	-	-	-	-	
MODERADA	Limpieza	m3	\$ 30.00	0.50	20.00	\$300.00							
GRAVE	Limpieza	m3	\$ -	-	-	-	-	-	-	-	-		
CRÍTICA	Limpieza	m3	\$ -	-	-	-	-	-	-	-	-		
D-59	Crecimiento de Vegetación	C	LEVE	Eliminación de malezas por crecimiento de vegetación	m3	\$ -	-	-	-	-	-	-	
MODERADA	Eliminación de malezas por crecimiento de vegetación	m3	\$ -	-	-	-	-	-	-	-	-		
GRAVE	Eliminación de malezas por crecimiento de vegetación	m3	\$ -	-	-	-	-	-	0.25	80.06	\$200.16		
CRÍTICA	Eliminación de malezas por crecimiento de vegetación	m3	\$ 10.00	-	-	-	-	-	-	-	-		
D-52	Socavación en la fundación	G	LEVE	Nada	m2	\$ -	-	-	-	-	-	-	
MODERADA	Reposición de fundación de revestimiento	m2	\$ -	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
GRAVE	socavado	m2	\$ -	-	-	-	-	-	0.50	72.00	\$180,000.00		
CRÍTICA	Evaluación estructural	m2	\$ 5,000.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
D-57	Pérdida de Material	M	LEVE	Reposición de recubrimiento saltado	m2	\$ -	-	-	-	-	-	-	
MODERADA	Reposición de recubrimiento saltado	m2	\$ 60.00	0.10	72.00	\$432.00							
GRAVE	Reconstrucción	m2	\$ -	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
CRÍTICA	Reconstrucción	m2	\$ -	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
D-061	Elementos Filantes	C	LEVE	Reposición de elementos	m	\$ -	-	-	-	-	-	-	
MODERADA	Reposición de elementos	m	\$ -	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
GRAVE	Reposición de elementos	m	\$ -	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
CRÍTICA	Reposición de elementos	m	\$ 120.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
D-061	Elementos Filantes	G	LEVE	Reposición de elementos	u	\$ -	-	-	-	-	-	-	
MODERADA	Reposición de elementos	u	\$ -	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
GRAVE	Reposición de elementos	u	\$ 30.00	1.00	5.00	\$150.00							
CRÍTICA	Reposición de elementos	u	\$ -	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
D-013	Señales ilegibles	M	LEVE	Nada	m	\$ -	-	-	-	-	-	-	
MODERADA	Limpieza	m	\$ -	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
GRAVE	Señalización nueva	m	\$ -	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
CRÍTICA	Señalización nueva	m	\$ 7.00	1.00	32.00	\$224.00							

Tabla 4.23 Estimación de costos Puesto El Obraje

CATEGORÍA	ELEMENTO	ID DEL DAÑO	DAÑO	MAYOR SEVERIDAD	AFECTACIÓN	REPARACIONES TÍPICAS	UNIDAD BÁSICA	COSTO UNITARIO POR U.E.	% DE DAÑO	ÁREA DEL ELEMENTO/YO CANTIDAD	SUBTOTAL (\$)	TOTAL (\$)	
ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LA SUPERESTRUCTURA	ELEMENTOS PRINCIPALES	D-024	Fisuras y grietas de Corte	M	LEVE	Nada	m	\$ -	-	-	-	\$ 3,300.00	
					MODERADA	Nada	m	\$ 50.00	26.00	-			
					GRAVE	Investación con resina epóxica	m	\$ -	-	-			
		CRÍTICA	Investación con resina epóxica	m	\$ -	-	-						
		D-027	Filtraciones	G	LEVE	inspección a detalle para verificar la filtración	sg.	\$ -	-	-	-		-
					MODERADA	-	sg.	\$ -	-	-	-		-
GRAVE	-				sg.	\$ 100.00	0.20	101.20	\$ 2,024.00				
D-059	Crecimiento de Vegetación	M	LEVE	Eliminación de malezas por crecimiento de vegetación	m2	\$ -	-	-	-	-			
			MODERADA	Eliminación de malezas por crecimiento de vegetación	m2	\$ 10.00	0.60	19.50	\$ 117.00				
			GRAVE	Eliminación de malezas por crecimiento de vegetación	m2	\$ -	-	-	-				
D-060	Crecimiento de Vegetación	L	CRÍTICA	Eliminación de malezas por crecimiento de vegetación	m2	\$ -	-	-	-	-			
			LEVE	Nada	m2	\$ 50.00	0.05	58.50	\$ 351.00				
			MODERADA	parcheo parcial	m2	\$ 120.00	-	-	-				
D-061	Elementos Fallantes	C	GRAVE	parcheo profundo	m2	\$ -	-	-	-	-			
			CRÍTICA	Sustitución del parcheo	m2	\$ -	-	-	-				
			LEVE	Sustitución del parcheo	m2	\$ -	-	-	-				
ELEMENTOS FUNCIONALES DE LA SUPERESTRUCTURA	SUPERFICIE DE RODADURA	D-059	Crecimiento de Vegetación	L	LEVE	Limpieza	m3	\$ -	-	-	-	\$ 219.38	
					MODERADA	Limpieza	m3	\$ 30.00	0.25	58.50	\$ 438.75		
					CRÍTICA	Limpieza	m3	\$ -	-	-	-		
		D-061	Elementos Fallantes	C	LEVE	Eliminación de malezas por crecimiento de vegetación	m2	\$ 25.00	-	-	-		-
					MODERADA	Eliminación de malezas por crecimiento de vegetación	m2	\$ -	-	-	-		
					GRAVE	Eliminación de malezas por crecimiento de vegetación	m2	\$ -	-	-	-		
D-061	Elementos Fallantes	C	CRÍTICA	Eliminación de malezas por crecimiento de vegetación	m2	\$ -	-	-	-	-			
			LEVE	Reposición de elementos	m	\$ -	-	-	-				
			MODERADA	Reposición de elementos	m	\$ -	-	-	-				
ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LA SUPERESTRUCTURA	SEÑALAMIENTO HORIZONTAL	D-061	Elementos Fallantes	C	GRAVE	Reposición de elementos	m	\$ 120.00	1.00	18.00	\$ 2,160.00	\$ 25,688.83	
					CRÍTICA	Reposición de elementos	m	\$ -	-	-	-		
					LEVE	Reposición de elementos	m	\$ -	-	-	-		
		D-059	Crecimiento de Vegetación	L	MODERADA	Reposición de elementos	m	\$ -	-	-	-		
					GRAVE	Reposición de elementos	m	\$ 120.00	1.00	18.00	\$ 2,160.00		
					CRÍTICA	Reposición de elementos	m	\$ -	-	-	-		
D-061	Elementos Fallantes	C	LEVE	Reposición de elementos	m	\$ -	-	-	-	-			
			MODERADA	Reposición de elementos	m	\$ -	-	-	-				
			GRAVE	Reposición de elementos	m	\$ -	-	-	-				
ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LA SUPERESTRUCTURA	ALETONES EN ESTIBOS	D-059	Crecimiento de Vegetación	L	LEVE	Eliminación de malezas por crecimiento de vegetación	m2	\$ 5.00	0.40	64.80	\$ 129.60	\$	
					MODERADA	Eliminación de malezas por crecimiento de vegetación	m2	\$ -	-	-	-		
					GRAVE	Eliminación de malezas por crecimiento de vegetación	m2	\$ -	-	-	-		
		D-061	Elementos Fallantes	C	CRÍTICA	Eliminación de malezas por crecimiento de vegetación	m2	\$ -	-	-	-		
					LEVE	Reposición de recubrimientos saltado	m2	\$ -	-	-	-		
					MODERADA	Reposición de recubrimientos saltado	m2	\$ -	-	-	-		

SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE PUENTES: ANÁLISIS DE SISTEMA EXISTENTE Y PROPUESTA DE MEJORA.
 Capítulo III: Propuesta de mejora para registro y evaluación de daños en puentes.

CATEGORIA	ELEMENTO	ID DEL DAÑO	DAÑO	MAJOR SEVERIDAD	AFECCIÓN	REPARACIONES TÍPICAS	UNIDAD BÁSICA	COSTO UNITARIO POR U.R.	% DE DAÑO	ÁREA DEL ELEMENTO Y/O CANTIDAD	SUBTOTAL (\$)	TOTAL (\$)	
SUBESTRUCTURA	ZAPATA EN FUNDACIONES	D-057	Pérdidas de material	M	MODERADA GRAVE CRITICA	Reposición de recubrimientos saltado Reconstrucción	m2 m2 m2	\$ 60,00 \$ - \$ -	0.20	64.80	\$ 777.60		
		D-052	Socavación en la fundación	G	MODERADA GRAVE CRITICA	Nada Reposición de fundación de revestimiento socavado Evaluación estructural	m m 5.g. 5.g.	\$ - \$ - \$ 5,000.00 \$ -	0.50	1.00	\$ 2,500.00		
		D-061	Elementos Faltantes	M	MODERADA GRAVE CRITICA	Reposición de elementos Reposición de elementos Reposición de elementos	m m m	\$ - \$ 120.00 \$ -	1.00	80.00	\$ 9,600.00		
ELEMENTOS FUNCIONALES EN ACCESOS	DEFENSAS EN ACCESOS (TERRAPLENES)	D-061	Elementos Faltantes	G	MODERADA GRAVE CRITICA	Reposición de elementos Reposición de elementos Reposición de elementos	m m m	\$ - \$ - \$ 120.00	1.00	16.00	\$ 1,920.00		
		D-061	Elementos Faltantes	C	LEVE MODERADA GRAVE CRITICA	Reposición de elementos Reposición de elementos Reposición de elementos	unidad unidad unidad	\$ - \$ - \$ 75.00	1.00	4.00	\$ 300.00		
		D-061	Elementos Faltantes	C	MODERADA GRAVE CRITICA	Reposición de elementos Reposición de elementos Reposición de elementos	m m m	\$ - \$ - \$ 7.00	1.00	27.00	\$ 189.00		
	LUMINARIAS	D-061	Elementos Faltantes	C	LEVE MODERADA GRAVE CRITICA	Reposición de elementos Reposición de elementos Reposición de elementos	unidad unidad unidad	\$ - \$ - \$ 200.00	1.00	2.00	\$ 400.00		

Tabla 4.24 Estimación de costos Puentes Santa Barbara

CATEGORIA	ELEMENTO	ID DEL DAÑO	DAÑO	MAYOR SEVERIDAD	AFECTACIÓN	REPARACIONES TÍPICAS	UNIDAD BÁSICA	COSTO UNITARIO POR U.B.	% DE DAÑO	ÁREA DEL ELEMENTO Y/O CANTIDAD	SUBTOTAL (\$)	TOTAL (\$)	
ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LA SUPERESTRUCTURA	ELEMENTOS PRINCIPALES	D-43	Abolladura	M	LEVE	Naída	m	\$ -	-				
					MODERADA	Naída	m	\$ 25.00	15.00	\$	375.00		
					GRAVE	Investición con resina epóxica	m	\$ -					
					CRITICA	Investición con resina epóxica	m	\$ -					
		D-35	Oxidación de piezas metálicas	M	LEVE	Naída	m	\$ -					
					MODERADA	Naída	m	\$ 15.00	30.00	\$	-		
					GRAVE	Investición con resina epóxica	m	\$ -					
					CRITICA	Investición con resina epóxica	m	\$ -					
		D-36	Corrosión de piezas metálicas	M	LEVE	Limpieza	m2	\$ -					
					MODERADA	Limpieza	m2	\$ 20.00	0.10	\$	2.00		
					GRAVE	Pruebas al concreto	m2	\$ -					
					CRITICA	Pruebas al concreto	m2	\$ -					
		D-45	Pernos flojos	G	LEVE	Limpieza	m2	\$ -					
					MODERADA	Limpieza	m2	\$ -					
GRAVE	Pruebas al concreto				m2	\$ 10.00	0.10	\$	640.00				
CRITICA	Pruebas al concreto				m2	\$ -							
D-47	Pernos faltantes	G	LEVE	Naída	m2	\$ -							
			MODERADA	Resane	m2	\$ -							
			GRAVE	Resane	m2	\$ 20.00	0.05	\$	1.00				
			CRITICA	Evaluación del concreto	m2	\$ -							
D-27	Filtraciones	C	LEVE	Naída	s.g.	\$ -							
			MODERADA	Resane	s.g.	\$ -							
			GRAVE	Resane	s.g.	\$ -							
			CRITICA	Evaluación del concreto	s.g.	\$ 2,000.00	1.00	\$	2,000.00				
ELEMENTOS SECUNDARIOS	ELEMENTOS SECUNDARIOS	D-59	Crecimiento de Vegetación	M	LEVE	Eliminación de malezas por crecimiento de vegetación	s.g.	\$ -					
					MODERADA	Eliminación de malezas por crecimiento de vegetación	s.g.	\$ 150.00	0.20	\$	30.00		
					GRAVE	Eliminación de malezas por crecimiento de vegetación	s.g.	\$ -					
					CRITICA	Eliminación de malezas por crecimiento de vegetación	s.g.	\$ -					
ELEMENTOS FUNCIONALES DE LA SUPERESTRUCTURA	DRENAJES	D-59	Crecimiento de Vegetación	C	LEVE	Eliminación de malezas por crecimiento de vegetación	U	\$ -					
					MODERADA	Eliminación de malezas por crecimiento de vegetación	U	\$ -					
					GRAVE	Eliminación de malezas por crecimiento de vegetación	U	\$ -					
					CRITICA	Eliminación de malezas por crecimiento de vegetación	U	\$ 10.00	0.15	\$	120.00		
ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LA SUBESTRUCTURA	ALEROS (ESTRIBOS)	D-59	Crecimiento de Vegetación	C	LEVE	Eliminación de malezas por crecimiento de vegetación	s.g.	\$ -					
					MODERADA	Eliminación de malezas por crecimiento de vegetación	s.g.	\$ -					
					GRAVE	Eliminación de malezas por crecimiento de vegetación	s.g.	\$ -					
					CRITICA	Eliminación de malezas por crecimiento de vegetación	s.g.	\$ 250.00	0.80	\$	200.00		
ELEMENTOS FUNCIONALES EN ACCESOS	DRENAJE EN ACCESOS (TERRAPLENES)	D-59	Crecimiento de Vegetación	C	LEVE	Eliminación de malezas por crecimiento de vegetación	U	\$ -					
					MODERADA	Eliminación de malezas por crecimiento de vegetación	U	\$ -					
					GRAVE	Eliminación de malezas por crecimiento de vegetación	U	\$ -					
					CRITICA	Eliminación de malezas por crecimiento de vegetación	U	\$ 10.00	0.20	\$	16.00		
ELEMENTOS FUNCIONALES EN ACCESOS	TERRAPLENES	D-59	Crecimiento de Vegetación	G	LEVE	Eliminación de malezas por crecimiento de vegetación	s.g.	\$ -					
					MODERADA	Eliminación de malezas por crecimiento de vegetación	s.g.	\$ -					
					GRAVE	Eliminación de malezas por crecimiento de vegetación	s.g.	\$ 200.00	0.60	\$	120.00		
					CRITICA	Eliminación de malezas por crecimiento de vegetación	s.g.	\$ -					
					Reposición de elementos	U	\$ -						
											\$ 3,564.00		

SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE PUENTES: ANÁLISIS DE SISTEMA EXISTENTE Y PROPUESTA DE MEJORA.
 Capítulo III: Propuesta de mejora para registro y evaluación de daños en puentes.

CATEGORIA	ELEMENTO	ID DEL DAÑO	DAÑO	MAYOR SEVERIDAD	AFECCIÓN	REPARACIONES TÍPICAS	UNIDAD BÁSICA	COSTO UNITARIO POR U.B.	% DE DAÑO	AREA DEL ELEMENTO Y/O CANTIDAD	SUBTOTAL (\$)	TOTAL (\$)
	SEÑALAMIENTO VERTICAL	D-061	Elementos faltantes	M	MODERADA GRAVE CRITICA	Reposición de elementos Reposición de elementos Reposición de elementos	U U U	\$ 30.00 - -	1.00	2.00	\$ 60.00	

**CAPÍTULO V:
CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES.**

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1. CONCLUSIONES

Con a base a la formulación de evaluación de condición de puentes en un Sistema de Administración de Puentes tenemos:

- ✚ Los sistemas de evaluación de condición de puentes, en su mayoría son formulados por las entidades gubernamentales encargadas de las redes viales en un país, por ello, son las personas encargadas de la administración los que indican los parámetros de evaluación que se deben considerar y el orden de funcionamiento que tendrán, ya que estos deben acoplarse a las necesidades de cada país, y son ellos quienes mejor las conocen o deben conocer.
- ✚ Una herramienta de evaluación de estados de condición en un Sistema de Administración de Puentes se mantiene en constante actualización, ya que con el tiempo surgen nuevas necesidades de evaluación que se deben mejorar para tener un sistema más completo que ayude en la determinación de la condición de las estructuras.
- ✚ Las calificaciones de estado de condición de puentes surgen a partir de las inspecciones de tipo visual, es mediante esta calificación que se determinan: las posibles reparaciones a aplicar en un puente, la importancia de intervención en él o la necesidad de realizar inspecciones profundas de la estructura para comprobar su estado. Por lo tanto los datos de inspección visual son necesarios e importantes, por lo cual, recolectar la información de calidad durante la inspección es de gran importancia para obtener calificaciones confiables, es por eso que el inspector de puentes debe ser previamente capacitado en el área de puentes o como mínimo, se les brinden las herramientas necesarias con las que puedan identificar que se debe evaluar en las diferentes condiciones de campo.
- ✚ Según los registros en la base de datos de daños existentes en puentes del SAP-WEB del año 2017 del MOP, existe un total de 1670 puentes, de los cuales:
 - 1611 contienen registro de daños.
 - 59 puentes no se reportan con daños.

Sin embargo, estos registros de daños no son confiables tal como se mencionó en el capítulo II, ya que el mismo daño en un elemento se repite hasta 10 veces, además la condición de severidad del elemento en la base de datos no coincide con la registrada en el sistema, por lo que existen datos no registrados, entre otros errores que hacen imposible la utilización de estos datos para la evaluación de un estado de condición de los puentes.

- ✚ En el país desde el proceso de inspección hasta el historial de datos, existen 3 entidades diferentes que se encuentran involucradas en estas actividades del Sistema de Administración de puente, tal y como se ha reflejado en el desarrollo de este trabajo de investigación, estas entidades son: las empresas supervisoras (empresas encargadas de realizar las inspecciones de puentes en campo), FOVIAL (quien se encarga de contratar a las empresas responsables de la inspección) y MOP (el que administra los datos recolectados durante las inspecciones de campo), por tanto, entre estas entidades, la falta de personal y la sobrecarga de trabajo, no permite que el ente encargado (de verificar el estado de condición para aplicar soluciones de reparación), identifique con facilidad la severidad de condición de algunos puentes que al ser graves podrían ser causantes del colapso de la estructura. Es de vital importancia que los “Informes de emergencia” (mencionados en el capítulo II) que generan los inspectores de puentes en campo sean recibidos directamente por el personal encargado en el MOP, y que sean estos quienes evalúen directamente si procede con actividades de reparación inmediata o no.
- ✚ Los daños causados en los puentes de nuestro país se deben tanto a factores ambientales como humanos, pero según registros del MOP, a través de la DACGER el factor que genera más daños o colapsos en estas estructuras son los eventos lluviosos de gran magnitud, en algunas ocasiones no se determina que existe socavación en el puente por diferentes circunstancias por lo tanto el inspector no indica que existe tal daño porque desconoce cómo identificarlo. Por otra parte, el colapso de puentes debido a factores hidráulicos también se debe a la mala administración de los puentes desde su etapa de diseño, ya que muchos de estos colapsan debido a la poca área hidráulica disponible. También el deterioro en sus elementos, se debe al poco o nulo mantenimiento que se le da a estos, generando un deterioro progresivo en los puentes, ya que el daño aumentado potencialmente y

disminuyendo en resistencia, prueba de ello es la cantidad de puentes que resultan dañados y/o colapsados cada año con los eventos de lluvia.

Por otra parte, las herramientas que recibe el inspector de campo de puentes son muy pocas y deficientes considerando el conocimiento mínimo requerido para poder asumir el trabajo de inspector de puentes, con respecto a estos factores tenemos:

- ✚ Los documentos como catálogos y manuales para el llenado de los formularios que el MOP y FOVIAL entregan a los ingenieros inspectores de puentes como herramientas de ayuda para la correcta recopilación de datos de una inspección, no se encuentran actualizadas o explicadas detalladamente, por lo tanto existen datos en un puente que el inspector no sabe cómo tomar y tiende a recolectar la información de forma errónea.
- ✚ Las capacitaciones impartidas por el MOP a los inspectores de puentes (de empresas supervisoras), son únicamente para otorgar indicaciones de los datos que deben recolectar durante la inspección de campo, en estas les es explicado de que forma llenar los formularios de inspección sin previa explicación de las técnicas correctas de inspección requeridas en campo. Este tipo de capacitación no ofrece la información necesaria en la que se detalle que se debe tomar en cuenta durante la inspección para evaluar la condición del puente, por ejemplo: la detección de posibles riesgos debido a daños en la estructura, o como considerar la forma en que afectan los factores hidráulicos en un puente, entre otros, básicamente el inspector se limita a llenar cada uno de los campos que requieran los formularios, que si bien estos representan la guía de inspección es necesario que el inspector otorgue anotaciones o evaluaciones exhaustivas de lo observado en el puente que permitan dar un resultado más objetivo de la inspección. Además, es notable que el inspector se auxilie de los manuales de llenado, formularios y catálogo de daños que FOVIAL y MOP les ha proporcionado para realizar las inspecciones, los cuales no poseen la explicación suficiente que ayude a que este comprenda mejor como desarrollar las actividades de inspección,
- ✚ En algunos de los formularios de inspección solicitados directamente a FOVIAL que posee los registros de daños que los inspectores encontraron en campo, se pudo identificar la existencia de errores de identificación de daños, lo cual indica que el inspector no tiene claridad del concepto mismo o

aparición del daño según su patología, y proceden a registrarlos con la identificación errónea, esto por la consideración personal que tienen sobre el daño como tal, por lo tanto, sin la debida experiencia y preparación del inspector en la correcta identificación de daños en los elementos particulares de los puentes, la recolección de información de estado de condición de puentes que refleje la condición real del mismo no será posible, ya que existirán errores constantes en el registro de los datos.

Para evaluar la condición de estados de puentes con la metodología de lógica difusa que ya existía en el método del sistema SAP, tenemos:

- ✚ El uso de lógica difusa para el cálculo de estados de condición en un puente, permite obtener rangos muy diversos de calificación, donde una calificación puede indicar más de un tipo de condición general del puente, sin embargo, la lógica de las reglas de inferencia difusa son las que indican cual es el valor de veracidad de un dato, cuando este es verdadero o no, cuando este es aplicable o no, siempre dependiendo de la calidad de la información recolectada.
- ✚ Para obtener una condición de puentes utilizando la metodología de lógica difusa es necesario realizar pruebas de calibración o verificación de resultados, ya que es necesario verificar el rango o amplitud de la metodología que se implementa, corroborando que se pueden evaluar todas la tipologías con el método propuesto o solo se abarca cierto tipo de puentes, también, porque es necesario verificar que los datos que se recolectan son los necesarios y de la calidad que se requiere para la evaluación de la condición de estructuras de puentes, por lo tanto para verificar la veracidad de los resultados con la metodología propuesta es necesario realizar pruebas de aplicación en la cual se verifiquen que los resultados obtenidos sean los esperados.
- ✚ Es necesario que al momento de evaluar la condición de un puente, exista distinción entre sus elementos, separándolos por grupos en que se indique su importancia con respecto al funcionamiento estructural del mismo, para que al momento en que un inspector de puentes identifique un barandal o la señalización en muy malas condiciones, la calificación del estado del puente no se marque como “emergencia”, esto no quiere decir que algunos elementos del puente sean menos importantes; en conjunto todos los elementos se complementan, pero existen algunos elementos que pueden no

existir en un puente y no afectan o restringen el paso peatonal o vehicular. A su vez, esta iniciativa ayudaría al MOP a identificar mejor que tipo de elementos en la estructura de un puente se encuentran en mala condición y así determinar cuáles requieren reparación a corto plazo.

Con respecto a los puentes evaluados para verificar el funcionamiento de la metodología que se propone en este trabajo de investigación, se obtuvieron los siguientes resultados, en los cuales se hace una comparación de los resultados obtenidos con respecto a la metodología existente en el sistema SAP:

- ✚ Con respecto a los manuales de llenado que fueron mejorados y adaptados a las propuesta de formularios de inspección tanto de IBP como de IECP, así como el catálogo de daños que juntos sirven de apoyo para la realización de las inspecciones visuales en los puentes, es notable la mejora sustancial para el apoyo del desarrollo de las actividades de inspección ya que son más explicativos con respecto a la información de las tipologías y componentes de los puentes, la forma en que cada campo de los formularios debe ser llenado correctamente, además de proporcionar el conocimiento básico para reconocimiento de los daños que puedan observarse en el puente durante la inspección, por lo que de esta manera se reduce la posibilidad de error en los datos acerca del estado que presenta el puente, y así la información recolectada no queda completamente sujeta a la interpretación por parte de los inspectores si no que permite dar las directrices necesarias para asegurar que la calidad de la información sea óptima.
- ✚ Al desarrollar la propuesta de mejora para la metodología de evaluación del estado de condición del puente fue necesario reestructurar el diagrama de árbol del sistema SAP original para la categoría principal de “ESTRUCTURA” que se muestra en el anexo 7, esto debido a que fueron agregados elementos a inspeccionar como lo son las luminarias, tanto en superestructura como en los accesos, así como el cambio en el elemento muros laterales para los estribos, ya que este elemento se separó en dos: aleros y aletones, además del cambio más significativo en el árbol ya que con la nueva metodología fue necesario clasificar los elementos del puente en elementos estructurales y elementos funcionales, todos estos cambios fueron realizados con el objetivo de optimizar el desarrollo del cálculo de las calificaciones de los puentes evaluados y pueden observarse en el anexo 10.

- ✚ En la tabla 5.1 se muestran los resultados de calificación obtenidos directamente del sistema SAP versus los resultados de calificación obtenidos a partir de la metodología de evaluación propuesta.

Tabla 5.1. Resultados de sistema SAP versus resultados de metodología propuesta para puentes evaluados.

Nombre del puente	Resultados de calificación de “ESTRUCTURA” según sistema SAP		Resultados de calificación de “ESTRUCTURA” según metodología propuesta	
	Calificación	Estado	Calificación	Estado
EL OBRAJE	3.17	Requiere reparación	5.34	Mantenimiento preventivo
RIO GRANDE	3.75	Requiere reparación	1.97	Requiere reparación
SANTA BARBARA	4.34	Mantenimiento preventivo	8.26	Mantenimiento Rutinario

En esta tabla puede observarse que las calificaciones de los tres puentes difieren significativamente entre una metodología y otra, esto debido a la forma en la que cada metodología evalúa las variables que intervienen en el cálculo. Siendo que el sistema SAP no hace una diferenciación entre elementos funcionales y estructurales del puente y los califica por igual lo que provocaba que aunque el puente únicamente presentara problemas en barandales o señalización y fueran calificados como muy malo en su evaluación y automáticamente envié una alerta de puente en “EMERGENCIA”, aunque los daños en estos elementos no perjudiquen el paso vehicular por el puente, a diferencia de esto, la metodología propuesta sí diferencia este tipo de elementos para calificar el estado del puente, por lo que permite que la calificación refleje directamente de que forma la condición del puente afecta el paso vehicular.

- ✚ Al comparar los resultado obtenidos de las calificaciones se puede detectar que para la metodología del sistema SAP, es el puente “EL OBRAJE” el que presenta una mayor prioridad de atención sobre el puente “RIO GRANDE” hecho que en la realidad no es verdadero, ya que durante las inspecciones que se realizaron para la calibración de la metodología propuesta se obtuvo que la cantidad y severidad de daños que posee el puente “RIO GRANDE” es mayor a la que presenta el puente “EL OBRAJE”, por lo que la prioridad de

atención debería de ser a la inversa para tomarse como correcta, este tipo de error en la calificación del puente se da debido a la calidad misma de la información que se obtuvo de los formularios de FOVIAL y a la naturaleza misma de la metodología del sistema SAP quien no hace una distinción del estado de los elemento que afecten estructuralmente el puente y aquellos que afecten los aspectos funcionales del mismo. Por su parte el desarrollo de la metodología propuesta tiene como objetivo reducir este tipo de errores en la calificación es por esto que en los resultados se puede observar que es el puente “RIO GRANDE” quien presenta una mayor prioridad de atención que “EL OBRAJE”.

Con respecto al puente “SANTA BARBARA” en este se observa que la calificación del estado de la estructura es mayor en la aplicación de la metodología propuesta que en la del sistema SAP, ya que durante la inspección realizada al puente para la calibración se detectó que el puente realmente no mostraba daños significativos para que se encontrara en el estado de MANTENIMIENTO PREVENTIVO y que la calificación proporcionada por la metodología propuesta determina que el puente únicamente necesita MANTENIMIENTO RUTINARIO lo que se acerca bastante a la realidad que presentaba el puente durante la inspección realizada.

5.2. RECOMENDACIONES.

Para poder implementar de forma productiva la “**Guía de Inspección visual de puentes en El Salvador**”, el “**Catálogo de daños para inspección visual de Puentes en El Salvador.**” Y la “**Metodología de Evaluación de la variable Estructura.**” se recomienda realizar las siguientes actividades:

- ✚ Realizar uno o varios estudios complementarios a este trabajo de graduación, en el que se establezca una forma de evaluación para calificar un puente a partir de los daños que ocurren debido a:
 - 1- Factores hidráulicos
 - 2- Vida Útil del puente
 - 3- Sobrecargas
 - 4- Funcionalidad (con respecto a las dimensiones de los elementos del puente)
 - 5- Análisis de funcionamiento y utilidad de carreteras.

Este último es para que se puedan establecer factores de prioridad de mantenimiento en la carretera, el factor de prioridad de mantenimiento (ϕ) que se mencionó en el capítulo III, para que este factor afecte la calificación general del puente y así se determine de forma complementaria, este factor se puede establecer a partir de un análisis de TPDA en las carreteras, calles y avenidas en las cuales se encuentra al menos un puente. Con el fin de obtener mejores resultados de evaluación en los puentes del país.

- ✚ Realizar pruebas de veracidad de datos calculados al utilizar esta metodología y calibrar las fórmulas para obtener los resultados que se necesitan, los resultados obtenidos, los resultados que se han obtenido en las pruebas realizadas en este trabajo de graduación han dado de forma aceptable a lo que se esperaba, pero, no se debe de olvidar que los valores con los que se han realizado las evaluaciones de los puentes son valores de prueba, y en algunos puentes estos valores puede que no sean verídicos, sea porque tienen diferentes elementos, son de diferente tipología, o porque al administrador de puentes que verifica los resultados difiera en la opinión de evaluación y decida cambiar estos valores, por lo tanto la fase de prueba para verificar resultados es algo que no se puede obviar, es necesaria para corroborar que lo que se está obteniendo es verídico, y analizar con respecto a una calificación de estado de puentes si es el inspector el que falla en la evaluación o los valores establecidos.
- ✚ Capacitar a los ingenieros profesionales que realizan las inspecciones de una forma más didáctica, practica y profesional para que ellos conozcan que es lo que se debe evaluar en un puente, que áreas son las más críticas de afectación, el equipo y herramientas a utilizar, metodologías que optimicen el trabajo de campo, esto ya que, en el país no existe una especialización en esta área con la que se permita o se pueda contratar personal conocedor en el área, no existe oferta calificada suficiente en este rango de la ingeniería civil.
- ✚ Implementar la metodología presentada en este trabajo de investigación al sistema SAPWEB del MOP para que puedan obtener una calificación de condición de puentes, con los datos recolectados en campo. Una posible forma de presentar los datos resultantes de una evaluación de condición de puentes es la siguiente:

RESUMEN DE ESTADO GENERAL DE CONDICIÓN DE PUENTES DE EL SALVADOR											
PERIODO:		2017		COSTO TOTAL NETO:		\$0.00					
CANTIDAD DE PUENTES:		xx		PUENTES EN EMERGENCIA:		0					
ID PUENTE	NOMBRE DEL PUENTE	TIPO	VÍA	EE	EF	F	AE	VU	IP	ESTADO	COSTO

Imagen 5.1: recomendación de presentación de calificaciones de condición de puentes.

En la imagen 5.1 se muestran los datos mínimos necesarios que un administrador de puentes debe conocer para poder evaluar la necesidad de implementar reparación, sustitución, mantenimiento o simplemente inspección en un puente. En la recomendación no se muestra únicamente la calificación de IP y el estado del puente con respecto al mismo, si no que se muestra desglosado la calificación de ese IP, separando todos y cada uno de los factores con los que se determina la condición del puente. Esto, para que el desglose de calificaciones permita al administrador de puentes verificar que factor es el más dañado en el puente y así apoyar sus decisiones con base a estos factores.

- ✚ El MOP debería trabajar en conjunto con las universidades para mejorar su sistema de administración de puentes reduciendo así el costo de inversión en este tipo de investigaciones, permitiendo así que también el estudiante obtenga este conocimiento en el área de puentes. Siendo así que esta unión sería beneficiaria al MOP, el cual obtendría un análisis más completo de la información y a los estudiantes obtendrían experiencia y conocimiento en el área.
- ✚ Con respecto a la matriz de daños, se considera que es innecesario su uso durante la inspección de campo, por lo que se recomienda que únicamente sean empleados los formularios de IBP e IECF, ya que proveen la información requerida para el inventario de puentes de El Salvador.

BIBLIOGRAFÍA

AASHTOWare Bridge Management Review, Formely PONTIS. BrM Bridge. <http://www.brmug.com/drupal7/sites/default/files/files/presentations/pug/2015/5a.%20Bug%20Policy%20Workflow.pdf>

Administration, U. D. (15 de Febrero de 2008). *Asset Management*. Obtenido de: <https://web.archive.org/web/20080215005314/http://www.fhwa.dot.gov/infrastructure/asstmgt/pontmore.htm>

Aire, Carlos. *FISURAS POR CONTRACCIÓN PLÁSTICA DEL CONCRETO*, AIRE INSTITUTO DE INGENIERÍA DE LA UNAM. (DICIEMBRE 2011) Recopilado de: <http://www.imcyc.com/revistacyt/dic11/arttecnologia.html>

Bridge Inspection Programs. Topic 1.1. History of the National Bridge Inspection Program. Pág. 1.1.2

BRIDGE INSPECTOR'S REFERENCE MANUAL (BIRM) FHWA NHI 12-049 DECEMBER, 2012.

Castro, M. *Así quedó el puente Motochico en Chalatenango, tras colapsar por intensas lluvias*. Obtenido de: <http://www.elsalvador.com/fotogalerias/noticias-fotogalerias/362221/asi-queda-el-puente-motochico-de-chalatenango-tras-colapsar-por-intensas-lluvias/>

Cedillos, K. (2017). El Salvador licita construcción de puentes en San Salvador. *Construir América Central y el Caribe*. Obtenido desde: <http://revistaconstruir.com/el-salvador-licita-construccion-de-puentes-en-san-salvador/?fbclid=IwAR05M2mHMNGlxugdQOqHRfeoY8909fEH05MPfHLdlOpqMxkcN57YGuE6uw>

Cerros, G., Ramírez, C., & Torres, G. (2000). "*Vulnerabilidad de puentes en El Salvador. Aplicación carretera (CA-1) San Salvador-El Amatillo*". San Salvador". Universidad de El Salvador.

Código de Regulaciones Federales, Título 23, Parte 650, Subparte C, Sección 650.309, (23 CFR 650.309)

Consortio MALSA-ITYAC. (2009) MANUAL DE INSPECCIONES DE PUENTES DEL SAP IBP E IECP. ESTUDIO: "ACTUALIZACION Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ADMINISTRACION DE PUENTES". San Salvador.

Contreras, C., Reyes, E. EVALUACIÓN, DIAGNOSTICO PATOLÓGICO Y PROPUESTA DE INTERVENCIÓN DEL PUENTE ROMERO AGUIRRE. 2014. UNIVERSIDAD DE CARTAGENA, COLOMBIA

Crónicas de Desastres - Huracanes Georges y Mitch (OPS; 1999; 398 paginas).
Obtenido de:
<http://helid.digicollection.org/es/d/Jh0182s/3.3.7.html>

Derriban el Puente Cuscatlán. Recopilado de:
<http://biblioteca.utec.edu.sv/sitios/conflicto/index.php/1984/01/01/puente-cuscatlan-es-impactado-con-carga-explosiva/>

DETERIOROS DE PAVIMENTOS -MÉTODO PCI, 2012, Ingeniero Civil Juan Carlos Miranda A. Universidad de Chile.

Díaz, E. E. (2011). Ingeniería de puentes. Reseña histórica, tipología, diagnóstico y recuperación. Bogotá, D. C.: Pontificia Universidad Javeriana.

Dr. Paulo R.do Lago Helene MANUAL DE REPARACION, REFUERZO, Y PROTECCION DE LAS ESTRUCTURAS DE CONCRETO. 1997. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A. C.

Duro golpe contra infraestructura del país, dinamitan Puente de Oro, una obra millonaria destruida, Recopilado de: Derriban el Puente Cuscatlán.
Recopilado de:
<http://biblioteca.utec.edu.sv/sitios/conflicto/index.php/1984/01/01/puente-cuscatlan-es-impactado-con-carga-explosiva/>

Escuela de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad de El Salvador. (2009). "INFORME DE EVALUACION DE DAÑOS EN INFRAESTRUCTURAS ORIGINADO POR LA BAJA PRESION DE LOS DIAS 7 Y 8 DE NOVIEMBRE DE 2009". San Salvador.

ESTUDIO: ACTUALIZACIÓN DEL SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE PUENTES EN EL SALVADOR, CONSORCIO MALSA-ITYAC. INFORME FINAL. 2010.

EU-Project Rehabcon, ANNEX A, 2004, pág. 3 [REHABCON - Strategy for maintenance and rehabilitation in concrete structures]

EU-Project Rehabcon. (2004). "*REHABCON Strategy for maintenance and rehabilitation in concrete structures Annex 1*".

EVALUACIÓN, DIAGNÓSTICO PATOLÓGICO Y PROPUESTA DE INTERVENCIÓN DEL PUENTE HEREDIA, Cartagena, Colombia.

Farrar, & Worden. (2007). AN INTRODUCTION TO STRUCTURAL HEALTH MONITORING. Phil. Trans.,.

FONDO DE CONSERVACION VIAL. GERENCIA DE ADQUISICIONES Y CONTRATACIONES INSTITUCIONAL. PROYECTO: "SUPERVISION DEL SERVICIO DEL MANTENIMIENTO RUTINARIO DE LOS GRUPOS 4, 5 Y 6 DE VIAS PAVIMENTADAS, UBICADAS EN LA ZONA 2 DE EL SALVADOR". BASES DE CONCURSO PÚBLICO. PARTE II: CONDICIONES PARTICULARES DEL PROYECTO. San Salvador, octubre de 2017

Grattasat, G. (1983). Informes de la construcción, Vol 34. *Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)*, pág.1.

GUÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CONDICIÓN DE PUENTES EN COSTA RICA MEDIANTE INSPECCIÓN VISUAL. Laboratorio nacional de materiales y modelos estructurales (LanammeUCR) Universidad de Costa Rica. Unidad de Puentes (UP). Programa de Infraestructura del transporte (PITRA). PROGRAMA DE INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE. SAN JOSÉ, COSTA RICA / OCTUBRE 2015

Guía para la realización de inspecciones principales de obras de paso en la Red de Carreteras del Estado. Gobierno de España. Ministerio de Fomento. Secretaría de estado de infraestructuras, transporte y vivienda. Secretaria general de infraestructuras. Dirección general de carreteras 2012.

Gutiérrez, Y., Muñoz, G., & Ramírez, M. (s.f.). "*Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (SAEP)*". San José, Costa Rica.

Handbook for Bridge Inspections. Guidelines. Norwegian Public Roads Administration. *Desember, 2005*.

Incomunicados por puentes destruidos y los derrumbes. Obtenido de: archivo.elsalvador.com. 2009

Informe inicial consorcio MALSA-ITYAC. ESTUDIO: ACTUALIZACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE PUENTES, 2007. Sistema de Administración de Puentes de El Salvador.

Inspección, evaluación y priorización de 8 puentes utilizando el proceso Analítico Jerárquico, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería en Construcciones, Septiembre 2012, pag. 1. Prefacio.

INSTRUCTIVO DE INSPECCIÓN DE PUENTES Y OBRAS DE PASO. FONDO DE CONSERVACIÓN VIAL. FOVIAL, 2009, pág. 4

Kattan, J., Perla, J., & Rodriguez, M. (1998). "*Guía para el diseño de puentes de concreto reforzado en caminos rurales y vecinales*". San Salvador: Universidad de El Salvador.

Licda. Gutiérrez, Y., Muñoz, G., Ramírez, M. Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (SAEP). Dirección de Puentes MOPT

MANUAL CENTROAMERICANO DE ESPECIFICACIONES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS Y PUENTES REGIONALES SIECA. 2001. PAG 393. CORRELATIVO 500-43,

Manual de Carreteras del Paraguay. Normas para Estructuras y Puentes. Tomo 4 – Volumen 1. Ministerio de Obras Publicas y Comunicaciones - 1ra Edición 2011

MANUAL DE PUENTES. Ministerio de Transporte y Comunicaciones de Perú. Viceministerio de Transportes. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. 2016.

MANUAL PARA LA EVALUACION DEL ESTADO DE CONDICION DE PUENTES. Catálogo de Daños. Sistema de Administración de Puentes. REPÚBLICA DE EL SALVADOR. Ministerio de Obras Públicas, Transporte, Vivienda y Desarrollo Urbano. Viceministerio de Obras Públicas. Unidad de Planificación Vial. Gerencia de inventarios viales. 2009

Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles, Universidad Nacional de Colombia y Ministerio de Transporte Instituto Nacional de Vías, Bogotá 2006.

Mendoza, W., Luz, N., & Portillo, F. (2003). "*Manual para el mantenimiento rutinario y preventivo de puentes en El Salvador*". San Salvador: Universidad de El Salvador.

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Gobierno de El Salvador. (2013). *Estrategia nacional de recursos hídricos (Versión 2)*. Obtenido de: <http://www.marn.gob.sv/estrategia-nacional-de-recursos-hidricos-2/>

Ministerio de Obras Públicas de El Salvador, Historia 2009. Recopilado de: http://www.mop.gob.sv/index.php?option=com_content&view=article&id=49&Itemid=84

Ministerio de Obras Públicas de El Salvador. (26 de Octubre de 2009). *Ministerio de Obras Públicas, Transporte, Vivienda y Desarrollo Urbano*. Obtenido de: http://www.mop.gob.sv/index.php?option=com_content&view=article&id=49&Itemid=84

Ministerio de Obras Publicas MOPTVDU. (2013). *Informe de Labores 2013 -2014 Transparencia MOP*. San Salvador.

Ministerio de Obras Públicas, Transporte y de Vivienda y Desarrollo Urbano. Gerencia de desarrollo institucional (GDI). Estructura organizativa. 7 de abril de 2017.

Ministerio de Obras Públicas. (Noviembre 2009). Sistema de Administración de Puentes: Manual para la evaluación del estado de condición de puentes. San Salvador.

Muños, E., Gómez, D., (ABRIL 2013), ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LOS DAÑOS EN LOS PUENTES DE COLOMBIA REVISTA INGENIERÍA DE CONSTRUCCIÓN VOL. 28 NO1, L PA. G. 37 - 62. Recopilado de: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S071850732013000100003

National Bridge Inspection Standards - Federal Highway Administration NBIS-FHWA

Nuevos métodos de reparación y rehabilitación de puentes de carretera del año 2015 [Asociación Mundial de la Carretera AIPCR/PIARC]

Oliveros, Jorge. EVALUACIÓN, DIAGNÓSTICO PATOLÓGICO Y PROPUESTA DE INTERVENCIÓN DEL PUENTE HEREDIA. JUNIO DE 2015, UNIVERSIDAD DE CARTAGENA, COLOMBIA

Organigrama FOVIAL 2017. Obtenido de: <http://fovial.com>

Organigrama funcional FOVIAL. Obtenido de: <http://fovial.com>

Pastora, D., García, J., & Guzmán, W. (Julio de 2013). Consideraciones de adaptación al cambio climático en el diseño de puentes de El Salvador. I Seminario de estudio de la vulnerabilidad de puentes y obras de paso en El Salvador. Dirección de Adaptación al Cambio Climático y Gestión Estratégica del Riesgo (DACGER).

PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS Y DE CONCRETO EN CARRETERAS, Ingeniero Civil Especialista en Vías y Transporte Luis Ricardo Vásquez Varela, Universidad Nacional de Colombia.

Reglamento de la ley del fondo de conservación vial. Decreto legislativo N° 208 (2000)

Rodriguez, J., & Gutierrez, A. (21 de Febrero de 2012). *Sistema de puentes en México SIPUMEX*. Obtenido de: <https://es.slideshare.net/CICMoficial/sistemas-de-puentes-en-mxico-sipumex>

Salazar, Tatiana. (SEPTIEMBRE 2012), *INSPECCIÓN, EVALUACIÓN Y PRIORIZACIÓN DE 8 PUENTES UTILIZANDO EL PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO*. INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA. ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN.

SALVADOR REBELS BLOW UP BRIDGE, NATION'S BIGGEST. New York Times, 1981.

Secretaría de Comunicaciones y Transporte. (2014). *"Guía de procedimientos y técnicas para la conservación de carreteras en México"*. México D.F.

Situación lluviosa afecta desplazamiento del transporte de carga. (Octubre 2011)Obtenido de: <http://elsalvadornoticias.net/2011/10/13/situacion-lluviosa-afecta-desplazamiento-del-transporte-de-carga/>

The IABMAS Bridge Management Committee. (2014). Overview of Existing Bridge Management Systems.

Unidad de puentes, PITRA, LanammeUCR. (2014). *"El sistema informático para la administración de estructuras de puentes de Costa Rica (SAEP): ¿Vamos en la dirección correcta?"*.

GLOSARIO

Accesos: En general, están constituidos por las siguientes obras: terraplenes de acceso y sus obras de contención y/o protección, estructura de pavimento, barreras de protección del tráfico y losas de aproximación. Para evitar asentamientos en la entrada de los puentes, normalmente, se dispone de losas de aproximación apoyadas en los terraplenes de acceso y en ménsulas dispuestas para estos fines en las pantallas del cabezal de los estribos.

Agentes externos: Daños ocasionados a las estructuras de puentes debidas a factores hidráulicos, sobrecargas a la estructura o debidas al medio ambiente.

Aleros: Es la prolongación de los estribos hacia los laterales, estos retienen el terraplén de acceso o relleno estructural. Estos son diferentes a los aletones de los estribos en que no forman parte del estribo.

Algoritmo: Conjunto ordenado de operaciones sistemáticas que permite hacer un cálculo y hallar la solución de un tipo de problemas

Aparatos de apoyos: Dispositivos mecánicos encargados de transmitir las cargas (reacciones verticales y horizontales) desde la superestructura a las pilas.

Arriostramiento diagonal: Elementos colocados en forma diagonal en un puente para asegurar estabilidad en los demás elementos que se conectan entre sí, generalmente este tipo de arriostramiento se coloca en puentes metálicos.

Barandal: Elementos del puente instalado a lo largo del borde de las estructuras cuando existe paso peatonal, para protección de los usuarios. La altura de las barandas es entre los rangos de 1.10 m y 1.80 m. Una baranda puede ser diseñada para usos múltiples (caso de barandas combinadas para peatones y vehículos) y resistir al choque con o sin la acera. (imagen 25, ejemplo de barandal)

Bordillos y Aceras: Los bordillos, cordón o cordón cuneta, es el lugar de unión entre la acera transitable para peatones y la calzada transitable para vehículos permitiendo que el área de tránsito peatonal quede ligeramente más elevada que la calzada, conociéndose esta como acera, ambos se colocan en los laterales de un puente.

Cabezal de pilotes: Elemento tipo viga o placa de gran espesor, en el cual se fijan las cabezas de los pilotes de una fundación.

Cable principal: Es el elemento básico de la estructura resistente del puente colgante. Su montaje debe salvar el vano entre las dos torres y para ello hay que tenderlo en el vacío.

Calzada (Ancho de vía): Espacio libre entre barreras (separadores New Jersey) y/o cordones.

Carga de diseño: Cargas con las cuales se realiza el diseño del puente.

Cercha: Es una celosía de canto variable a dos aguas. Una celosía es una estructura reticular de barras rectas interconectadas en nudos formando triángulos planos (en celosías planas) o pirámides tridimensionales (en celosías espaciales).

Con arena: En puentes ubicados al pie de torrentes, se frecuente la colmatación del cauce con arenas que son arrastradas aguas abajo por los torrentes que pueden tener incluso baja velocidad.

Con canto rodados menores: En puentes ubicados al pie de torrentes, se frecuente la colmatación del cauce con rodados (diámetros menores que 10 cm) que son arrastrados aguas abajo por los cauces con menor velocidad.

Con rocas: Usualmente este tipo de obstrucción se presenta en puentes ubicados al pie de torrentes, puede presentarse la obstrucción del cauce con rodados o rocas de gran tamaño.

Con suelo fino: Es el tipo de obstrucción que se presenta en puentes de llanura, ubicados en ríos de cauce variable y meandroso, es frecuente la acumulación de bancos de suelo fino de configuración variable que se depositan preferentemente después de las crecidas.

Con vegetación: Generalmente es un tipo de obstrucción en el río, causado po el arrastre de vegetación el cual se traba contra los elementos de la estructura del puente, reduciendo el área de paso del agua y favoreciendo el aumento de velocidades y por lo tanto, la socavación. Incluso puede generar acciones importantes sobre los elementos de la infraestructura.

Cono de derrame: Parte del terraplén con forma de una fracción de cono invertido, generalmente está presente en los puentes que son para cruzar otras vías, conocido como paso a desnivel.

Costo adicional por calzadas reducidas: Costo estimado por utilizar el puente con limitaciones en el ancho de calzada (un puente provisional) para el caso de no existir una alternativa utilizable.

Costo adicional por limitación temporal de carga: Costo estimado resultante de una interrupción temporal del tránsito sobre el puente.

Costo de obras de emergencia que serían necesarias: Estimación de los costos que implicaría una emergencia en el puente, en caso de requerir reparaciones urgentes al puente para que este pueda seguir en uso.

Costo de operación de los vehículos en recorridos: Costos de operación de los vehículos que utilizarían una ruta alternativa en caso de colapso del puente.

Costo de reparaciones: Estimación del costo de las reparaciones que requiere el puente, en relación al costo de una obra nueva similar.

Dados de apoyo: Dados de hormigón sobre los cuales se colocan o disponen los dispositivos de apoyo.

Defensas de tráfico: Defensas para impacto de vehículos, su propósito principal es controlar el transito que circula por la estructura, tomando en cuenta otros factores, como son la protección de los ocupantes del vehículo en caso de colisión, proteger a los vehículos próximos a colisión, así como a los demás vehículos y peatones que circulan por el camino, además de la buena apariencia y la suficiente visibilidad para los vehículos que los transitan.

Degradación del lecho: Profundización del lecho en el tramo de río que pasa por el puente.

Desarrollo en planta: Este indica la forma del puente en planta, especificando si el puente es recto, se encuentra esviado o si el puente se encuentra en una curva y este es parte de la curva, con este último se especifica el desarrollo de las vigas, indicando si estas van en tramos rectos o son vigas en forma curva.

Drenaje: En la calzada de un puente, son los elementos que tienen la función de desalojar el agua que cae por precipitación pluvial, la que invade el camino a consecuencia de las crecidas de ríos, arroyos y lo que pudiera llegar por inundaciones. Se considera como drenaje el bombeo en la calzada del puente y las cunetas, el agua se desaloja usualmente por tuberías en las cunetas.

Emplantillado: Recubrimiento de piedras adheridas con mortero que protege una fundación de la socavación.

Estribos: Son los apoyos en los extremos del puente, que transfieren parte de las cargas que actúan sobre la estructura al terreno. También funcionan para sostener el relleno de los accesos al puente.

Esviaje: Se considera al desarrollo en planta de un puente cuando este se encuentra girado en sus extremos, los estribos no están ubicados perpendicularmente a la vía, se encuentran ubicados en un ángulo diferente a 90°.

Fundaciones: Parte de los puentes que se encarga de transmitir las cargas que este soporta al suelo que lo sustenta, cumpliendo con los requisitos de resistencia a la falla (seguridad), las exigencias de servicio.

Fuste: Se refiere al sector del cuerpo de la pila comprendido entre la fundación y las vigas de apoyo, en el país es conocido como columna pantalla o muro, estos se identifican según la forma que poseen,

Gálibos: Los gálibos horizontal y vertical para puentes urbanos serán el ancho y la altura necesarios para el paso del tráfico vehicular. El galibo bajo el puente es la distancia entre apoyos (galibo horizontal) y la distancia libre entre la estructura y el flujo normal de fluido o tránsito vehicular (galibo vertical)

Humos o gases agresivos: Daño considerado a un puente debido a Humos industriales o gases agresivos en el ambiente que puedan atacar componentes del puente.

Importancia Estratégica (militar): Importancia estratégica del puente ante el eventual caso de un conflicto armado.

Importancia para uso civil (economía regional): Importancia del puente para las economías regionales y el transporte de cargas.

Importancia Política: Importancia política que eventualmente le hayan asignado las autoridades.

Importancia Social: Importancia que tiene la obra para el uso de las comunidades vecinas.

Importancia Turística: Importancia de la obra para el desarrollo turístico del lugar.

Incertidumbre: Es una expresión que manifiesta el grado de desconocimiento acerca de una condición futura, pudiendo implicar una previsibilidad imperfecta de los hechos, es decir, un evento en el que no se conoce la probabilidad de que ocurra determinada situación.

Juntas: Es la división en la superestructura del puente, específicamente en el tablero ya que estas permiten el movimiento del mismo y sus posibles deformaciones (de expansión o contracción) que eviten daños por movimiento del tablero, permitirán deformaciones controladas (de diseño). Las juntas de dilatación/contracción del tablero del puente son para evitar sobre esfuerzos debidas a las deformaciones por los cambios de temperatura. En la imagen 32, se muestran ejemplos de 2 tipos de juntas en puentes.

Líquidos agresivos: Tipo de daño considerado a un puente debido a la presencia de Líquidos agresivos en el puente para los materiales de la calzada del puente: carpeta de rodadura, juntas, losas, entre otros.

Lógica difusa: Es una forma de implementar diferentes grados de verdad para describir un comportamiento, es un modelo matemático mas no un modelo estadístico, por lo que al establecer una escala sencillamente se está indicando si un elemento sometido a evaluación es aceptable o no.

Losa de aproximación: Losa rígidamente articulada en el estribo, descansa sobre el suelo compactado del terraplén en el resto de su superficie, su función es evitar hundimientos en los accesos al puente.

Mantenimiento de los Puentes y Obras de Paso: Es el conjunto de actividades que es necesario realizar en los puentes y obras de paso, con el objetivo de garantizar la conectividad y transitabilidad en las rutas que corresponden a la Red Vial Nacional Prioritaria Mantenable. Puede consistir en trabajos tanto en la subestructura, superestructura, apoyos y estribos y plataforma de rodamiento, así como también el manejo de las aguas.

Murete al pie del talud: Viga de fundación ejecutada al pie del revestimiento a modo de fundación del mismo.

Muro inferior: Muro ubicado por debajo de la viga de apoyos en estribos.

Muro superior: Muro ubicado arriba de la viga de apoyos o espalda del estribo, para contención del suelo.

Muros laterales o aletones: Muros ubicados a los costados del estribo de forma paralela o no, estos ayudan a retener el suelo del talud de acceso en los puentes.

Número difuso: Es una extensión de un número real en el sentido que no se refiere a un único valor sino a un conjunto de posibles valores, que varían entre 0 y 1.

Pendiente de entrada y salida: Es la pendiente en los accesos del puente, la pendiente en la calle, carretera o autopista antes de ingresar al puente y al salir de este.

Pendiente longitudinal de un puente: Es la pendiente existente a lo largo del puente, esta puede ser 0% o puede tener una sola pendiente o una combinación de pendientes.

Péndolas: Son las varillas o cables verticales que sostienen el piso de un puente colgante o cualquier otro tipo de obra.

Pilas: Son los apoyos intermedios, que reciben reacciones verticales de dos tramos del puente, transmitiendo las cargas del terreno natural a través de las placas de apoyo, comúnmente se amplían hacia abajo obteniendo mayor superficie de sustentación, la pila a su vez se divide en apoyos, fuste y fundaciones

Pilotes: Son elementos de fundación (o cimentación) profunda, dan lugar en un puente cuando el suelo sobre el que se necesita colocar la estructura no posee el esfuerzo admisible, por lo tanto se trasladan las cargas hasta un estrato resistente del suelo, cuando este se encuentra a una profundidad tal que hace inviable, técnica o económicamente, una cimentación más convencional mediante zapatas o losas. Tiene forma de columna colocada en vertical en el interior del terreno sobre la que se apoya el elemento que le trasmite las cargas y que trasmite la carga al terreno por rozamiento del fuste con el terreno, apoyando la punta en capas más resistentes o por ambos métodos a la vez.

Promedio ponderado difuso: Promedio aritmético entre números difusos

Promedio ponderado nítido: Promedio aritmético real.

Puente colgante: Son puentes sostenidos por un arco invertido formado por numerosos cables de acero, del que se suspende el tablero del puente mediante tirantes verticales (péndolas). Al igual que el puente de arco, es un puente que resiste gracias a su forma. Las fuerzas principales en este tipo de puentes son de tracción en los cables principales y de compresión en los pilares.

Puente continuo: Los puentes continuos o hiperestáticos son aquellos cuyos tableros son dependientes uno de otro desde el punto de vista estático, pudiendo establecerse o no una dependencia entre los tableros y sus apoyos. Son aquellos donde para determinar las sollicitaciones internas y externas se deben aplicar métodos de estructuras hiperestáticas. Diseños más elaborados y más complejos. Aptos en suelos de buena capacidad portante. Este tipo de desarrollo longitudinal o condición estática se puede dar en la mayoría de las tipologías según estructuras de puentes (arco, vigas, cerchas, entre otras) ya que pueden ser de un solo tramo con apoyos intermedios. Para identificarlo fácilmente, este tipo de condición generalmente, no posee juntas en todos o ningún apoyo intermedio.

Puente isostático: Se denomina puente con tramos "isostáticos" a aquellos cuyos tramos son estáticamente independientes uno de otro y, a su vez, independientes, desde el punto de vista de flexión, de los apoyos que los sostienen. Generalmente este tipo de condición se da en los puentes con luces o tramos cortos. La forma fácil de identificar este tipo de condición estática del desarrollo longitudinal de un puente es identificando la existencia de juntas entre las vigas sobre los apoyos en pilas y a los extremos del puente.

Puente tipo arco: Un puente de arco es un puente con apoyos a los extremos de la luz, entre los cuales se hace una estructura con forma de arco con la que se transmiten las cargas. Estos trabajan transfiriendo el peso propio del puente y las sobrecargas de uso hacia los apoyos mediante la compresión del arco, donde se transforma en un empuje horizontal y una carga vertical.

Puente tipo cercha (Armaduras metálicas): Son puentes con celosías con postes en diagonal, vertical y horizontal de postes sobre el puente.

Puente tipo viga: Está constituido por vigas longitudinales y transversales (diafragmas), que permiten la transmisión de las cargas que actúan sobre la superestructura a la subestructura, y a través de ella, al suelo a través de la fundación del puente.

Puente: Estructura construida para salvar obstáculos que impide o dificulta el tránsito vehicular y peatonal.

Puentes integrales: Un puente integral es aquel que no dispone de aparatos de apoyo ni juntas de dilatación tanto en pilas como en estribos. El concepto sirve para cualquier tipología de tablero, tanto in situ o prefabricado. Si un puente dispone de apoyos de neopreno en los estribos sin juntas de dilatación y las pilas están empotradas en el tablero se conoce como puente semi-integral.

Rango: Se refiere al valor de la variable que tenga pertenencia de un valor "X", al conjunto de variables que se pueden considerar para la evaluación.

Red Vial Nacional Prioritaria Mantenible: Conjunto de vías de la Red Vial Nacional Prioritaria, en buen y regular estado. La definición de dicha red será realizada periódicamente a partir de estudios técnicos contratados por el FOVIAL y con la debida coordinación con el Ministerio de Obras Públicas, Transporte y de Vivienda y Desarrollo Urbano.

Reglas de la inferencia difusa: Consisten en una función que toma premisas, analiza sintaxis, y devuelve una conclusión (o conclusiones) que indican un resultado con base a una condición que se ha establecido produciendo resultados establecidos por la ocurrencia del evento

Revestimiento: Es el material que se utiliza a cubrir de sustrato, estos son realizados para mejorar propiedades o cualidades de la superficie del sustrato, tales como aspecto, adhesión, resistencia al desgaste, erosión entre otras.

Señalamiento horizontal: Señales de tráfico o de advertencia pintadas en la calzada, como dobles líneas, líneas, flechas de giro, cruces peatonales, etc.

Señalamiento vertical: Señales con tablero pintado soportados por marcos o postes

Subestructura: Parte del puente donde se apoya la superestructura, y a través de la cual se transmiten las cargas al suelo de fundación. La subestructura está constituida por los estribos, que son los apoyos extremos del puente, y las pilas que son los apoyos intermedios de puentes cuando se trata de estructuras constituidas por más de un tramo.

Superestructura: Es la parte del puente que permite la continuidad de una vía. La superestructura soporta el paso de las cargas móviles que son transmitidas a la subestructura a través de los sistemas de apoyo, y está conformada por uno o más tramos dependiendo de la cantidad de elementos intermedios de la subestructura que la sustenten.

Superficie de rodadura: Carpeta o superficie colocada sobre la losa estructural, su objetivo principal es proveer protección adicional a la losa contra el clima y el tráfico. El pavimento no es un

miembro estructural, sin embargo, genera carga muerta al puente, por lo tanto, el espesor del pavimento debe ser el mínimo.

Sustento: Este se define como un “valor de verdad” que indica una condición de aceptación de un valor con base a los criterios establecidos para el sistema creado, y todo es en base a la subjetividad y consideración de la persona que lo elabora, proporciona el grado de pertenencia de un valor “X” al conjunto difuso entre 0 y 1.

Talud: Se denomina así al suelo o fragmentos de rocas en la base o extremos de un puente que ha quedado luego de un corte en el terreno natural.

Terraplenes: Tierra con que se rellena el terreno de acceso al puente para levantar su nivel y formar un plano de apoyo adecuado de unión entre el puente y la vía.

Topes Antisísmicos: Dispositivos para soporte de la superestructura frente a cargas sísmicas.

Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA): El volumen total de vehículos que pasan por un punto o sección de una carretera en un período de tiempo determinado

Valor MAX-MAX: Valor máximo que se encuentra dentro de un conjunto de valores denominados máximos.

Valor MIN-MIN: Valor mínimo que se encuentra dentro de un conjunto de valores denominados mínimos.

Valor preferido: Se refiere al valor de importancia asignado a la variable sometida a evaluación como parámetro en el que inicia el cálculo matemático.

Variable Agentes externos: Este es el tipo de daño causado a la estructura por agentes químicos o causas naturales, genera deterioros a la estructura progresivos, cuando estos son poco agresivos o generan un daño severo al puente directamente, como por ejemplo, sobrecarga excesiva en un puente.

Variable de nivel precedente: Variable que pertenece a un nivel anterior.

Variable Estructura: Es el tipo de daño que afecta directamente a la estructura, subestructura y accesos al puente, puede causar mayor incertidumbre con respecto a la estabilidad de un puente en base a la severidad de los daños que presenten.

Variable Funcionalidad: Este tipo de daño se presenta por problemas funcionales, causada a menudo por la antigüedad o por un pobre diseño del puente. También se considera cuando una mejora es mal diseñada o pierde su función, como una capa de rodadura que se deteriora en muy poco tiempo.

Variable Importancia: Esta categoría de daño, se basa en el impacto socioeconómico que se generaría de faltar un puente y la clasificación de costo que conllevaría arreglar dicho daño.

Vida útil: Es la duración estimada de un puente cumpliendo con la función para la que fue construido y que no tenga alteraciones severas en corto plazo.

Viga de amarre: Viga que vincula las bases de fundación cuando estas son independientes para cada pila (columna o contrafuerte).

Viga de apoyo o dintel: Viga, dintel o refuerzo (en las pantallas), sobre las cuales se colocan los dispositivos de apoyo. En los estribos esta es la Viga en falsos estribos, espesamiento o refuerzo en muros frontales, sobre las cuales se colocan los dispositivos de apoyo.

Viga Gerber: Es una estructura simplemente apoyada sobre voladizos que sobresalen de las pilas, con lo cual se pueden obtener luces más amplias.

Vigas transversales: Son aquellas vigas que estabilizan el movimiento de las vigas longitudinales, permitiendo que la estructura sea más estable. Estas pueden ser metálicas o de concreto, dependiendo de la constitución de los elementos principales de las vigas longitudinales.

ANEXOS

ANEXO A-1

**MANUALES DE LLENADO Y
CATOLOGO DE DAÑOS DEL MOP.**



REPÚBLICA DE EL SALVADOR
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTE, VIVIENDA Y
DESARROLLO URBANO

VICEMINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

UNIDAD DE PLANIFICACIÓN VIAL
GERENCIA DE INVENTARIOS VIALES

Sistema de Administración de Puentes

MANUAL PARA EL INVENTARIO DE PUENTES



SAN SALVADOR, ELSALVADOR, C.A.

NOVIEMBRE 2009

INTRODUCCIÓN	2
ANTECEDENTES	2
OBJETIVO Y ALCANCE	2
FORMULARIOS PARA EL INVENTARIO BÁSICO DE PUENTES	2
INSTRUCTIVO PARA EL LLENADO DEL FORMULARIO DE INVENTARIO BÁSICO DE PUENTES IBP-1	8
FORMULARIO IBP-1 INVENTARIO BÁSICO DE PUENTES (HOJA 1 DE 6) .	8
LOCALIZACIÓN	8
GEOMETRÍA Y CARACTERÍSTICAS GENERALES	12
FORMULARIO IBP-2 INVENTARIO BÁSICO DE PUENTES (HOJA 2 DE 6)	15
ELEMENTOS COMPONENTES.....	19
FORMULARIO IBP-3 INVENTARIO BÁSICO DE PUENTES (HOJA 3 DE 6)	26
FORMULARIO IBP-4 INVENTARIO BÁSICO DE PUENTES (HOJA 4 DE 6)	30
FORMULARIO IBP-5 INVENTARIO BÁSICO DE PUENTES (HOJA 5 DE 6)	37
Fotografías	42
Formularios	43



Introducción

El presente Manual para Inventario de Puentes está destinado a la realización del Inventario de todos los puentes de la red de la República, dentro del marco de la implementación del Sistema de Administración de Puentes (SAP).

Antecedentes

El antecedente directo de este Manual, ha sido el “Manual de Inventario Físico de Puentes”, editado por el MOP y la UPV en agosto de 2005; y ha sido confeccionado sobre la base del mismo, en el marco de la Actualización y Mejoramiento del Sistema de Administración de Puentes que se implementa a partir del año 2008.

Objetivo y Alcance

Esta nueva versión del Manual, se ha preparado para servir como instructivo y guía para la confección de un inventario revisado y actualizado de todos los puentes, con el objetivo de alimentar la Base de Datos de Puentes Nacionales con la que opera la nueva versión del SAP. Todos los formularios que se incluyen en el presente Manual, definen y permiten asentar las variables de la Base de Datos a partir de una primera inspección de las obras y/o de la primera vez que se ingrese a la Base una obra nueva. Presentan, por ello, una generalidad que les permite aplicarse a prácticamente cualquier tipo de puente. A su vez, los formularios incluyen tablas con una amplia gama de elementos de diferentes formas, materiales y características, con el objetivo de tener un único formulario para asentar en el inventario cualquier obra de puente.

Formularios para el Inventario Básico de Puentes

En las páginas siguientes, se incluyen imágenes de las diferentes páginas que comprenden un formulario para el Inventario Básico de Puentes (IBP-1), similar a los utilizados para realizar el Inventario que se ha incluido en la Base de Datos del Sistema SAP. Los formularios a reproducir para realizar inventarios, se incluyen en un Apéndice del presente Manual.

Posteriormente se incluye un Instructivo para su llenado, con la descripción de todos los campos.



SAP MOP



FORMULARIO IBP-1 INVENTARIO BÁSICO DE PUENTES 1 de 5

(1,2) **INSPECTOR:** **FECHA:**

(3) **TÉCNICO DE CONTROL DE CALIDAD:**

LOCALIZACIÓN

(4) **ZONA:** OCCIDENTAL CENTRAL ORIENTAL PARACENTRAL

(5) **RUTA o EJE:**

(6)	DEPARTAMENTO	01	AHUACHAPAN	08	LA PAZ
		02	SANTA ANA	09	CABANAS
		03	SONSONATE	10	SAN VICENTE
		04	CHALATENANGO	11	USulután
		05	LA LIBERTAD	12	SAN MIGUEL
		06	SAN SALVADOR	13	MORAZÁN
		07	CUSCATLÁN	14	LA UNIÓN

(7)	RED:	01	ESPECIAL	06	RURAL MODIF
		02	PRIMARIA	07	RURAL
		03	SECUNDARIA	08	VECINAL
		04	TERCIARIA MODIF	09	URBANA
		05	TERCIARIA	10	OTRA

(8,9) **TRAMO:** **DESDE:** **HASTA:**

(10,11) **NOMBRE DEL PUENTE:** **NÚMERO DEL PUENTE:**

(12) **DESIGNACIÓN DEL PASO:**

(13) **PROPIETARIO:** MOP MUNICIPAL PARTICULAR

(14,15,16) **UBICACIÓN:** **LATITUD:** **LONGITUD:** **ESTACIÓN:**

GEOMETRÍA Y CARACTERÍSTICAS GENERALES

(17,18) **AÑO DE CONSTRUCCIÓN:** **AÑO DE DISEÑO:**

(19) **CARGAS DE DISEÑO:**

(20,21) **LONGITUD TOTAL:** m **N° DE TRAMOS:**

(22) **LONGITUDES DE LOS TRAMOS:** 1 2 3 4 5 6 7

(23,24) **ANCHO DE CALZADA:** m CONSTANTE VARIABLE

LADO IZQUIERDO		LADO DERECHO	
(25,26)	ANCHO DE ACERA: <input type="text"/> m	ANCHO DE ACERA: <input type="text"/> m	
(27,28)	ALTURA DEL BORDILLO: <input type="text"/> m	ALTURA DEL BORDILLO: <input type="text"/> m	
(29,30)	ALTURA DE DEFENSA: <input type="text"/> m	ALTURA DE DEFENSA: <input type="text"/> m	
(31,32)	ALTURA DE BARANDAL: <input type="text"/> m	ALTURA DE BARANDAL: <input type="text"/> m	

(33) **COMENTARIOS:**

FORMULARIO IBP-1 INVENTARIO BÁSICO DE PUENTES 2 de 5

(34,35)	ESVIAJE:	SI	NO	°	CURVATURA:	SI	NO	R=	m	
(36,37)	GÁLIBO VERT SOBRE EL PTE:				m	GÁLIBO HORIZ SOBRE EL PTE:				m
(38,39)	GÁLIBO VERT BAJO EL PTE:				m	GÁLIBO HORIZ BAJO EL PTE:				m
(40,41)	CURVA ENTRADA:	SI	NO	R=	m	CURVA SALIDA:	SI	NO	R=	m
(42,43)	VISIBILIDAD EN EL INGRESO:	BUENA - REG - MALA			VISIBILIDAD EN LA SALIDA:	BUENA - REG - MALA				
(44)	PENDIENTE LONGITUDINAL EN EL PUENTE:	SI	NO	i =	%					
(45,46)	PEND. ENTRADA:	SI	NO	i =	%	PEND. SALIDA:	SI	NO	i =	%
(47)	PENDIENTE TRANSVERSAL:			PERALTE p=	%			BOMBEO i =	%	
(48)	COTA DE RASANTE:				m					
(49,50)	SEÑALIZ. VERTICAL:	SI	NO			SEÑALIZ. HORIZONTAL:	SI	NO		
(51)	ILUMINACIÓN:	SI	NO							
(52)	DUCTOS:	ACUEDUCTO	TELÉFONO	GAS	POLIDUCTO	ELECTRICIDAD				

ELEMENTOS COMPONENTES

(53)	TIPO DE PUENTE	TRAMOS ISOSTÁTICOS	ARCO TABL. SUPERIOR
		TRAMOS CONTINUOS	ARCO TABL. INFERIOR
		VOLADIZOS SUCESIVOS	BAILEY
		COLGANTE	BÓVEDA
		CERCHA	SUPER SPAN
		LOSA	CAJA
		ARCO DE MAMPOSTERÍA	OTRO (DESCRIBIR)

(54,55,56)	CAPA DE RODAMIENTO	BARANDAL IZQUIERDO	BARANDAL DERECHO
	ASFÁLTICA	CONCRETO REFORZADO	CONCRETO REFORZADO
	CONCRETO SIMPLE	POSTES DE CONCRETO Y TUBO	POSTES DE CONCRETO Y TUBO
	CONCRETO REFORZ.	POSTES DE HIERRO Y TUBOS	POSTES DE HIERRO Y TUBOS
	GRAVA o TIERRA	PLETINAS METÁLICAS	PLETINAS METÁLICAS
	ACERO	OTRO (DESCRIBIR)	OTRO (DESCRIBIR)

(57,58,59)	DEFENSA VEHICULAR IZQUIERDA	DEFENSA VEHICULAR DERECHA	TIPO DRENAJES DE CALZADA
	NEW JERSEY	NEW JERSEY	TUBOS EN CALZADA
	POSTES Y HORIZ. DE Conc. Ref.	POSTES Y HORIZ. DE Conc. Ref.	CAJA PARRILLA
	METÁLICA FLEX BEAM	METÁLICA FLEX BEAM	BOCA C/ COLECTOR
	METÁLICA BOX BEAM	METÁLICA BOX BEAM	SIN DRENAJE
	MAMPOSTERÍA	MAMPOSTERÍA	CUNETA
	CONCRETO	CONCRETO	
	OTRO (DESCRIBIR)	OTRO (DESCRIBIR)	OTRO (DESCRIBIR)

(60)	COMENTARIOS:	
------	---------------------	--



SAP MOP



FORMULARIO IBP-1 INVENTARIO BÁSICO DE PUENTES **3 de 5**

(61)	(62)	TRAMOS DEL PUENTE						
		1	2	3	4	5	6	7
(63)	TIPO DE TRAMO:							
(64)	SECCION TRANSVERSAL:							
(65)	DESARROLLO EN PLANTA:							
(66)	Nº DE VIGAS LONGITUDINALES:							
(67)	Nº DE VIGAS TRANSVERSALES:							

(68,69,70)	TIPOS DE TRAMOS	TIPOS DE SECCIÓN TRANSVERSAL	DESARROLLO EN PLANTA	
	1	ISOSTÁTICO	1 LOSA	1 RECTO
	2	CONTINUO	2 LOSA CON VIGAS DE BORDE	2 ESVIAJADO
	3	VOLADIZO	3 LOSA CON VIGAS DE Conc. Ref.	3 CURVO, VIGAS RECTAS IGUAL L.
	4	BÓVEDA	4 LOSA y VIGAS DE ACERO A. LL.	4 CURVO, VIGAS RECTAS DIF. L.
	5	COLGANTE	5 LOSA y VIGAS DE ACERO Cercha	5 CURVO CON VIGAS CURVAS
	6	VIGA GERBER	6 LOSA CON VIGAS DE Conc. Pret.	6 PLANTA TRAPEZIAL
	7	ARCO TABLERO SUP.	7 SECCION CAJÓN CONSTANTE	
	8	ARCO TABLERO INF.	8 SECCION CAJÓN VARIABLE	
	9	OTRO:		

(71)	ESQUEMAS ESTÁTICOS Y DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL (FOTOGAFIAR):

FORMULARIO IBP-1 INVENTARIO BASICO DE PUENTES										4 de 5	
(72)	TIPO ESTRIBO INICIAL	CERRADO		N° DE COLUMNAS O CONTRAFUERTES							
		ABIERTO		DE GRAVEDAD		MAMPOSTERÍA		CONCRETO		GAVIONES	
		ALEROS	AGUAS ARRIBA	PARALELO	ALETONES	AGUAS ARRIBA	PARALELO	AGUAS ABAJO	PARALELO	AGUAS ABAJO	INCLINADO
			AGUAS ABAJO	PARALELO		INCLINADO					
(73,74)											
(75)	DISPOSITIVOS DE APOYO	NO VISIBLE	LÁMINA ASFALTO	NEOPRENO	NEOPRENO CONFINADO	CHAPA ACERO	CHAPA PLOMO	RODILLO METÁLICO	BIELA	OTRO	
(76)	TOPES ANTISÍSMICOS	TIENE	NO TIENE	OBSERVACIONES:							
(77)	FUNDACIONES	TIPO		CANTIDAD		DIMENSIONES		COTA DE FUNDACION			
		PILOTES HICADOS									
		PILOTES PERFORADOS									
		CILINDROS									
		ZAPATA									
		PILOTE DE GRAVA EMPLANTILLADO		XXXXXXXX							
(78)	REVESTIMIENTO										
(79)			SUELO	PIEDRA	GAVIÓN	LOSAS CONCRETO	GRAMA	OTRO			
(80)	ACCESO INICIAL	TALUD DERECHO									
(81)		CONO DE DERRAME									
(82)		TALUD FRONTAL									
(83)		TALUD IZQUIERDO									
(84)		FUNDACION DEL REVESTIMIENTO									
(85)	LOSA DE APROXIMACION:		NO HAY	SI	L=	m					
(86)	DRENAJE EXTREMO:		NO HAY	DERRAMADERO	CANAL	CAJA	OTRO				
(87)	DEFENSAS EN ACCESO:		NO HAY	FLEX BEAM	HP. A°.	MADERA	OTRA				
(88)	TIPO ESTRIBO FINAL	CERRADO		N° DE COLUMNAS O CONTRAFUERTES							
		ABIERTO		DE GRAVEDAD		MAMPOSTERÍA		CONCRETO		GAVIONES	
		ALEROS	AGUAS ARRIBA	PARALELO	ALETONES	AGUAS ARRIBA	PARALELO	AGUAS ABAJO	PARALELO	AGUAS ABAJO	INCLINADO
			AGUAS ABAJO	PARALELO		INCLINADO					
(89,90)											
(91)	DISPOSITIVOS DE APOYO	NO VISIBLE	LÁMINA ASFALTO	NEOPRENO	NEOPRENO CONFINADO	CHAPA ACERO	CHAPA PLOMO	RODILLO METÁLICO	BIELA	OTRO	
(92)	TOPES ANTISÍSMICOS	TIENE	NO TIENE	OBSERVACIONES:							
(93)	FUNDACIONES	TIPO		CANTIDAD		DIMENSIONES		COTA DE FUNDACION			
		PILOTES HICADOS									
		PILOTES PERFORADOS									
		CILINDROS									
		ZAPATA									
		PILOTE DE GRAVA EMPLANTILLADO		XXXXXXXX							
(94)	REVESTIMIENTO										
(95)			SUELO	PIEDRA	GAVIÓN	LOSAS CONCRETO	GRAMA	OTRO			
(96)	ACCESO FINAL	TALUD DERECHO									
(97)		CONO DE DERRAME									
(98)		TALUD FRONTAL									
(99)		TALUD IZQUIERDO									
(100)		FUNDACION DEL REVESTIMIENTO									
(101)	LOSA DE APROXIMACION:		NO HAY	SI	L=	m					
(102)	DRENAJE EXTREMO:		NO HAY	DERRAMADERO	CANAL	CAJA	OTRO				
(103)	DEFENSAS EN ACCESO:		NO HAY	FLEX BEAM	HP. A°.	MADERA	OTRA				
JUNTAS EN LOS ESTRIBOS											
(104,105)	INICIAL			FINAL							
(106)	TIPOS DE JUNTAS										
	1	NO VISIBLE			5	LABIO POLIMERO Y SELLO NEOPRENO					
	2	JUNTA ABIERTA SIN ELEMENTO			6	NEOPRENO ARMADO					
	3	PERFILES DE ACERO			7	PEINE DE ACERO					
	4	PERFIL DE ACERO Y SELLO NEOPRENO			8	ASFALTO POLIMERIZADO					
	9	OTRA :									
(107)	COMENTARIOS:										



SAP MOP



FORMULARIO IBP-1 INVENTARIO BASICO DE PUENTES 5 de 5

(108)	PILA QUE SOPORTA LOS TRAMOS						
(109)	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8
(110)	TIPO DE PILA:						
(111)	TIPO DE FUSTE:						
(112)	NÚMERO DE COLUMNAS:						
(113)	TIPO DE BASE:						
(114)	TIPO DE FUNDACIÓN:						
(115)	APOYOS TRAMO QUE LLEGA:						
(116)	APOYOS TRAMO QUE SALE:						
(117)	TIPO DE JUNTA:						
(118)	TOPES ANTISÍSMICOS (SI/NO):						

(119, 120, 121)	TIPOS DE PILA		TIPOS DE FUSTE		TIPOS DE BASE	
	1	MARCO	1	COLUMNAS CIRCULARES	1	MACIZO CONCRETO SIMPLE
	2	PANTALLA	2	COLUMNAS ELÍPTICAS	2	BASE CONCRETO REFORZADO
	3	MARTILLO	3	COLUMNAS RECTANGULARES	3	CABEZAL DE PILOTES
	4	SECCIÓN CAJON	4	PANTALLA SECCIÓN CONSTANTE	4	CABEZAL DE CILINDROS
	5	MASIVA	5	PANTALLA SECCIÓN VARIABLE	5	GAVIONES
	6	PILA-PILOTE	6	MASIVA DE MAMPOSTERÍA	6	EMPLANTILLADO
	7	METÁLICA PERFILES	7	MASIVA DE CONCRETO SIMPLE		
	8	METÁLICA TUBOS	8	MASIVA DE GAVIONES		
			9	SECCIÓN CAJÓN		
		10	COLUMNAS DE ACERO			

(122)	TIPO DE FUNDACION	CANTIDAD	DIMENSIONES	COTA DE FUNDACION
(123, 124, 125)	1	DIRECTA		
	2	PILOTES HINCADOS		
	3	PILOTES PERFORADOS		
	4	CILINDROS		
	5	EMPLANTILLADO		
	6	OTRA:		

DISPOSITIVOS DE APOYO				
(126)	1	NO VISIBLES	7	CHAPA DE ACERO
	2	LÁMINA DE ASFALTO	8	CHAPA DE PLOMO
	3	COLUMNAS RECTANGULARES	9	RODILLO DE ACERO
	4	NEOPRENO	10	MÓVIL DE ACERO
	5	NEOPRENO CONFINADO	11	FIJO DE ACERO
	6	NEOPRENO Y TEFLÓN	12	PÉNDOLA DE CONCRETO
	13	OTRO :		

TIPOS DE JUNTAS				
(127)	1	NO VISIBLES	5	LABIO POLIMERO Y SELLO NEOPRENO
	2	JUNTA ABIERTA SIN ELEMENTO	6	NEOPRENO ARMADO
	3	PERFILES DE ACERO	7	PEINE DE ACERO
	4	PERFIL DE ACERO Y SELLO NEOPRENO	8	ASFALTO POLIMERIZADO
	9	OTRA :		

(128)	ESQUEMAS DE VISTA FRONTAL Y LATERAL Y PLANTA DE LAS DIFERENTES PILAS (FOTOGRAFIAR):
-------	---

Instructivo para el llenado del formulario de Inventario Básico de Puentes IBP-1

El presente instructivo es una guía para que el personal que realiza la inspección de inventario pueda completar los formularios con un criterio unificado y sistematizado para luego ingresar los datos en la Base de Datos del SAP.

A continuación se detallan las instrucciones para el registro de datos solicitados por el IBP-1 indicando cada instrucción con el número de cada dato del formulario, que figura en la columna izquierda de las imágenes que anteceden.

FORMULARIO IBP-1 INVENTARIO BÁSICO DE PUENTES (HOJA 1 DE 6)

Localización

- (1) Nombre y Apellido del inspector jefe, en el momento de realizar la inspección
- (2) Fecha en que se realiza la inspección de la obra
- (3) Nombre y Apellido del técnico de control de calidad, en el momento de realizar la inspección
- (4) Zona donde se encuentra el puente inventariado

Envuelva con una elipse la zona en que se encuentra ubicado el Puente, de acuerdo a la división zonificada de la República de El Salvador:

Código	Zona	Departamentos
OC	Occidental	Ahuachapán, Santa Ana y Sonsonate
CE	Central	La Libertad, Chalatenango, San Salvador
PC	Para – Central	Cuscatlán, Cabañas, San Vicente y La Paz
OR	Oriental	Usulután, San Miguel, Morazán y La Unión

- (5) Ruta o eje que pasa **sobre** el puente inventariado

De acuerdo al Sistema de Gestión Vial, se ha generado un código que identifica las carreteras en Vías Interurbanas y un código que identifica los ejes en Vías Urbanas, en el que se encuentra el puente, para obtener este código confróntese el inventario vial y posteriormente escriba el nombre de la ruta o eje, en el campo indicado.

(6) Departamento

Envuelva con un círculo el código correspondiente al Departamento del País en que esta localizado el Puente. La división política de El Salvador esta constituida por 14 departamentos que son:

Código	Departamento
1	Ahuachapán
2	Santa Ana
3	Sonsonate
4	Chalatenango
5	La Libertad
6	San Salvador
7	Cuscatlán
8	La Paz
9	Cabañas
10	San Vicente
11	Usulután
12	San Miguel
13	Morazán
14	La Unión

(7) Red a la que pertenece la ruta o eje que pasa **sobre** el puente inventariado

Envuelva con un círculo, el código correspondiente a la clasificación vial de la vía en cuestión en la que se encuentra localizado el puente:

RED:	01	ESPECIAL		06	RURAL MODIF.
	02	PRIMARIA		07	CAMINO RURAL A
	03	SECUNDARIA		08	CAMINO RURAL B
	04	TERCIARIA MODIF		09	URBANA
	05	TERCIARIA		10	OTRA

- (8) En Desde, registrar el nombre del origen del tramo
- (9) En Hasta, registrar el nombre de la finalización del tramo

TRAMO:	Nro:	DESDE:	
		HASTA:	

- (10) Nombre con el que eventualmente se identifique al puente, en caso de tenerlo. Por ejemplo: "Presidente Dr. Ramiro Antezana". En caso que el puente no tenga nombre, se consignara: S/N (Sin Nombre)
- (11) Nro. del Puente
- (12) Designación del paso, puede ser este un río, quebrada, arroyo, carretera, vía férrea, etc. Por ejemplo: Río el Quemado. En caso que el puente no tenga nombre, se consignara: S/N (Sin Nombre)
- (13) Propietario de la obra al momento de realizar la inspección. Si el inspector tiene dudas, este campo se puede llenar en la oficina.

Envuelva con una elipse el propietario de la vía, por lo general el propietario será MOP (Ministerio de Obras Públicas).

PROPIETARIO:	MOP	MUNICIPAL	PARTICULAR
---------------------	-----	-----------	------------

- (14) Latitud del punto de intersección del eje del puente con la junta que marca el inicio de la estructura (ver figura 1), obtenida con GPS configurado con Norma NAD 27, anotando como mínimo ocho (8) dígitos decimales.
- (15) Longitud del punto de intersección del eje del puente con la junta que marca el inicio de la estructura (ver figura 1), obtenida con GPS configurado con Norma NAD 27, anotando como mínimo ocho (8) dígitos decimales

UBICACION:	LATITUD:	
	LONGITUD:	

El llenado de estos campos permitirá georreferenciar la obra para identificarla en un sistema GIS

- (16) Estación del punto de intersección del eje del puente con la junta que marca el inicio de la estructura. Esta es un valor compuesto de dos (2) números cada uno de tres (3) cifras enlazados por el signo de agrupación “ + ” el primer número corresponde a kilómetro y el segundo a los metros, se omiten los decimales puesto que no se requiere mucha precisión. Cuando haya hitos en la carretera, se fijará esta estación con el odómetro, de lo contrario se determinará con cartografía y relevamiento de puntos de paso marcados con el GPS, en gabinete (ver figura 1)

ESTACION:	_ _ _ + _ _ _
------------------	---------------

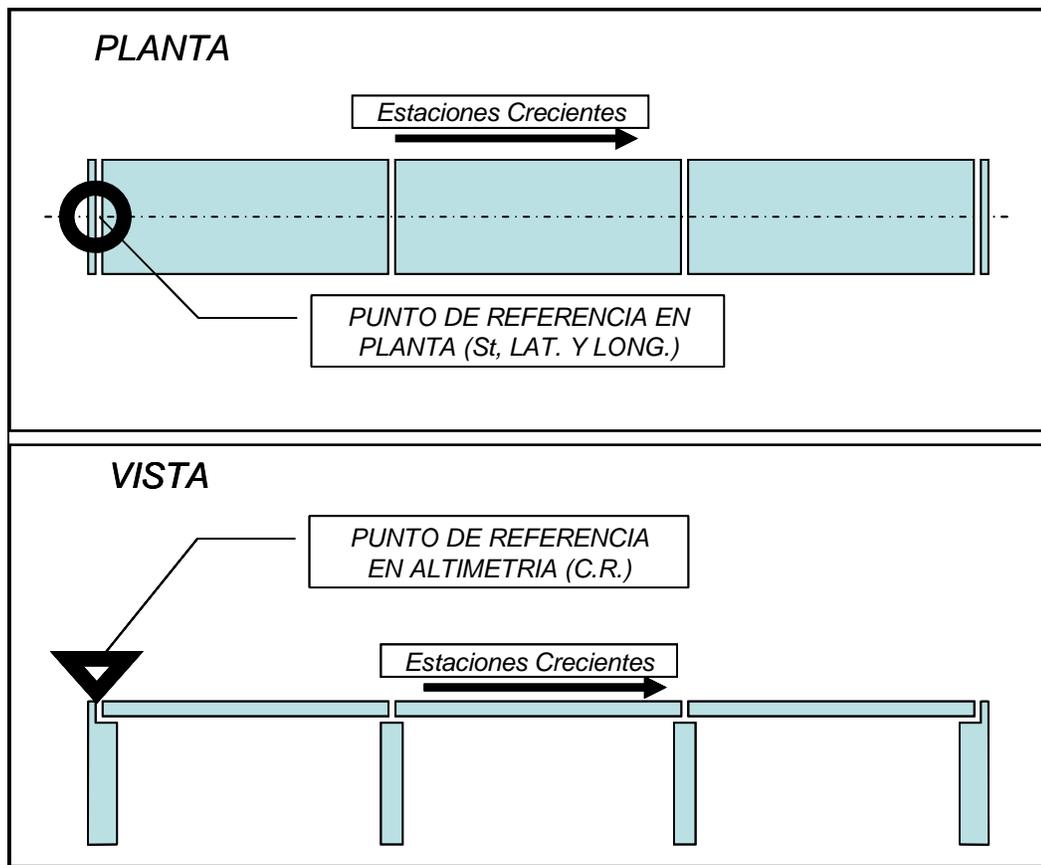


Figura 1

Geometría y Características Generales

- (17) Se consignará la fecha de construcción cuando pueda determinarse por la existencia de una placa que lo indique o por referencia de pobladores o autoridades. Si el puente ha tenido una obra de reconstrucción, se registrará la fecha (año) de la reconstrucción.
- (18) Cuando pueda obtenerse la información, se consignará la fecha del diseño, en caso contrario, el campo quedará en blanco, a la espera de que pueda llenarse en el futuro
- (19) Cuando pueda obtenerse la información, se consignará la carga de diseño, en caso contrario, el campo quedará en blanco, a la espera de que pueda llenarse en el futuro
- (20) Longitud total, medida con cinta, entre juntas extremas del puente, sobre el eje del mismo, expresada en metros y decimales.

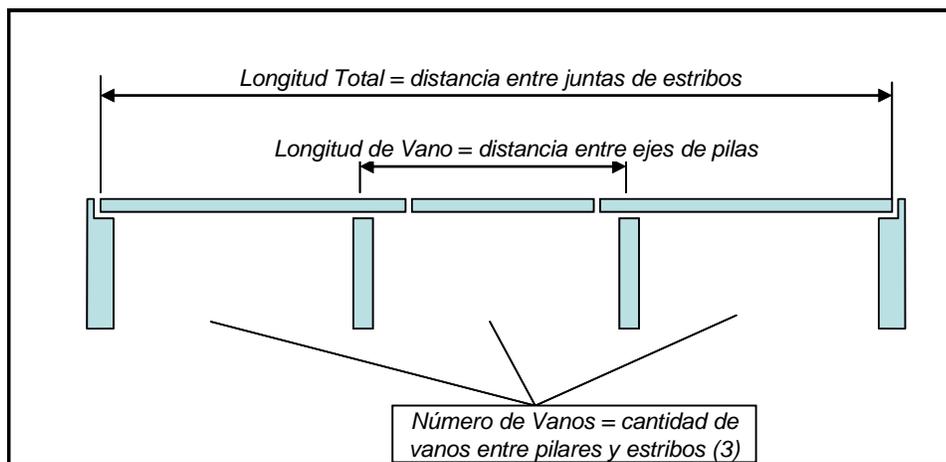


Figura 2

- (21) Número de vanos de estructura (ver figura 2)
- (22) Longitudes de los vanos, medidas con cinta sobre el eje del puente, entre juntas del pavimento cuando las hubiere o entre ejes de pilares o apoyos sobre los estribos, en metros (ver figura 2)
- (23) Ancho de la calzada, medido entre bordillos, en forma perpendicular al eje del puente y en el centro del mismo, en metros y decimales (ver figura 3)

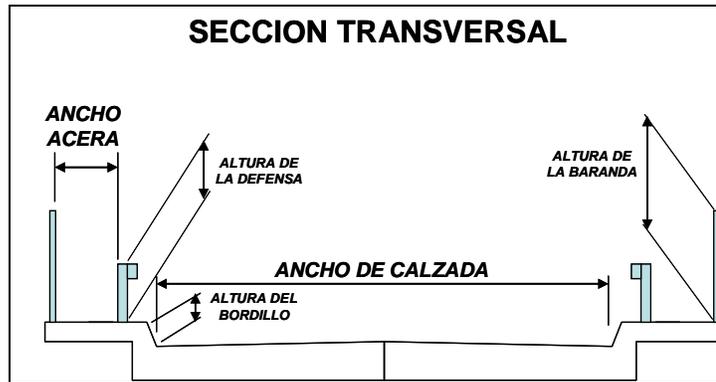


Figura 3

- (24) Indicar **CONSTANTE**, cuando a simple vista se trate de un puente de ancho de calzada uniforme y **VARIABLE**, cuando a simple vista se trate de un puente cuyo ancho varía por ingreso o salida de una calzada adicional (ver Figura 4)

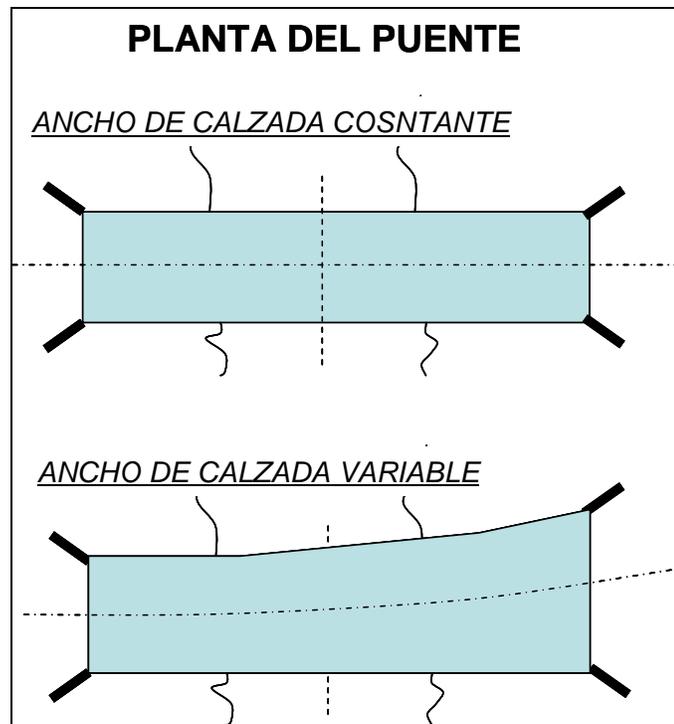


Figura 4

- (25) Ancho útil de la acera izquierda medida en forma perpendicular al eje del puente, desde el borde superior del bordillo o desde la cara externa de la defensa de tránsito si la hubiera, hasta la cara interior de la baranda peatonal, en metros y decimales (ver figura 3). Si no existe acera, completar la casilla con un guión (-).

- (26) Ancho útil de la acera derecha medida en forma perpendicular al eje del puente, desde el borde superior del bordillo o desde la cara externa de la defensa de tránsito si la hubiera, hasta la cara interior de la baranda peatonal, en metros y decimales (ver figura 3). Si no existe acera, completar la casilla con un guión (-).
- (27) Altura del bordillo izquierdo medida desde la superficie de rodadura hasta el nivel superior, en metros y decimales (ver figura 3). Si no existe bordillo, completar la casilla con un guión (-).
- (28) Altura del bordillo derecho medida desde la superficie de rodadura hasta el nivel superior, en metros y decimales (ver figura 3). Si no existe bordillo, completar la casilla con un guión (-).
- (29) Altura de la defensa vehicular izquierda, si la hubiere, medida desde su superficie de apoyo hasta el punto más alto de los postes u borde horizontal superior, en metros y decimales (ver figura 3). Si no existe defensa, completar la casilla con un guión (-).
- (30) Altura de la defensa vehicular derecha, si la hubiere, medida desde su superficie de apoyo hasta el punto más alto de los postes u borde horizontal superior, en metros y decimales (ver figura 3). Si no existe defensa, completar la casilla con un guión (-).
- (31) Altura de la baranda peatonal izquierda, si la hubiere, medida desde su superficie de apoyo hasta el punto más alto de los postes u borde horizontal superior, en metros y decimales (ver figura 3). Si no existe baranda peatonal, completar la casilla con un guión (-).
- (32) Altura de la baranda peatonal derecha, si la hubiere, medida desde su superficie de apoyo hasta el punto más alto de los postes u borde horizontal superior, en metros y decimales (ver figura 3). Si no existe baranda peatonal, completar la casilla con un guión (-).
- (33) Comentarios: Se agregará en este espacio y en el lado posterior de la hoja en caso de no alcanzar, todos los comentarios que desee incluir el Inspector para indicar cualquier situación no exactamente contemplada en esta hoja del formulario. Se recomienda hacer uso frecuente de este espacio

FORMULARIO IBP-2 INVENTARIO BÁSICO DE PUENTES (HOJA 2 DE 6)

- (34) Indicar si la estructura ha sido construida con **ESVIAJE** o no. En caso de consignar **SI**, indicar el ángulo que forma la perpendicular al eje del puente con la dirección de las juntas extremas. El esviaje será positivo cuando el ángulo se obtenga girando en el sentido de las agujas del reloj. Se hace notar que la estructura se consignará como enviajada cuando haya sido construida de esta manera, no cuando habiendo sido construida en forma ortogonal, el río o quebrada lo cruce en forma enviajada (ver figura 5)

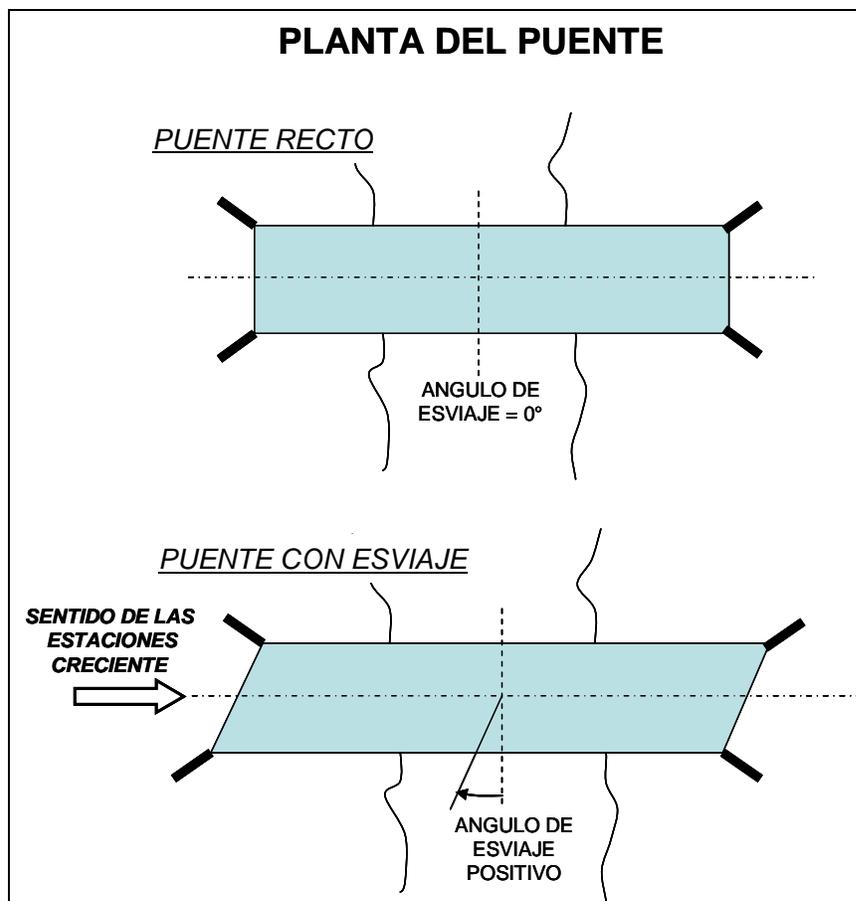


Figura 5

- (35) Indicar si la estructura es **CURVA** en planta o no. En caso de consignar **SI**, indicar el radio de curvatura del eje del puente en forma aproximada, en metros (ver figura 6)

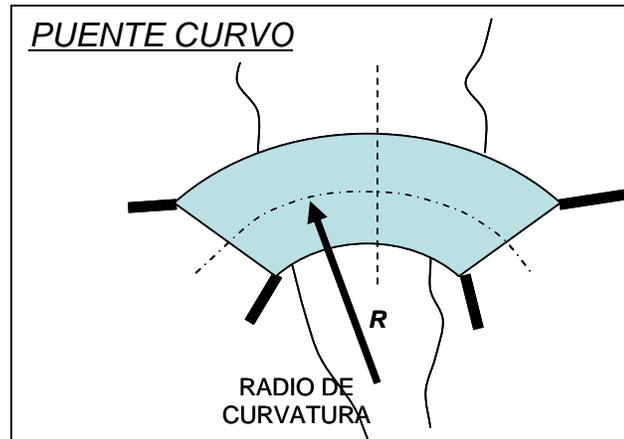


Figura 6

- (36) Se colocará la medida del gálibo vertical sobre el puente, si aplica, en metros. En caso de disponer altura infinita por no haber obstáculos arriba, registrar N/A (No Aplica)

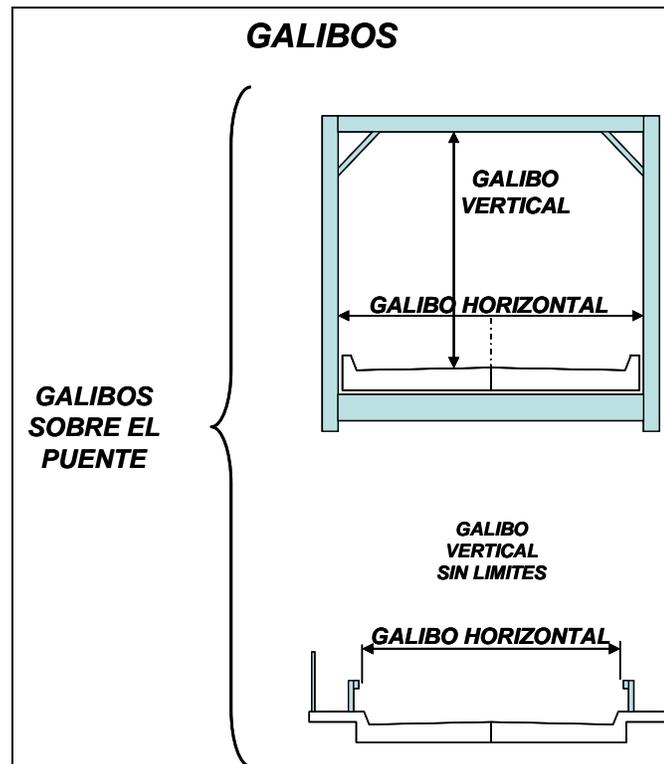


Figura 7

- (37) Se colocará la medida del gálibo horizontal, sobre el puente, medido entre caras internas de vigas o cerchas principales o entre caras internas de defensas vehiculares o barandas peatonales, en metros y decimales (ver figura 7)
- (38) Se colocará la medida del gálibo vertical **bajo el puente**, solamente cuando este pase sobre una carretera o vía férrea, en metros y decimales (ver figura 8), en caso contrario, registrar N/A (No Aplica).
- (39) Se colocará la medida del gálibo horizontal, **bajo el puente**, medido entre caras internas de pilas o estribos del puente, solamente cuando este pase sobre una carretera o vía férrea, en metros y decimales (ver figura 8), en caso contrario, registrar N/A (No Aplica).

GALIBOS BAJO EL PUENTE

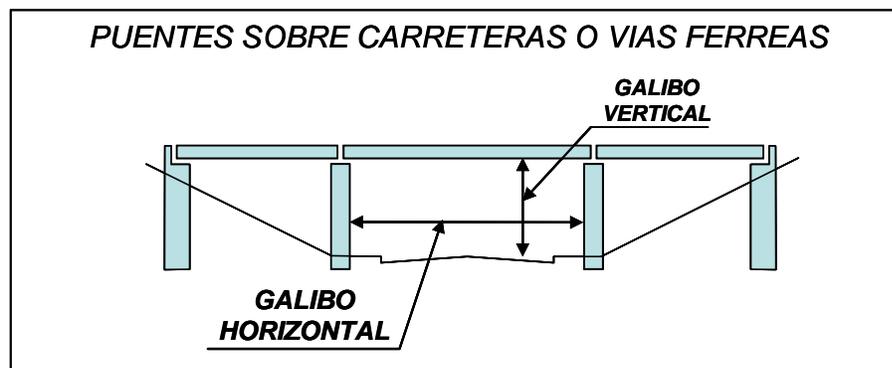


Figura 8

- (40) Indicar si existe curva a la entrada del puente, considerando la dirección de las estaciones crecientes haciendo un círculo en la opción correcta. En caso afirmativo, indicar su radio aproximado, en metros
- (41) Indicar si existe curva a la salida del puente, considerando la dirección de las Estaciones crecientes haciendo un círculo en la opción correcta. En caso afirmativo, indicar su radio aproximado, en metros
- (42) Evaluar las condiciones de visibilidad para un conductor que ingresa al puente en el sentido creciente de las Estaciones y hacer una elipse en la opción elegida

- (43) Evaluar las condiciones de visibilidad para un conductor que ingresa al puente en el sentido contrario al creciente de las Estaciones y hacer una elipse en la opción elegida
- (44) Indicar si la calzada del puente presenta pendiente longitudinal en su punto medio haciendo un círculo en la opción adecuada, y colocar su valor aproximado en %, positivo cuando la rasante sube en el sentido de las Estaciones crecientes (ver figura 9)
- (45) Indicar si la calzada tiene pendiente en el ingreso al puente haciendo un círculo en la opción adecuada y colocar su valor aproximado en %, como positivo, cuando la rasante sube en el sentido de las Estaciones crecientes (ver figura 9)

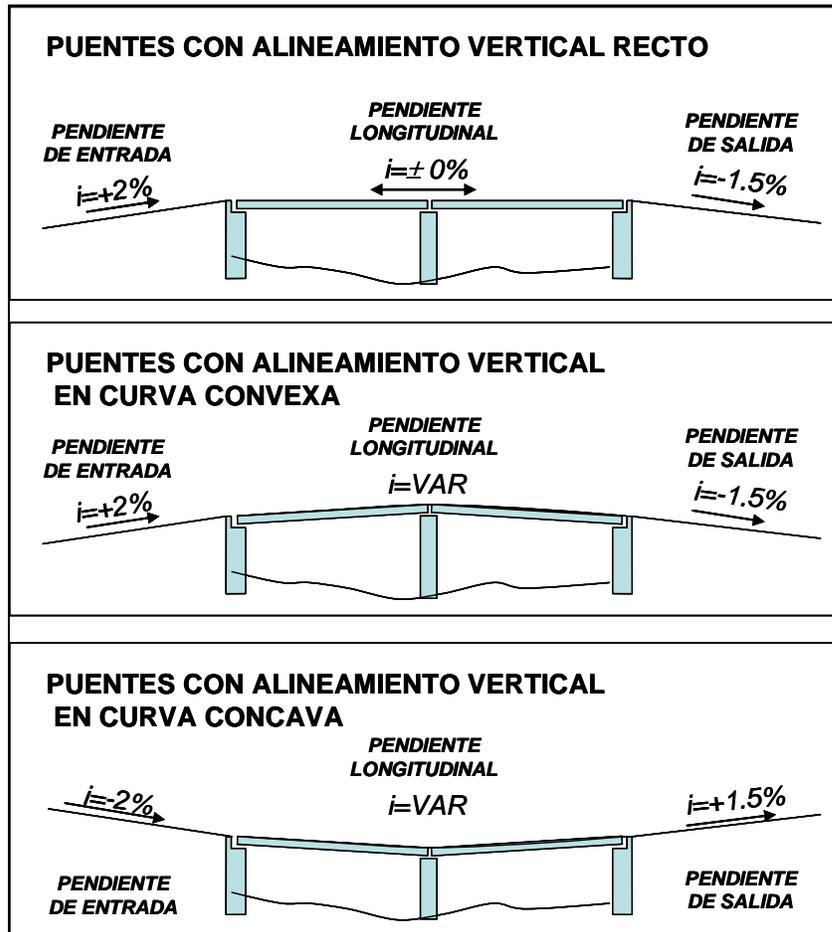


Figura 9

- (46) Indicar si la calzada tiene pendiente en la salida del puente haciendo un círculo en la opción adecuada y colocar su valor aproximado en %, como positivo, cuando la rasante sube en el sentido de las Estaciones crecientes (ver figura 9)
- (47) Indicar la pendiente transversal de la calzada, marcando con una **X** el campo adecuado, como peralte cuando tenga un solo sentido y se encuentre en curva o como bombeo en trazados rectos. Colocar los valores en forma estimada, en % (ver figura 10)

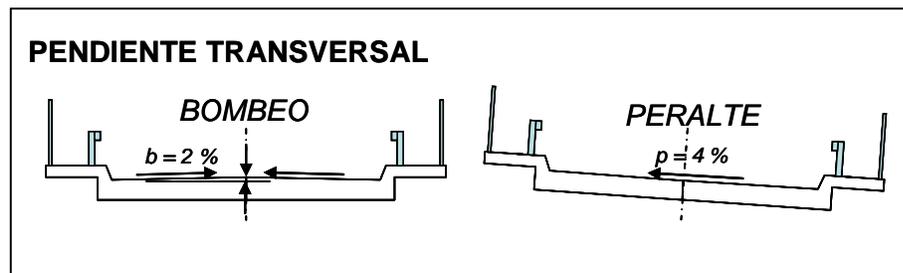


Figura 10

- (48) Colocar la cota de rasante en la junta del estribo de entrada. Si no se conoce este valor, consignar un valor de 10,00. como punto de referencia (ver figura 1)
- (49) Indicar si existe o no carteles de señalización vertical en la entrada o sobre el puente
- (50) Indicar si existe o no señalización horizontal en la calzada del puente (líneas demarcatorias de centro o bordes de calzada, tachas reflectantes, etc.) haciendo un círculo en la opción correcta
- (51) Encerrar en un círculo si el puente está iluminado o no
- (52) Encerrar en un círculo si existen ductos adosados a la estructura del puente exclusivamente. Puede indicarse más de una opción si hubiese más de un ducto

Elementos Componentes

- (53) Este numeral se refiere al tipo de puente desde el punto de vista global y de acuerdo al esquema estructural longitudinal de su vano principal. Por ejemplo si se trata de un puente largo cuyo vano principal es un arco, aunque posee varios vanos de acceso de otro tipo estructural, deberá consignarse como puente tipo arco

Las figuras que siguen, ilustran los diferentes tipos de puentes según su esquema estructural longitudinal.

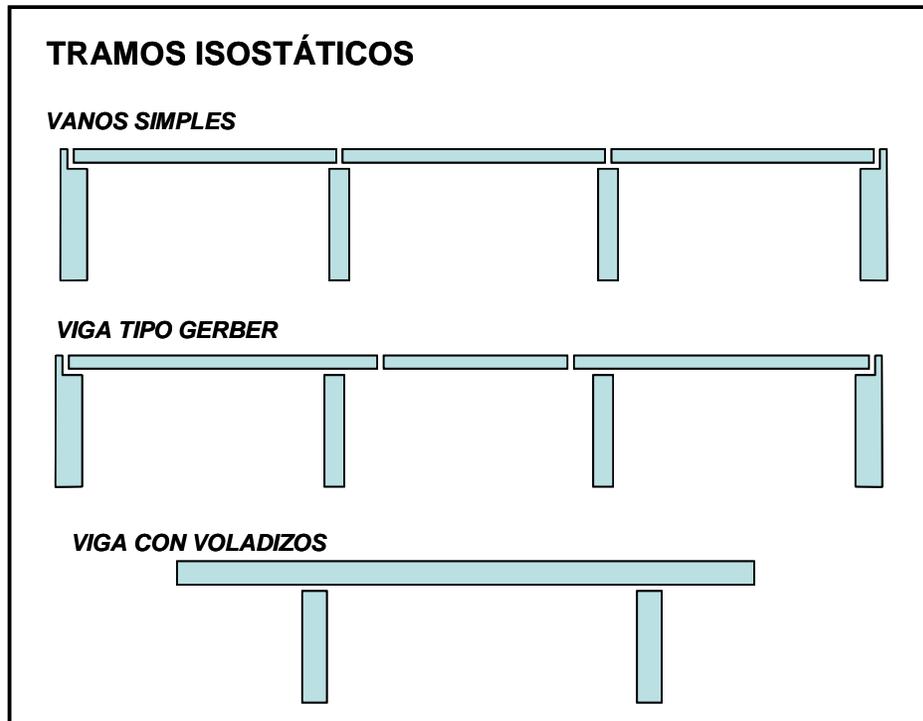


Figura 11

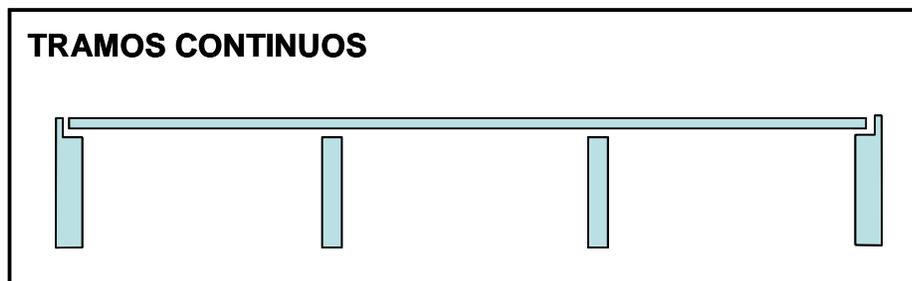


Figura 12



Figura 13

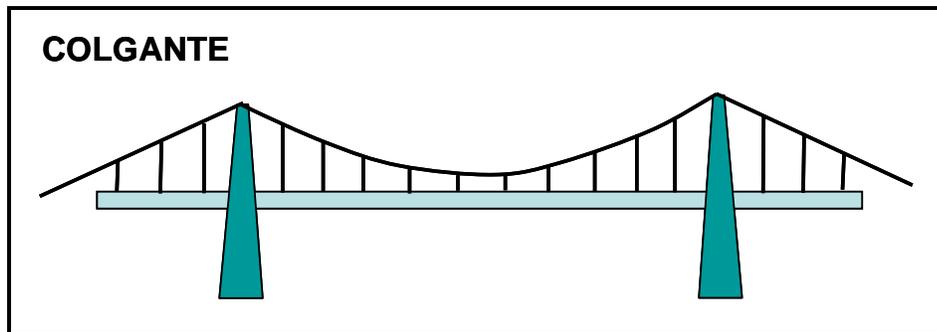


Figura 14



Figura 15

ARCO DE MAMPOSTERIA



Figura 16

ARCO CON TABLERO INFERIOR



Figura 17

ARCO CON TABLERO SUPERIOR

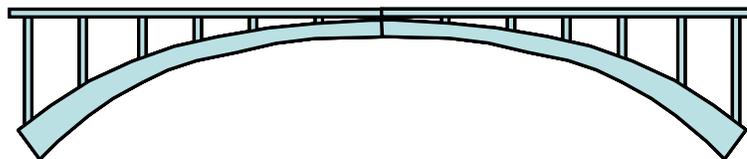


Figura 18

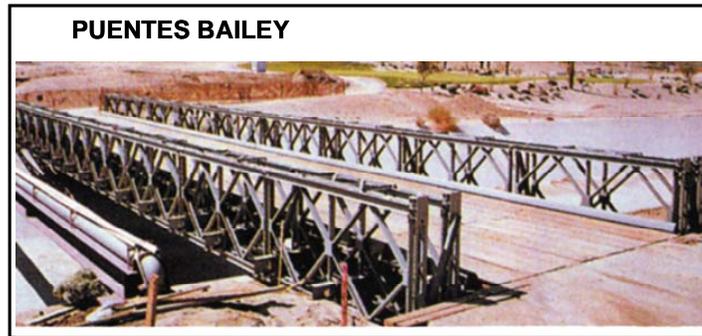


Figura 19

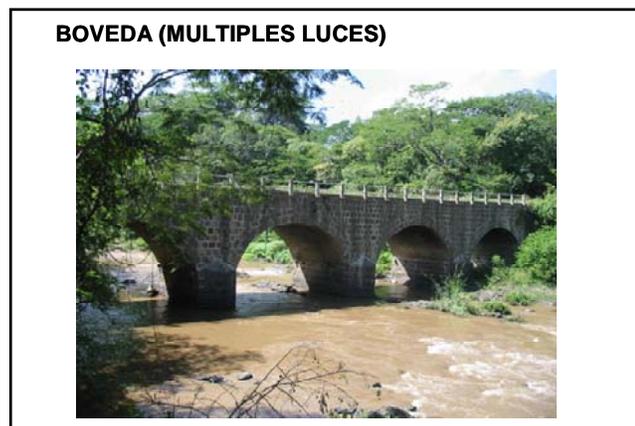


Figura 20



Figura 21

PUNTES TIPO CAJA



Figura 22

- (54) Marcar con una X el material de la capa de rodamiento que tiene el puente en el momento de la inspección (ver figuras 23 y 24)

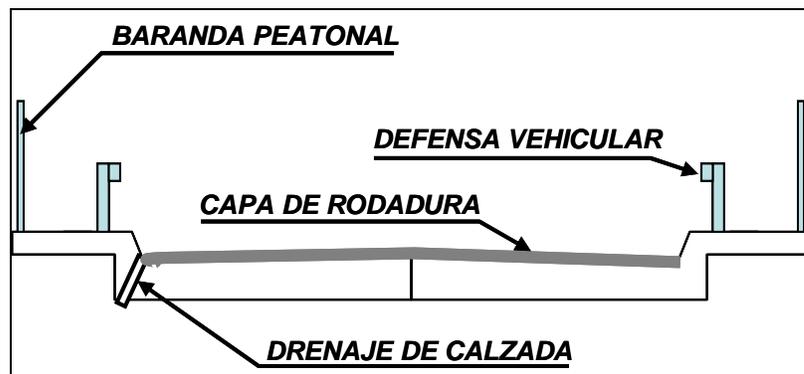


Figura 23

CAPA DE RODAMIENTO	
<input type="checkbox"/>	ASFÁLTICA
<input type="checkbox"/>	CONCRETO SIMPLE
<input type="checkbox"/>	CONCRETO REFORZ.
<input type="checkbox"/>	GRAVA o TIERRA
<input type="checkbox"/>	ACERO

Figura 24

- (55) Marcar con una **X** el tipo de baranda peatonal existente del lado izquierdo, considerando el avance en el sentido de las Estaciones crecientes. Describir someramente cualquier otro tipo de baranda que no se encuentre en el listado (ver figuras 23 y 25)
- (56) Marcar con una **X** el tipo de baranda peatonal existente del lado derecho, considerando el avance en el sentido de las Estaciones crecientes. Describir someramente cualquier otro tipo de baranda que no se encuentre en el listado (ver figuras 23 y 25)

BARANDA IZQUIERDA		BARANDA DERECHA	
	CONCRETO REFORZADO		CONCRETO REFORZADO
	POSTES DE CONCRETO Y TUBO		POSTES DE CONCRETO Y TUBO
	POSTES DE HIERRO Y TUBOS		POSTES DE HIERRO Y TUBOS
	PLETINAS METALICAS		PLETINAS METALICAS
	OTRO: (DESCRIBIR)		OTRO: (DESCRIBIR)

Figura 25

- (57) Marcar con una **X** el tipo de defensa vehicular, si la hubiere, existente del lado izquierdo, considerando el avance en el sentido de las Estaciones crecientes. Describir someramente cualquier otro tipo de baranda que no se encuentre en el listado (ver figuras 23 y 26)
- (58) Marcar con una **X** el tipo de defensa vehicular, si la hubiere, existente del lado izquierdo, considerando el avance en el sentido de las Estaciones crecientes. Describir someramente cualquier otro tipo de baranda que no se encuentre en el listado (ver figuras 23 y 26)

DEFENSA VEHICULAR IZQ.		DEFENSA VEHICULAR DER.	
	NEW JERSEY		NEW JERSEY
	POSTES Y HORIZ. DE Conc. Ref.		POSTES Y HORIZ. DE Conc. Ref.
	METÁLICA FLEX BEAM		METÁLICA FLEX BEAM
	METÁLICA BOX BEAM		METÁLICA BOX BEAM
	MAMPOSTERIA		MAMPOSTERIA
	CONCRETO		CONCRETO
	OTRO: (DESCRIBIR)		OTRO: (DESCRIBIR)

Figura 26

- (59) Se refiere al drenaje existente sobre la calzada del puente, es decir el sistema de drenaje ejecutado entre las juntas extremas de la obra. No se incluyen en este

numeral los sistemas de drenaje que puedan existir en los accesos extremos, marcar con una **X** el tipo de drenaje de calzada (ver figuras 23 y 27)

TIPO DRENAJES DE CALZADA	
	TUBOS EN CALZADA
	CAJA PARRILLA
	BOCA C/ COLECTOR
	SIN DRENAJE
	CUNETA
	OTRO: (DESCRIBIR)

Figura 27

- (60) Comentarios: Se agregará en este espacio y en el lado posterior de la hoja en caso de no alcanzar, todos los comentarios que desee el Inspector para indicar cualquier situación no exactamente contemplada en esta hoja del formulario

FORMULARIO IBP-3 INVENTARIO BÁSICO DE PUENTES (HOJA 3 DE 6)

- (61) Indica cada uno de los vanos que componen el puente. La figura 28 muestra los datos que deberán completarse para cada vano. En caso de tener, el puente, más de 7 vanos, pueden ponerse los datos en una copia adicional del formulario o agregarse en la parte posterior de la hoja consignando esta situación. Esta tabla se llena colocando números en los espacios adecuados.

	VANOS DEL PUENTE						
	1	2	3	4	5	6	7
TIPO DE VANO:							
SECCION TRANSVERSAL:							
DESARROLLO EN PLANTA:							
N° DE VIGAS LONGITUDINALES:							
N° DE VIGAS TRANSVERSALES:							

Figura 28

- (62) El número de cada vano se cuenta comenzando por el 1 en la junta del estribo inicial en el sentido de las Estaciones crecientes (ver figura 29)



Figura 29

Completar con **X**, los espacios correspondientes de la tabla de acuerdo a las instrucciones que siguen, para cada vano del puente..

- (63) El tipo de vano, se indica escribiendo el número correspondiente al código que se muestra en la tabla adjunta al Formulario.

TIPOS DE VANOS	
1	ISOSTÁTICO
2	CONTINUO
3	VOLADIZO
4	BOVEDA
5	COLGANTE
6	VIGA GERBER
7	ARCO TABL. SUP.
8	ARCO TABL. INF.
9	OTRO

Figura 30

Para elegir el código adecuado, referirse a las figuras correspondientes al tipo de puente (ver figuras 11 a 22)

- (64) Escribir el número que corresponda al tipo de sección transversal del vano, de acuerdo a la tabla del número (69) ver figuras 31 a 36

SECCION TIPO "LOSA"



Figura 31

SECCION TIPO “LOSA CON VIGAS DE BORDE”



Figura 32

LOSA CON VIGAS DE Ho Ao

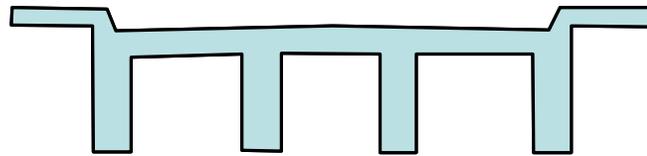


Figura 33

LOSA CON VIGAS DE Ho Po

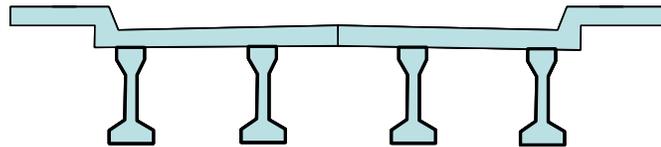


Figura 34

LOSA CON VIGAS DE ACERO

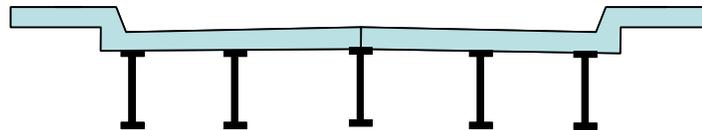


Figura 35

SECCION CAJON

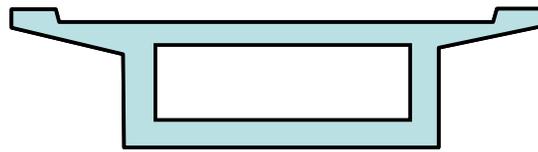


Figura 36

- (65) Escribir el número que corresponda a la forma que presente el vano correspondiente, en planta, de acuerdo a la tabla del número (70)
- (66) Indicar el número de vigas longitudinales para los tipos de sección transversal: 2, 3, 4, 5 y 6, solamente. Poner un guión (-) para los demás casos
- (67) Colocar el número de vigas transversales, incluyendo las vigas transversales extremas, para todos los casos de sección transversal. En el caso de sección tipo 1 (sección tipo Losa), se indicarán, si las hubiere, vigas transversales de refuerzo en los apoyos extremos
- (68) Cuadro donde se muestran los tipos de vano más comunes que pueden encontrarse y que se ilustran en las figuras 11 a 22.
- (69) Cuadro donde se muestran los tipos de sección transversal más comunes que pueden encontrarse y que se ilustran en las figuras 31 a 36
- (70) Cuadro que indica las formas usuales de desarrollo en planta ver figura 37
- (71) En este espacio se dibujarán a mano alzada, el esquema estático del puente y sus vanos, y la sección transversal, con algunas dimensiones generales. Una vez completados los dibujos, se tomará una fotografía digital, con lente macro, para guardar el archivo *.jpg en la base de datos. También se agregará en este espacio y en el lado posterior de la hoja, en caso de no alcanzar, todos los comentarios que desee el Inspector para indicar cualquier situación no exactamente contemplada en esta hoja del formulario.

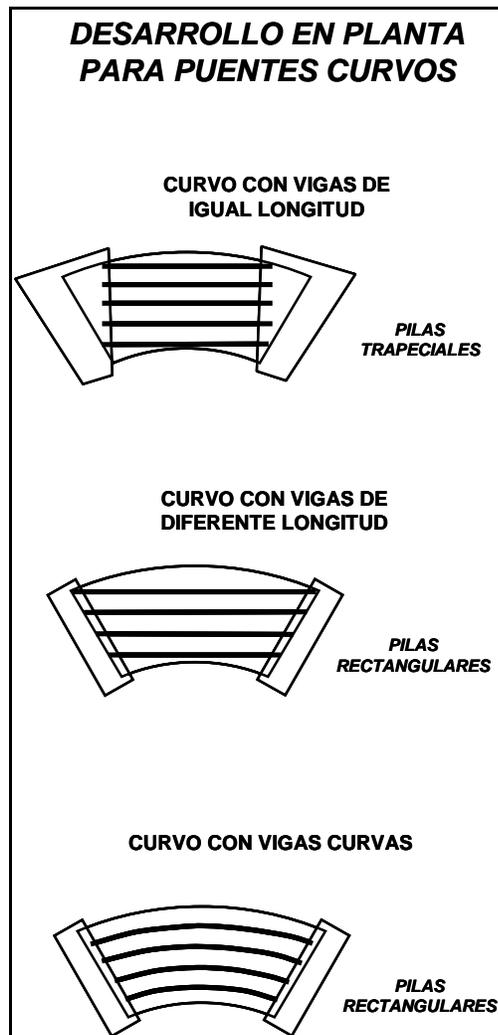


Figura 37

FORMULARIO IBP-4 INVENTARIO BÁSICO DE PUENTES (HOJA 4 DE 6)

- (72) Indicar con una marca, el tipo de **ESTRIBO INICIAL**, como CERRADO, ABIERTO o DE GRAVEDAD. En el caso de estribo ABIERTO, se anotará el número de columnas o contrafuertes si es que fueran visibles o se contara con los planos. En el caso de estribos DE GRAVEDAD, se indicará el material del que está construido. Referirse a las figuras 38 a 42.

TIPO ESTRIBO INICIAL	CERRADO								
	ABIERTO				N° DE COLUMNAS O CONTRAFUERTES				
	DE GRAVEDAD:		MAMPOSTERIA		CONCRETO		GAVIONES		
	ALEROS	AGUAS ARRIBA		PARAL.		ALE- TONES	AGUAS ARRIBA		PARAL.
				A 45°					A 45°
		AGUAS ABAJO		PARAL.			AGUAS ABAJO		PARAL.
			A 45°					A 45°	

Figura 38

- (73) En estos espacios se marcará con una **X** según los aleros (monolíticos con la parte frontal del estribo) son paralelos o inclinados. Se dispone de espacios para el lado aguas arriba y aguas abajo para el caso de cursos de agua. Si se tratase de puentes sobre vías o carreteras, se utilizará el campo aguas arriba para el lado derecho considerado en el sentido de avance de las estaciones y aguas abajo, el lado izquierdo (ver figuras 39 a 42)
- (74) Se indicarán con **X**, las características de los aletones (constituidos por muros de sostenimiento o encauzamiento, construidos en forma independiente con respecto al estribo. En caso de no existir aletones, los espacios se llenarán con N/A (No Aplica) (ver figuras 39 a 42)

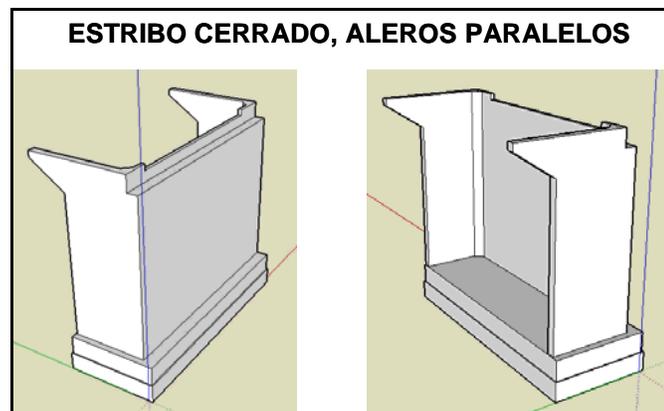


Figura 39



Figura 40

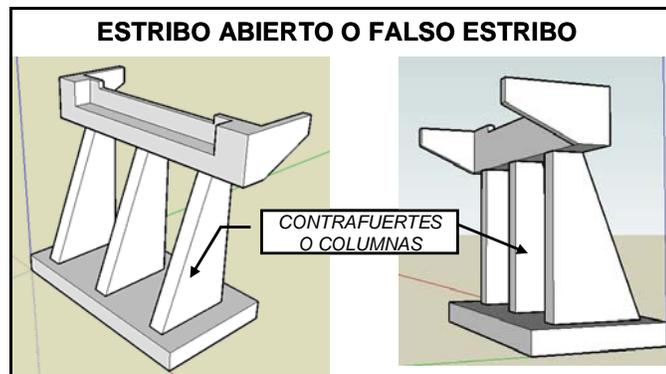


Figura 41

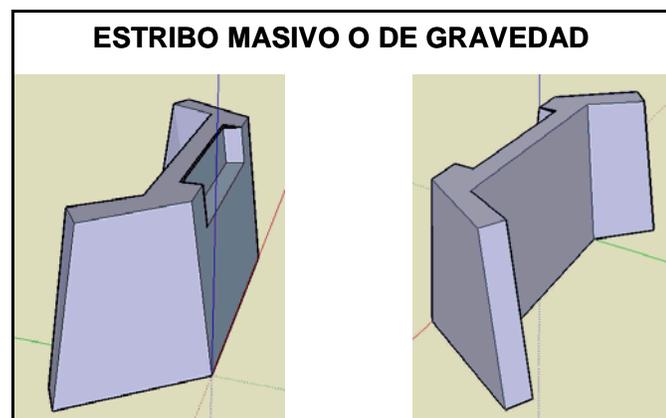


Figura 42

- (75) Encerrar con un círculo el tipo de dispositivo de apoyo dispuesto en el estribo considerado, en caso de poder identificarse durante la inspección. Se han listado los

tipos de apoyo que pueden llegar a encontrarse, aún cuando varios de ellos no han tenido aplicación hasta el momento en el país. En el caso de no existir, registrar NO HAY en Observaciones

(75)	DISPOSITIVOS DE APOYO	NO VISIBLE	LÁMINA ASFALTO	NEOPRENO	NEOPRENO CONFINADO	CHAPA ACERO	CHAPA PLOMO	RODILLO METÁLICO	BIELA	OTRO
------	------------------------------	------------	----------------	----------	--------------------	-------------	-------------	------------------	-------	------

Figura 43

(76) Encerrar en un círculo si el estribo tiene o no tiene topes antisísmicos.

(76)	TOPES ANTISÍSMICOS	TIENE	NO TIENE	OBSERVACIONES:
------	---------------------------	-------	----------	----------------

(77) Encerrar con un círculo el tipo de fundación e indicar, con textos o números, las características de las fundaciones en el caso de que puedan conocerse u observarse. Por lo general será imposible completar este numeral

	TIPO	CANTIDAD	DIMENSIONES	COTA DE FUND.
FUNDA- CIONES	PILOTES HICADOS			
	PILOTES PERFORADOS			
	CILINDROS			
	ZAPATA			
	PILOTE DE GRAVA			
	EMPLANTILLADO	XXXXXXXX		

Figura 44

(78) Numeral para describir el tipo de revestimiento de los terraplenes de acceso al estribo considerado

		REVESTIMIENTO					
		SUELO	PIEDRA	GAVION	LOSAS CONCR.	GRAMA	OTRO
ACCESO INICIAL	TALUD DERECHO						
	CONO DE DERRAME						
	TALUD FRONTAL						
	TALUD IZQUIERDO						
	FUNDAC. DEL REVESTIM.						
	LOSA DE APROXIM.:	NO HAY	SI	L=	m		
	DRENAJE EXTREMO:	NO HAY	DERRA- MADERO	CANAL	CAJA	OTRO	
	DEFENSAS EN ACCESO:	NO HAY	FLEX BEAM	Hn. Ao.	MADER.	OTRA	

Figura 45

(79) Indica los materiales más frecuentemente utilizados en los revestimientos

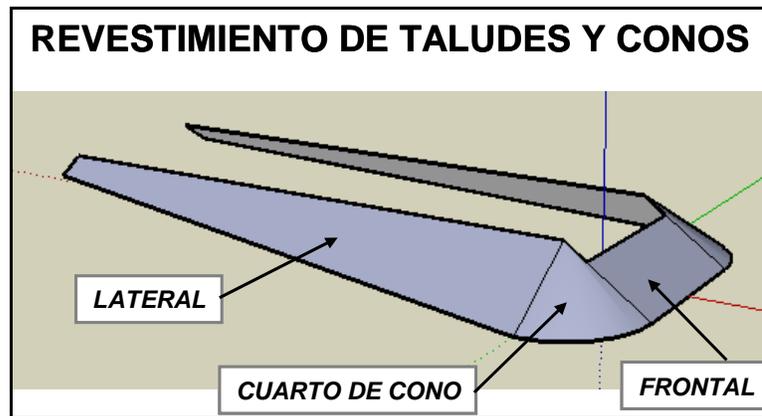


Figura 46

- (80) Marcar con una **X**, el tipo de revestimiento del talud derecho del terraplén, visto en el sentido creciente de las Estaciones. En caso de no existir, registrar un guión (-) en todas las casillas
- (81) Marcar con una **X**, el tipo de revestimiento del cono de los conos de derrame del terraplén. En caso de no existir, registrar un guión (-) en todas las casillas
- (82) Marcar con una **X**, el tipo de revestimiento del talud frontal (hacia el cauce o carretera que pasa debajo del puente) del terraplén. En caso de no existir, registrar un guión (-) en todas las casillas
- (83) Marcar con una **X**, el tipo de revestimiento del talud izquierdo del terraplén, visto en el sentido creciente de las Estaciones. En caso de no existir, registrar un guión (-) en todas las casillas
- (84) Indicar con una **X**, de qué material está construida la fundación del revestimiento, en caso de existir, ser visible o disponer de los planos. En caso de no existir, registrar un guión (-) en todas las casillas

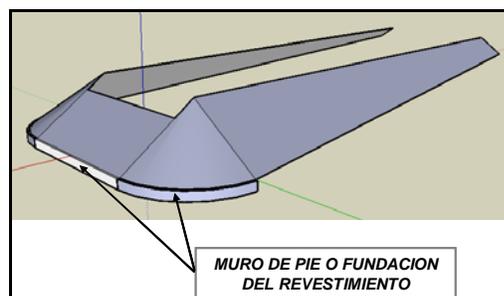


Figura 47

- (85) Encerrar en un círculo si hay losa de aproximación o no, y en caso afirmativo, consignar su longitud, en metros y decimales
- (86) Encerrar en un círculo si existe algún sistema de drenaje en el estribo inicial y a cual de los tipos más frecuentes puede asimilarse. Caso contrario encerrar en un círculo NO HAY
- (87) Encerrar en un círculo, en caso de existir, el tipo de defensa vehicular en el acceso al puente del lado del estribo considerado. Caso contrario encerrar en un círculo NO HAY

Las instrucciones que siguen, para el Estribo Final, son exactamente iguales a las referidas anteriormente para el Estribo Inicial.

- (88) Indicar con una marca, el tipo de **ESTRIBO FINAL**, como CERRADO, ABIERTO o DE GRAVEDAD. En el caso de estribo ABIERTO, se anotará el número de columnas o contrafuertes si es que fueran visibles o se contara con los planos. En el caso de estribos DE GRAVEDAD, se indicará el material del que está construido. Referirse a las figuras 38 a 42
- (89) En estos espacios se marcará con una **X** según los aleros (monolíticos con la parte frontal del estribo) son paralelos o inclinados. Se dispone de espacios para el lado aguas arriba y aguas abajo para el caso de cursos de agua. Si se tratase de puentes sobre vías o carreteras, se utilizará el campo aguas arriba para el lado derecho considerado en el sentido de avance de las estaciones y aguas abajo, el lado izquierdo (ver figuras 39 a 42)
- (90) Se indicarán con **X**, las características de los aletones (constituidos por muros de sostenimiento o encauzamiento, construidos en forma independiente con respecto al estribo. En caso de no existir aletones, los espacios se llenarán con N/A (No Aplica) (ver figuras 39 a 42)
- (91) Encerrar con un círculo el tipo de dispositivo de apoyo dispuesto en el estribo considerado, en caso de poder identificarse durante la inspección. Se han listado los tipos de apoyo que pueden llegar a encontrarse, aún cuando varios de ellos no han tenido aplicación hasta el momento en el país. En el caso de no existir, registrar NO HAY en Observaciones

(75)	DISPOSITIVOS DE APOYO	NO VISIBLE	LÁMINA ASFALTO	NEOPRENO	NEOPRENO CONFINADO	CHAPA ACERO	CHAPA PLOMO	RODILLO METÁLICO	BIELA	OTRO
------	------------------------------	------------	----------------	----------	--------------------	-------------	-------------	------------------	-------	------

Figura 48

(92) Encerrar en un círculo si el estribo tiene o no tiene topes antisísmicos.

(76)	TOPES ANTISÍSMICOS	TIENE	NO TIENE	OBSERVACIONES:
------	---------------------------	-------	----------	----------------

(93) Encerrar con un círculo el tipo de fundación e indicar, con textos o números, las características de las fundaciones en el caso de que puedan conocerse u observarse. Por lo general será imposible completar este numeral

	TIPO	CANTIDAD	DIMENSIONES	COTA DE FUND.
FUNDA-CIONES	PILOTES HICADOS			
	PILOTES PERFORADOS			
	CILINDROS			
	ZAPATA			
	PILOTE DE GRAVA EMPLANTILLADO	XXXXXXXX		

Figura 49

(94) Numeral para describir el tipo de revestimiento de los terraplenes de acceso al estribo considerado

(88)	TIPO ESTRIBO FINAL		CERRADO							
			ABIERTO		N° DE COLUMNAS O CONTRAFUERTE					
(89,90)	TIPO ESTRIBO FINAL	ALEROS	DE GRAVEDAD		MAMPOSTERIA		CONCRETO		GAVIONES	
			AGUAS ARRIBA		PARALELO	ALETONES	AGUAS ARRIBA		PARALELO	
					INCLINADO			INCLINADO		
			AGUAS ABAJO		PARALELO			PARALELO		
		INCLINADO		INCLINADO						

Figura 50

(95) Indica los materiales más frecuentemente utilizados en los revestimientos (ver Figura 46)

(96) Marcar con una **X**, el tipo de revestimiento del talud derecho del terraplén, visto en el sentido creciente de las Estaciones. En caso de no existir, registrar un guión (-) en todas las casillas

(97) Marcar con una **X**, el tipo de revestimiento del cono de los conos de derrame del terraplén. En caso de no existir, registrar un guión (-) en todas las casillas

- (98) Marcar con una **X**, el tipo de revestimiento del talud frontal (hacia el cauce o carretera que pasa debajo del puente) del terraplén. En caso de no existir, registrar un guión (-) en todas las casillas
- (99) Marcar con una **X**, el tipo de revestimiento del talud izquierdo del terraplén, visto en el sentido creciente de las Estaciones. En caso de no existir, registrar un guión (-) en todas las casillas
- (100) Indicar con una **X**, de qué material está construida la fundación del revestimiento, en caso de existir, ser visible o disponer de los planos. En caso de no existir, registrar un guión (-) en todas las casillas (ver Figura 47)
- (101) Encerrar en un círculo si hay losa de aproximación o no, y en caso afirmativo, consignar su longitud, en metros y decimales
- (102) Encerrar en un círculo si existe algún sistema de drenaje en el estribo inicial y a cual de los tipos más frecuentes puede asimilarse. Caso contrario encerrar en un círculo NO HAY
- (103) Encerrar en un círculo, en caso de existir, el tipo de defensa vehicular en el acceso al puente del lado del estribo considerado. Caso contrario encerrar en un círculo NO HAY
- (104) Registrar el número correspondiente al tipo de junta del estribo Inicial de acuerdo al cuadro del numeral (108)
- (105) Registrar el número correspondiente al tipo de junta del estribo Final de acuerdo al cuadro del numeral (108)
- (106) Cuadro que muesa los tipos de junta más comunes que pueden encontrarse
- (107) Comentarios: Se agregará en este espacio y en el lado posterior de la hoja en caso de no alcanzar, todos los comentarios que desee el Inspector para indicar cualquier situación no exactamente contemplada en esta hoja del formulario

FORMULARIO IBP-5 INVENTARIO BÁSICO DE PUENTES (HOJA 5 DE 6)

- (108) Este cuadro contempla el llenado de los datos de todas las pilas del puente, que serán tantas como el número de vanos menos uno

(108)		PILA QUE SOPORTA LOS TRAMOS						
		1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8
(110)	TIPO DE PILA:							
(111)	TIPO DE FUSTE:							
(112)	NÚMERO DE COLUMNAS:							
(113)	TIPO DE BASE:							
(114)	TIPO DE FUNDACIÓN:							
(115)	APOYOS TRAMO QUE LLEGA:							
(116)	APOYOS TRAMO QUE SALE:							
(117)	TIPO DE JUNTA:							
(118)	TOPES ANTISÍSMICOS (SI/NO):							

Figura 51

- (109) El encabezamiento de la columna correspondiente a cada pila indica los números de los tramos que apoyan en la pila considerada
- (110) Registrar el número correspondiente al tipo de pila en sentido global. Indicar el número de acuerdo al cuadro (119)

TIPOS DE PILA	
1	MARCO
2	PANTALLA
3	MARTILLO
4	SECCIÓN CAJON
5	MASIVA
6	PILA-PILOTE
7	METÁLICA PERFILES
8	METÁLICA TUBOS

Figura 52

Referirse a las figuras 53 a 57.

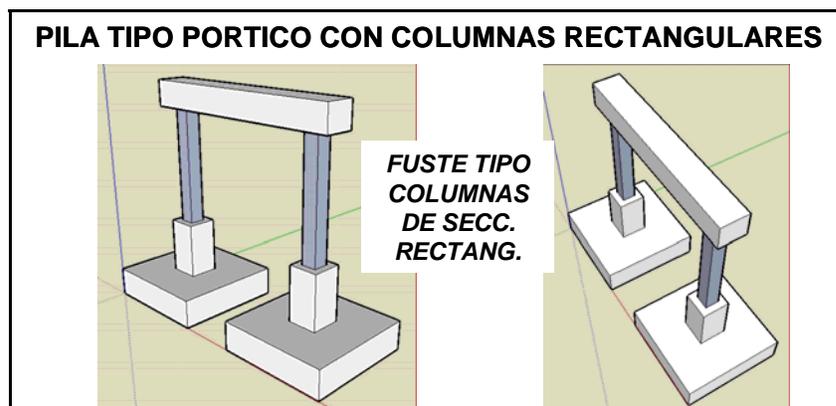


Figura 53

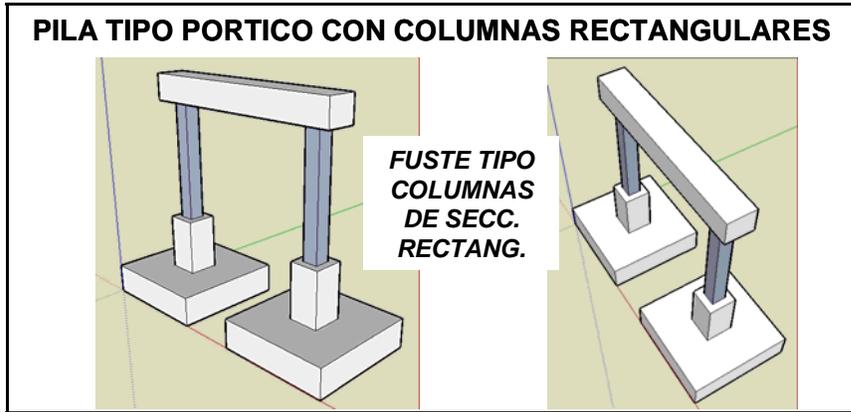


Figura 54

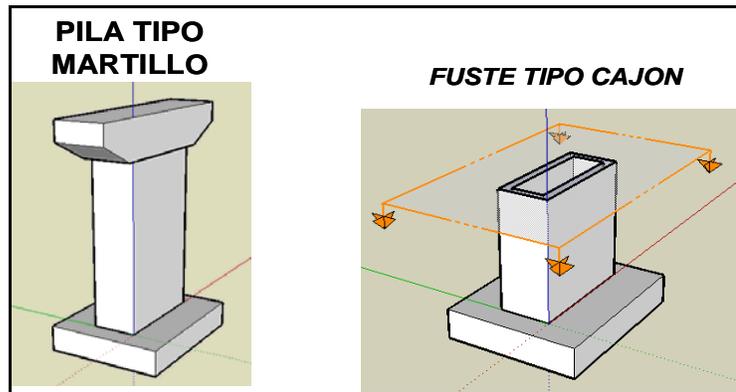


Figura 55



Figura 56

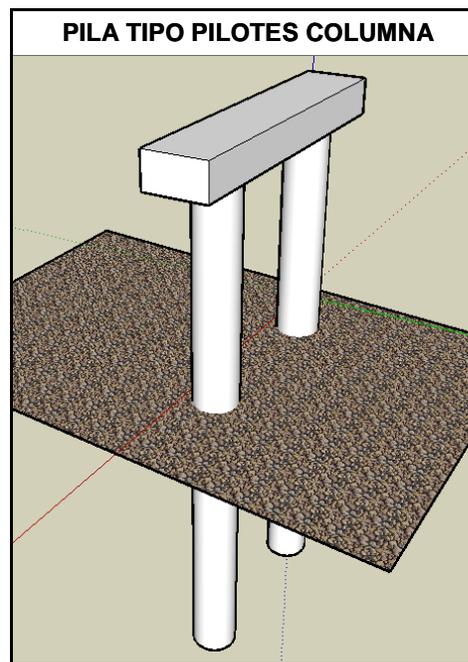


Figura 57

- (111) Registrar el número correspondiente al tipo de fuste, de acuerdo al cuadro (120). El fuste se refiere al sector del cuerpo de la pila comprendido entre la fundación y la viga de apoyos o dintel en el caso de los marcos.
- (112) Registrar el número de columnas para los tipos de pilas 1, 6, 7 y 8
- (113) Registrar el número correspondiente al tipo de base que posea la pila de acuerdo al numeral (121). En general no se podrá identificar este elemento durante las inspecciones visuales y sólo se podrá llenar cuando se posean planos o se realicen estudios más completos para diseño de modificaciones o refuerzo del puente.
- (114) Registrar el número correspondiente al tipo de fundación de acuerdo a la primera columna del cuadro (122)
- (115) Registrar el número correspondiente al tipo de dispositivos de apoyo del tramo que llega a la pila en el sentido de las Estaciones crecientes, de acuerdo al cuadro (126). En el caso de vanos isostáticos, serían los apoyos finales de cada uno de los tramos.

En el caso de tramos continuos, sólo existirá un juego de dispositivos de apoyo sobre cada pila o incluso puede tratarse de un empotramiento

- (116) Registrar el número correspondiente al tipo de dispositivos de apoyo del tramo que sale de la pila en el sentido de las Estaciones crecientes, de acuerdo al cuadro (126). En el caso de vanos isostáticos, serían los apoyos iniciales de cada uno de los tramos. En el caso de tramos continuos, sólo existirá un juego de dispositivos de apoyo y esta casilla deberá cruzarse a los efectos de indicar esta condición

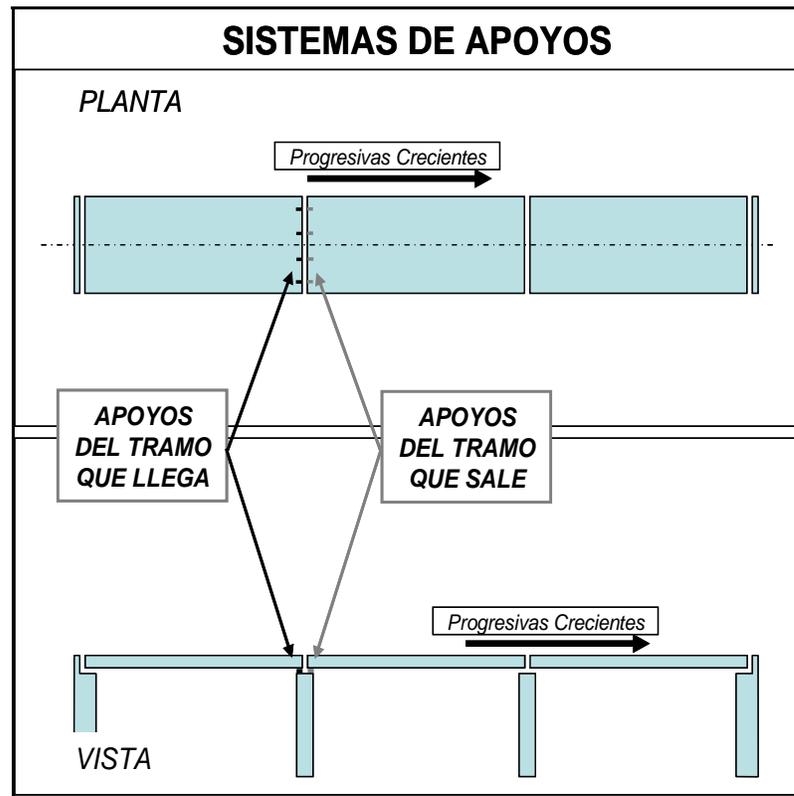


Figura 58

DISPOSITIVOS DE APOYO			
1	NO VISIBLES	7	CHAPA DE ACERO
2	LAMINA DE ASFALTO O ALQUIT.	8	CHAPA DE PLOMO
3	COLUMNAS RECTANGULARES	9	RODILLO DE ACERO
4	NEOPRENO	10	MOVIL DE ACERO
5	NEOPRENO CONFINADO	11	FIJO DE ACERO
6	NEOPRENO Y TEFLON	12	PÉNDOLA DE HORMIGON
13	OTRO :		

Figura 57

- (117) Registrar el número correspondiente al tipo de junta, de acuerdo al cuadro del numeral (127)
- (118) Indicar con SI o NO, sobre la existencia de dispositivos de apoyo o trabas antisísmicas
- (119) Listado de Tipos de Pilas
- (120) Listado de Tipos de Fustes
- (121) Listado de Tipos de Bases (ver figura 55)
- (122) Cuadro que muestra los tipos de fundación de la pila. En caso de no ser visible la fundación, registrar NO VISIBLE y cruzar con una línea en diagonal todo el cuadro
- (123) Cantidad de elementos
- (124) Dimensiones de los elementos
- (125) Cota de fundación
- (126) Listado de los tipos de Dispositivos de Apoyo
- (127) Cuadro de Tipos de Junta
- (128) Comentarios: En este espacio se dibujará a mano alzada, los esquemas de las diferentes pilas del puente, en ambas vistas y planta. Una vez completados los dibujos, se tomará una fotografía digital con macro para guardar el archivo *.jpg en la base de datos. También se agregará en este espacio y en el lado posterior de la hoja en caso de no alcanzar, todos los comentarios que desee el Inspector para indicar cualquier situación no exactamente contemplada en esta hoja del formulario

Fotografías

Las fotografías son muy importantes para ilustrar las características del puente, por ello se considera de vital importancia obtener buenas fotografías desde diversos ángulos que muestren los diferentes elementos que se han inventariado. Particular tendrán las fotografías de elementos cuyas características no resultan completamente típicas, tal como se han volcado en el Formulario y hayan sido motivo de notas y comentarios en el mismo. El inspector debe tener en cuenta que una fotografía puede llegar a evitar un posterior viaje al



campo para confirmar alguna característica de inventario que no haya sido volcada correctamente o por simple omisión.

Cuando el puente no esté en la base de datos del SAP, se tomarán, como mínimo, tres (3) fotografías: una desde la vía, a unos 20 metros de la estación inicial del puente (en progresiva), las otras dos fotografías desde los costados, aguas arriba y aguas abajo, a una distancia adecuada para obtener una vista general del puente. Si existiese imposibilidad de ubicarse en un punto donde se vea todo el puente, se tomarán varias fotografías que posteriormente podrán unirse para obtener una vista completa del puente.

Las fotografías serán tomadas con cámara digital y con una resolución de 3.2Mp o mayor.

Formularios

En las páginas siguientes, se incluyen las 5 páginas del formulario IBP-1.

FORMULARIO IBP-1 INVENTARIO BASICO DE PUENTES

1 de 5

(1,2) **INSPECTOR:** **FECHA:**

(3) **TÉCNICO DE CONTROL DE CALIDAD:**

LOCALIZACIÓN

(4) **ZONA:** OCCIDENTAL CENTRAL ORIENTAL PARACENTRAL

(5) **RUTA o EJE:**

(6)	DEPARTAMENTO	01	AHUACHAPAN	08	LA PAZ
		02	SANTA ANA	09	CABANAS
		03	SONSONATE	10	SAN VICENTE
		04	CHALATENANGO	11	USulután
		05	LA LIBERTAD	12	SAN MIGUEL
		06	SAN SALVADOR	13	MORAZAN
		07	CUSCATLAN	14	LA UNION

(7)	RED:	01	ESPECIAL	06	RURAL MODIF
		02	PRIMARIA	07	RURAL
		03	SECUNDARIA	08	VECINAL
		04	TERCIARIA MODIF	09	URBANA
		05	TERCIARIA	10	OTRA

(8,9) **TRAMO:** DESDE: HASTA:

(10,11) **NOMBRE DEL PUENTE:** **NÚMERO DEL PUENTE:**

(12) **DESIGNACIÓN DEL PASO:**

(13) **PROPIETARIO:** MOP MUNICIPAL PARTICULAR

(14,15,16) **UBICACIÓN:** LATITUD: ESTACIÓN: +
LONGITUD:

GEOMETRÍA Y CARACTERÍSTICAS GENERALES

(17,18) **AÑO DE CONSTRUCCIÓN:** **AÑO DE DISEÑO:**

(19) **CARGAS DE DISEÑO:**

(20,21) **LONGITUD TOTAL:** m **N° DE TRAMOS:**

(22) **LONGITUDES DE LOS TRAMOS:** 1 2 3 4 5 6 7

(23,24) **ANCHO DE CALZADA:** m CONSTANTE VARIABLE

LADO IZQUIERDO		LADO DERECHO	
(25,26)	ANCHO DE ACERA: <input type="text"/> m	ANCHO DE ACERA: <input type="text"/> m	
(27,28)	ALTURA DEL BORDILLO: <input type="text"/> m	ALTURA DEL BORDILLO: <input type="text"/> m	
(29,30)	ALTURA DE DEFENSA: <input type="text"/> m	ALTURA DE DEFENSA: <input type="text"/> m	
(31,32)	ALTURA DE BARANDAL: <input type="text"/> m	ALTURA DE BARANDAL: <input type="text"/> m	

(33) **COMENTARIOS:**

FORMULARIO IBP-1 INVENTARIO BÁSICO DE PUENTES **2 de 5**

(34,35)	ESVIAJE:	SI	NO	°		CURVATURA:	SI	NO	R=	m	
(36,37)	GÁLIBO VERT SOBRE EL PTE:			m		GÁLIBO HORIZ SOBRE EL PTE:				m	
(38,39)	GÁLIBO VERT BAJO EL PTE:			m		GÁLIBO HORIZ BAJO EL PTE:				m	
(40,41)	CURVA ENTRADA:	SI	NO	R=	m	CURVA SALIDA:	SI	NO	R=	m	
(42,43)	VISIBILIDAD EN EL INGRESO:	BUENA - REG - MALA				VISIBILIDAD EN LA SALIDA:	BUENA - REG - MALA				
(44)	PENDIENTE LONGITUDINAL EN EL PUENTE:	SI	NO	i =	%						
(45,46)	PEND. ENTRADA:	SI	NO	i =	%	PEND. SALIDA:	SI	NO	i =	%	
(47)	PENDIENTE TRANSVERSAL:			PERALTE	p=	%			BOMBEO	i =	%
(48)	COTA DE RASANTE:			m							
(49,50)	SEÑALIZ. VERTICAL:	SI	NO				SEÑALIZ. HORIZONTAL:	SI	NO		
(51)	ILUMINACIÓN:	SI	NO								
(52)	DUCTOS:	ACUEDUCTO	TELÉFONO	GAS	POLIDUCTO	ELECTRICIDAD					

ELEMENTOS COMPONENTES

(53)	TIPO DE PUENTE		TRAMOS ISOSTÁTICOS		ARCO TABL. SUPERIOR
			TRAMOS CONTINUOS		ARCO TABL. INFERIOR
			VOLADIZOS SUCESIVOS		BAILEY
			COLGANTE		BOVEDA
			CERCHA		SUPER SPAN
			LOSA		CAJA
			ARCO DE MAMPOSTERÍA		OTRO (DESCRIBIR)

(54,55,56)	CAPA DE RODAMIENTO	BARANDAL IZQUIERDO	BARANDAL DERECHO
	ASFÁLTICA	CONCRETO REFORZADO	CONCRETO REFORZADO
	CONCRETO SIMPLE	POSTES DE CONCRETO Y TUBO	POSTES DE CONCRETO Y TUBO
	CONCRETO REFORZ.	POSTES DE HIERRO Y TUBOS	POSTES DE HIERRO Y TUBOS
	GRAVA o TIERRA	PLETINAS METÁLICAS	PLETINAS METÁLICAS
	ACERO	OTRO (DESCRIBIR)	OTRO (DESCRIBIR)

(57,58,59)	DEFENSA VEHICULAR IZQUIERDA	DEFENSA VEHICULAR DERECHA	TIPO DRENAJES DE CALZADA
	NEW JERSEY	NEW JERSEY	TUBOS EN CALZADA
	POSTES Y HORIZ. DE Conc. Ref.	POSTES Y HORIZ. DE Conc. Ref.	CAJA PARRILLA
	METÁLICA FLEX BEAM	METÁLICA FLEX BEAM	BOCA C/ COLECTOR
	METÁLICA BOX BEAM	METÁLICA BOX BEAM	SIN DRENAJE
	MAMPOSTERÍA	MAMPOSTERÍA	CUNETA
	CONCRETO	CONCRETO	
OTRO (DESCRIBIR)	OTRO (DESCRIBIR)	OTRO (DESCRIBIR)	

(60)	COMENTARIOS:

FORMULARIO IBP-1 INVENTARIO BASICO DE PUENTES	3 de 5
--	---------------

(61)	TRAMOS DEL PUENTE						
(62)	1	2	3	4	5	6	7
(63)	TIPO DE TRAMO:						
(64)	SECCION TRANSVERSAL:						
(65)	DESARROLLO EN PLANTA:						
(66)	N° DE VIGAS LONGITUDINALES:						
(67)	N° DE VIGAS TRANSVERSALES:						

(68,69,70)	TIPOS DE TRAMOS		TIPOS DE SECCIÓN TRANSVERSAL		DESARROLLO EN PLANTA	
	1	ISOSTÁTICO	1	LOSA	1	RECTO
	2	CONTINUO	2	LOSA CON VIGAS DE BORDE	2	ESVIAJADO
	3	VOLADIZO	3	LOSA CON VIGAS DE Conc. Ref.	3	CURVO, VIGAS RECTAS IGUAL L.
	4	BÓVEDA	4	LOSA y VIGAS DE ACERO A. LL.	4	CURVO, VIGAS RECTAS DIF. L.
	5	COLGANTE	5	LOSA y VIGAS DE ACERO Cercha	5	CURVO CON VIGAS CURVAS
	6	VIGA GERBER	6	LOSA CON VIGAS DE Conc. Pret.	6	PLANTA TRAPEZIAL
	7	ARCO TABLERO SUP.	7	SECCION CAJÓN CONSTANTE		
	8	ARCO TABLERO INF.	8	SECCION CAJÓN VARIABLE		
	9	OTRO:				

	ESQUEMAS ESTÁTICOS Y DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL (FOTOGRAFIAR):
(71)	

FORMULARIO IBP-1 INVENTARIO BÁSICO DE PUENTES

4 de 5

(72)	TIPO ESTRIBO INICIAL	CERRADO		N° DE COLUMNAS O CONTRAFUERTE					
		ABIERTO							
(73,74)	ALEROS	DE GRAVEDAD		MAMPOSTERÍA		CONCRETO		GAVIONES	
		AGUAS ARRIBA		PARALELO		ALETONES	AGUAS ARRIBA		PARALELO
				INCLINADO				INCLINADO	
		AGUAS ABAJO		PARALELO				PARALELO	
		INCLINADO		INCLINADO					

(75)	DISPOSITIVOS DE APOYO	NO VISIBLE	LÁMINA ASFALTO	NEOPRENO	NEOPRENO CONFINADO	CHAPA ACERO	CHAPA PLOMO	RODILLO METÁLICO	BIELA	OTRO
(76)	TOPES ANTISÍSMICOS	TIENE	NO TIENE	OBSERVACIONES:						

		TIPO	CANTIDAD	DIMENSIONES	COTA DE FUNDACION
(77)	FUNDACIONES	PILOTES HICADOS			
		PILOTES PERFORADOS			
		CILINDROS			
		ZAPATA			
		PILOTE DE GRAVA EEMPLANTILLADO		XXXXXXXX	

(78)	REVESTIMIENTO						
(79)		SUELO	PIEDRA	GAVIÓN	LOSAS CONCRETO	GRAMA	OTRO
(80)	ACCESO INICIAL	TALUD DERECHO					
(81)		CONO DE DERRAME					
(82)		TALUD FRONTAL					
(83)		TALUD IZQUIERDO					
(84)		FUNDACION DEL REVESTIMIENTO					
(85)		LOSA DE APROXIMACIÓN:		NO HAY	SI	L=	m
(86)		DRENAJE EXTREMO:		NO HAY	DERRAMADERO	CANAL	CAJA OTRO
(87)		DEFENSAS EN ACCESO:		NO HAY	FLEX BEAM	Hº. Aº.	MADERA OTRA

(88)	TIPO ESTRIBO FINAL	CERRADO		N° DE COLUMNAS O CONTRAFUERTE					
		ABIERTO							
(89,90)	ALEROS	DE GRAVEDAD		MAMPOSTERÍA		CONCRETO		GAVIONES	
		AGUAS ARRIBA		PARALELO		ALETONES	AGUAS ARRIBA		PARALELO
				INCLINADO				INCLINADO	
		AGUAS ABAJO		PARALELO				PARALELO	
		INCLINADO		INCLINADO					

(91)	DISPOSITIVOS DE APOYO	NO VISIBLE	LÁMINA ASFALTO	NEOPRENO	NEOPRENO CONFINADO	CHAPA ACERO	CHAPA PLOMO	RODILLO METÁLICO	BIELA	OTRO
(92)	TOPES ANTISÍSMICOS	TIENE	NO TIENE	OBSERVACIONES:						

		TIPO	CANTIDAD	DIMENSIONES	COTA DE FUNDACION
(93)	FUNDACIONES	PILOTES HICADOS			
		PILOTES PERFORADOS			
		CILINDROS			
		ZAPATA			
		PILOTE DE GRAVA EEMPLANTILLADO		XXXXXXXX	

(94)	REVESTIMIENTO						
(95)		SUELO	PIEDRA	GAVIÓN	LOSAS CONCRETO	GRAMA	OTRO
(96)	ACCESO FINAL	TALUD DERECHO					
(97)		CONO DE DERRAME					
(98)		TALUD FRONTAL					
(99)		TALUD IZQUIERDO					
(100)		FUNDACION DEL REVESTIMIENTO					
(101)		LOSA DE APROXIMACIÓN:		NO HAY	SI	L=	m
(102)		DRENAJE EXTREMO:		NO HAY	DERRAMADERO	CANAL	CAJA OTRO
(103)		DEFENSAS EN ACCESO:		NO HAY	FLEX BEAM	Hº. Aº.	MADERA OTRA

JUNTAS EN LOS ESTRIBOS			
(104,105)	INICIAL		FINAL

TIPOS DE JUNTAS				
(106)	1	NO VISIBLE	5	LABIO POLIMERO Y SELLO NEOPRENO
	2	JUNTA ABIERTA SIN ELEMENTO	6	NEOPRENO ARMADO
	3	PERFILES DE ACERO	7	PEINE DE ACERO
	4	PERFIL DE ACERO Y SELLO NEOPRENO	8	ASFALTO POLIMERIZADO
	9	OTRA :		

(107)	COMENTARIOS:	
-------	--------------	--

FORMULARIO IBP-1 INVENTARIO BÁSICO DE PUENTES

5 de 5

(108)	PILA QUE SOPORTA LOS TRAMOS						
(109)	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8
(110)	TIPO DE PILA:						
(111)	TIPO DE FUSTE:						
(112)	NÚMERO DE COLUMNAS:						
(113)	TIPO DE BASE:						
(114)	TIPO DE FUNDACIÓN:						
(115)	APOYOS TRAMO QUE LLEGA:						
(116)	APOYOS TRAMO QUE SALE:						
(117)	TIPO DE JUNTA:						
(118)	TOPES ANTISISMICOS (SI/NO):						

(119, 120, 121)	TIPOS DE PILA		TIPOS DE FUSTE		TIPOS DE BASE	
	1	MARCO	1	COLUMNAS CIRCULARES	1	MACIZO CONCRETO SIMPLE
	2	PANTALLA	2	COLUMNAS ELÍPTICAS	2	BASE CONCRETO REFORZADO
	3	MARTILLO	3	COLUMNAS RECTANGULARES	3	CABEZAL DE PILOTES
	4	SECCIÓN CAJON	4	PANTALLA SECCIÓN CONSTANTE	4	CABEZAL DE CILINDROS
	5	MASIVA	5	PANTALLA SECCIÓN VARIABLE	5	GAVIONES
	6	PILA-PILOTE	6	MASIVA DE MAMPOSTERÍA	6	EMPLANTILLADO
	7	METÁLICA PERFILES	7	MASIVA DE CONCRETO SIMPLE		
	8	METÁLICA TUBOS	8	MASIVA DE GAVIONES		
			9	SECCIÓN CAJÓN		
		10	COLUMNAS DE ACERO			

(122)	TIPO DE FUNDACION	CANTIDAD	DIMENSIONES	GOTA DE FUNDACION
(123, 124, 125)	1	DIRECTA		
	2	PILOTES HINCADOS		
	3	PILOTES PERFORADOS		
	4	CILINDROS		
	5	EMPLANTILLADO		
	6	OTRA:		

(126)	DISPOSITIVOS DE APOYO			
	1	NO VISIBLES	7	CHAPA DE ACERO
	2	LÁMINA DE ASFALTO	8	CHAPA DE PLOMO
	3	COLUMNAS RECTANGULARES	9	RODILLO DE ACERO
	4	NEOPRENO	10	MÓVIL DE ACERO
	5	NEOPRENO CONFINADO	11	FIJO DE ACERO
	6	NEOPRENO Y TEFLÓN	12	PÉNDOLA DE CONCRETO
	13	OTRO :		

(127)	TIPOS DE JUNTAS			
	1	NO VISIBLES	5	LABIO POLÍMERO Y SELLO NEOPRENO
	2	JUNTA ABIERTA SIN ELEMENTO	6	NEOPRENO ARMADO
	3	PERFILES DE ACERO	7	PEINE DE ACERO
	4	PERFIL DE ACERO Y SELLO NEOPRENO	8	ASFALTO POLIMERIZADO
	9	OTRA :		

(128)	ESQUEMAS DE VISTA FRONTAL Y LATERAL Y PLANTA DE LAS DIFERENTES PILAS (FOTOGRAFIAR):
-------	---



REPÚBLICA DE EL SALVADOR
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTE, VIVIENDA Y
DESARROLLO URBANO

VICEMINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

UNIDAD DE PLANIFICACIÓN VIAL
GERENCIA DE INVENTARIOS VIALES

Sistema de Administración de Puentes

MANUAL PARA LA EVALUACION DEL ESTADO DE CONDICION DE PUENTES



SAN SALVADOR, ELSALVADOR, C.A.

NOVIEMBRE 2009

INDICE

INTRODUCCIÓN.....	2
ANTECEDENTES	2
OBJETIVO Y ALCANCE	2
FORMULARIOS PARA EL INVENTARIO DE ESTADO DE CONDICIÓN DE PUENTES	
IECP-1	3
ESTRUCTURA – SUPERESTRUCTURA	5
ESTRUCTURA – INFRAESTRUCTURA - APOYOS.....	6
ESTRUCTURA – INFRAESTRUCTURA - PILAS.....	6
ESTRUCTURA – INFRAESTRUCTURA - ESTRIBOS	7
ESTRUCTURA – INFRAESTRUCTURA - FUNDACIONES	8
ESTRUCTURA – ACCESOS - TERRAPLENES	9
ESTRUCTURA – ACCESOS – SEÑALES.....	9
AGENTES EXTERNOS – HIDRÁULICA	11
AGENTES EXTERNOS – SOBRECARGAS	11
AGENTES EXTERNOS – MEDIO AMBIENTE.....	11
FUNCIONALIDAD	14
IMPORTANCIA	14
FORMULARIO ESPECIAL DE ESTADO DE CONDICIÓN DEL PASO DEL AGUA BAJO EL PUENTE Y DEL CAUCE.....	16
LLENADO DEL FORMULARIO DE EVALUACION IECP-1	18
CONSIGNACIÓN DEL ESTADO DE CADA ELEMENTO.....	18
REGISTRO DE DAÑOS.....	19
REGISTRO DE LA EXTENSIÓN DE LOS DAÑOS	20
DAÑOS ASOCIADOS A LAS VARIABLES EVALUADAS Y ELEMENTO AL QUE APLICAN	20
DAÑOS ASOCIADOS A LAS VARIABLES Y LOS ELEMENTOS	20
DAÑOS Y LOS ELEMENTOS A LOS QUE APLICAN	27
FORMULARIO IECP-1	28

Introducción

El presente Manual para la Evaluación del Estado de Condición de Puentes está destinado a servir como guía para la realización de las Evaluaciones del Estado en que se encuentran los puentes de la red de la República, dentro del marco de la implementación del Sistema de Administración de Puentes (SAP).

Antecedentes

El antecedente directo de este Manual, ha sido el “Manual de Inventario Físico de Puentes”, editado por el MOP y la UPV en agosto de 2005; y ha sido confeccionado sobre la base del mismo, en el marco de la Actualización y Mejoramiento del Sistema de Administración de Puentes que se implementa a partir del año 2008.

Objetivo y Alcance

Este Manual, ahora en un volumen separado del que corresponde al Inventario, se ha preparado para servir como instructivo y guía para evaluar y asentar en la Base de Datos del sistema SAP, la condición en que se encuentra cada puente en el momento en que es inspeccionado con este fin. El objetivo es, entonces, guiar para el completamiento del Formulario del Inventario del Estado de Condición de Puentes, denominado IECP-1, destinado a alimentar la Base de Datos de Puentes Nacionales con la que opera la nueva versión del SAP.

Todos los formularios que se incluyen en el presente Manual, definen y permiten asentar las evaluaciones que se realicen, en los función de las variables de la Base de Datos que utiliza el SAP para realizar los informes del estado de puentes, realizar la priorización para recomendar la intervención y evaluar los costos, a nivel planificación, de las obras requeridas por cada puente para su rehabilitación.

Dado que el criterio de evaluación y priorización debe ser aplicado sistemáticamente a un universo amplio de puentes, en cuanto a su tipología y condición, el método de evaluación plasmado en los formularios que se describen en este Manual deben contemplar una generalidad que impide profundizar en el detalle en muchos casos. No obstante, el SAP cumple su función de advertir la atención que requieren los puentes, el grado de urgencia de esta intervención y la característica de las patologías individuales para que sean inspeccionados por especialistas en los diferentes temas. Los informes especializados, también ingresarán a la Base

de Datos del SAP, para ser considerados por el Administrador en la oportunidad en que lo juzgue procedente.

A su vez, los formularios incluyen tablas con una amplia gama de elementos y sus diferentes evaluaciones, con los daños más frecuentes que pueden presentarse en cada elemento y la posibilidad de consignar, en alguna medida aproximada, su importancia y extensión, con el objetivo de tener un único formulario para asentar la evaluación de cualquier elemento de cualquier tipo de puente.

Queda claro que estas evaluaciones e informes del estado de condición de los puentes, no constituye un análisis preciso de las patologías y sus implicancias, sino una herramienta para priorizar las obras en función de los criterios elegidos y a partir de nuevas inspecciones desarrollar las estrategias de rehabilitación que deban aplicarse a cada puente o a diversos conjuntos de puentes.

Formularios para el Inventario de Estado de Condición de Puentes IECP-1

En las páginas siguientes, se incluyen imágenes de las diferentes páginas que comprenden un formulario para el Inventario del Estado de Condición de Puentes (IECP-1), similar a los utilizados para realizar en la Evaluación que se ha incluido en la Base de Datos del Sistema SAP. Los formularios a reproducir para realizar inventarios, se incluyen en un Apéndice al final del presente Manual.

Posteriormente se incluye un Instructivo para su llenado, con la descripción de todos los campos.



SAP MOP



FORMULARIO IECP-1 INVENTARIO DE ESTADO DE CONDICIÓN DEL PUENTE

RUTA:	DEPARTAMENTO:	INSPECTOR:	FECHA:																	
TRAMO:	DESTE:																			
	HASTA:	PUENTE:																		
		TIPO DE PUENTE:																		
ESTRUCTURA		MUY MALO	MALO	REGULAR	BUENO	MUY BUENO	NRO DE DAÑO	Local o General	U no Varios Todos											
SUPERES TRUCTURA	1 Elementos Principales																			
	2 Elementos Secundarios																			
	3 Elementos Terciarios																			
	4 Elementos de 4to Nivel																			
	5 Superficie de Rodamiento																			
	6 Defensas de Tráfico																			
	7 Barandales																			
	8 Bordillos y Aceras																			
	9 Juntas																			
	10 Drenajes																			
	11 Señalamiento Horizontal																			
	12 Aparatos de Apoyo																			
	13 Dados de Apoyo																			
	14 Vigas de Apoyos																			
	15 Trabas Antisísmicas																			
	16 Columnas																			
	17 Vigas Transversal Intermedia																			
	18 Muros																			
	19 Arriostamiento Diagonal																			
	20 Viga de Apoyos																			
	21 Trabas Antisísmicas																			
	22 Muro Superior																			
	23 Muro Inferior																			
	24 Columnas																			
	25 Muros Laterales																			
	26 Drenaje																			
	27 Zapata Corrida																			
	28 Zapata Alsiada																			
	29 Viga de Amarre																			
	30 Cabezal de Pilotes																			
	31 Pilotes																			
	32 Emplanchado																			
	33 Revestimiento Frontal																			
	34 Revestimiento de Cono de Derrame																			
	35 Revestimiento Lateral																			
	36 Murete al Pie del Talud																			
	37 Losa de Aproximación																			
	38 Drenajes de Accesos																			
	39 Defensas en Accesos																			
	40 Terraplenes																			
	41 Señalamiento Vertical																			
	42 Señalamiento Horizontal																			
ACCESOS																				
SEÑALES																				

Figura 1

La figura 1 muestra la primera parte del formulario, destinada a asentar el Estado de Condición de la Estructura del Puente.

Estructura – Superestructura

Para ello se han definido sus partes, de acuerdo a la siguiente tabla:

Tipo de Puente

El Tipo de Puente se ha establecido en el Formulario Inventario Básico de Puentes, IBP-1 y se encuentra descrito en el Manual respectivo..

- 1. Elementos Principales**
- 2. Elementos Secundarios**
- 3. Elementos Terciarios**
- 4. Elementos de 4to nivel**

Para cada Tipo de Puente, se describe cuáles son estos elementos establecidos de acuerdo a su función en la estructura.

TIPO DE PUENTE	Tramos isostáticos	Tramos continuos	Voladizos sucesivos	Colgante	Cerchas	Losa	Arco mampostería
Elementos Principales	Vigas	Vigas	Viga cajón	Cable	Cerchas	Losa	Arco
Elementos Secundarios	Vigas transversales	Vigas transversales	Vigas transversales	Tirantes	Vigas transversales	-	-
Elementos Terciarios	Losas	Losas	Losas	Vigas de rigidez	Largueros	-	-
Elementos de 4to Nivel	-	-	-	Losas	Losas	-	-

TIPO DE PUENTE	Arco tablero superior	Arco tablero inferior	Bailey	Bóveda	Super span	Caja
Elementos Principales	Arco	Arco	Cerchas	Arco	Arco chapa	Losa
Elementos Secundarios	Tirantes	Tirantes	Vigas transversales	Muros verticales	Muros laterales	Refuerzos de borde
Elementos Terciarios	Vigas de rigidez	Vigas de rigidez	Largueros	-	-	-
	Losas	Losas	Losas	-	-	-

5. Superficie de Rodamiento

Carpeta o superficie de rodamiento colocada sobre la losa estructura.

6. Defensas de Tráfico

Defensas para impacto de vehículos

7. Barandales

Barandas peatonales

8. Bordillos y Aceras

Bordillos o cordones cuando hay cordón cuneta y aceras

9. Juntas

Juntas de dilatación/contracción del tablero del puente

10. Drenajes

Drenajes en la calzada del puente, entre las juntas extremas

11. Señalamiento Horizontal

Señales de tráfico o de advertencia pintadas en la calzada, como dobles líneas, líneas, flechas de giro, cruces peatonales, etc.

Estructura – Infraestructura - Apoyos

12. Aparatos de Apoyo

Dispositivos de apoyos en general

13. Dados de Apoyo

Dados de hormigón sobre los cuales se disponen los dispositivos de apoyo

Estructura – Infraestructura - Pilas

14. Vigas de Apoyo

Viga, dintel o refuerzo (en las pantallas), sobre las cuales se colocan los dispositivos de apoyo

15. Trabas Antisísmicas

Dispositivos para soporte de la superestructura frente a cargas sísmicas

16. Columnas

Parte visible de las columnas en las pilas tipo marco

17. Viga Transversal Intermedia

Riostra horizontal, en caso de existir, entre columnas en pilas tipo marco

18. Muros

Muros o pantallas en pilas tipo masivo o tipo pantalla

19. Arriostramientos Diagonales

Diagonales en caso de existir, probablemente sólo en el caso de pilas de estructura metálica

Estructura – Infraestructura - Estribos

20. Vigas de Apoyo

Viga en falsos estribos, espesamiento o refuerzo en muros frontales, sobre las cuales se colocan los dispositivos de apoyo

21. Trabas Antisísmicas

Dispositivos para soporte de la superestructura frente a cargas sísmicas

22. Muro Superior

Muro ubicado arriba de la viga de apoyos o espalda del estribo, para contención de tierras

23. Muro Inferior

Muro ubicado por debajo de la viga de apoyos en estribos abiertos o muro frontal en estribos cerrados

24. Columnas

Columnas o contrafuertes en falsos estribos o estribos abiertos

25. Muros Laterales

Aleros o muros de ala, monóticamente vinculados al cuerpo del estribo

26. Drenaje

Sistemas de drenaje que formen parte del estribo

Estructura – Infraestructura - Fundaciones

27. Zapata Corrida

Base de fundación continua bajo los contrafuertes o bajo los muros frontales y aleros del estribo o pilas

28. Zapata Aislada

Bases de fundación aisladas bajo cada columna o contrafuerte en el caso de estribos abiertos o pilas

29. Viga de Amarre

Viga que vincula las bases cuando estas son independientes para cada columna o contrafuerte

30. Cabezal de Pilotes

Elemento tipo viga o placa de gran espesor, en el cual se fijan las cabezas de los pilotes de una fundación

31. Pilotes

Pilotes o fundaciones profundas, puede haberlos de distinto tipo, pero en general no serán visibles

32. Emplantillado

Recubrimiento de piedras adheridas con mortero que protege una fundación de la socavación

Estructura – Accesos - Terraplenes

33. Revestimiento Frontal

Cualquier tipo de revestimiento que posea esta parte del terraplén de acceso

34. Revestimiento de Cono de Derrame

Cualquier tipo de revestimiento que posea esta parte del terraplén de acceso

35. Revestimiento Lateral

Cualquier tipo de revestimiento que posea esta parte del terraplén de acceso

36. Murete al Pié del Talud

Viga de fundación ejecutada al pié del revestimiento a modo de fundación del mismo

37. Losa de Aproximación

Losa rígidamente articulada en el estribo y que descansa sobre el suelo compactado del terraplén en el resto de su superficie

38. Drenajes de Accesos

Sistema de drenaje en los accesos al puente, terminación de cordones cuneta, disipadores de energía, etc.

39. Defensas en Accesos

Defensa contra choque de vehículos en los accesos al puente

40. Terraplenes

Estado general del terraplén, ausencia de asentamientos, socavones, etc.

Estructura – Accesos – Señales

41. Señalamiento Vertical

Señales con tablero pintado soportados por marcos o postes

42. Señalamiento Horizontal

Señales indicadas con pintura en pavimento

AGENTES EXTERNOS	MUY AVANZADA	AVANZADA	INCIPIENTE	ESPERABLE	NO APPRECIABLE	NRO DE DAÑO											
						Local o general	U no V arios T odos	Local o general	U no V arios T odos	Local o general	U no V arios T odos	Local o general	U no V arios T odos	Local o general	U no V arios T odos	Local o general	U no V arios T odos
HIDRÁULICA	43 Socavación General																
	44 Socavación Localizada																
	45 Ataque sobre los Estribos																
	46 Degradación del Lecho																
	47 Agradación del Lecho																
SOBRECARGAS	MUY ALTAS																
	ALTAS																
	NORMALES																
	BAJAS																
	MUY BAJAS																
MEDIO AMBIENTE	48 Sobrecargas Reales																
	HAY																
	NO HAY																
	49 Humos o Gases Agresivos																
	50 Líquidos Agresivos																
51 Aguas con Sulfatos o Cloruros																	
52 Suelos con Sulfatos o Cloruros																	

Figura 2

La figura anterior muestra la segunda parte del formulario, destinada a asentar el Estado de Condición del Puente frente a la acción de los Agentes Externos

Agentes Externos – Hidráulica

43. Socavación General

Socavación generalizada en el toda la sección de pasaje del caudal

44. Socavación Localizada

Socavación localizada en cada pila o estribo del puente

45. Ataque sobre los estribos

Ataque franco de la corriente sobre uno de los estribos o terraplenes de acceso

46. Degradación del Lecho

Profundización del lecho en el tramo de río que pasa por el puente

47. Agradación o Asolvamiento del lecho

Rellenado del lecho debajo del puente con rodados u otros depósitos

NOTA: Además de consignarse estas Evaluaciones, se incluye una página más en el Formulario dedicada a una Evaluación Hidráulica de la Obra de Paso, cuyo contenido se explica más adelante en el presente Manual

Agentes Externos – Sobrecargas

48. Sobrecargas Reales

Sobrecargas reales que utilizan el puente. La carga de diseño es teórica, interesa determinar si es utilizado por sobrecargas mayores

Agentes Externos – Medio Ambiente

49. Humos o Gases Agresivos

Humos industriales o gases agresivos del ambiente que puedan atacar componentes del puente

50. Líquidos Agresivos

Líquidos agresivos para los materiales de la calzada del puente: carpeta de rodadura, juntas, losas, etc.

51. Aguas con Sulfatos o Cloruros

Contenido de sulfatos o cloruros del agua que circula por debajo del puente y está en contacto con sus fundaciones

52. Suelos con Sulfatos o Cloruros

Contenido de sulfatos o cloruros en los suelos donde se implantan las fundaciones

FUNCIONALIDAD	INSUFICIENTE			NRO DE DAÑO	Local o General	U no Varias Todos		
	MIN. ACEPTABLE			NRO DE DAÑO	Local o General	U no Varias Todos		
	ADECUADO			NRO DE DAÑO	Local o General	U no Varias Todos		
	SOBRA			NRO DE DAÑO	Local o General	U no Varias Todos		
FUNCIONALIDAD	53 Ancho de Calzada							
	54 Gálibo Vertical							
	55 Carga de Diseño							
	56 Vida Útil							
IMPORTANCIA	ALTO			NRO DE DAÑO	Local o General	U no Varias Todos		
	MEDIO			NRO DE DAÑO	Local o General	U no Varias Todos		
	BAJO			NRO DE DAÑO	Local o General	U no Varias Todos		
				NRO DE DAÑO	Local o General	U no Varias Todos		
				NRO DE DAÑO	Local o General	U no Varias Todos		
				NRO DE DAÑO	Local o General	U no Varias Todos		
IMPORTANCIA	57 Estratégica (Militar)							
	58 Para uso Civil (Economía Regional)							
	59 Turística							
	60 Política							
	61 Social							
COSTOS DE LA EMERGENCIA	62 De Reparaciones							
	63 De obras de emergencia que sería nec.							
	64 De operación de los vehic. en recorridos							
	65 Adicional por limitación temp. de carga							
	66 Adicional por calzadas reducidas							

Figura 3

La figura anterior muestra la tercera parte del formulario, destinada a asentar el Estado de Condición del Puente en lo que respecta a su Obsolescencia Funcional

Funcionalidad

53. Ancho de Calzada

Ancho de calzada real del puente medida en metros entre los bordillos

54. Gálibo Vertical

Altura disponible sobre el puente para el paso de vehículos, si no hay límite se consignará 99m

55. Carga de Diseño

Sobrecargas con las cuales se realizó el diseño del puente, en caso de estar disponible o de haberse hecho una verificación

56. Vida Útil

Estimación de la vida útil esperada para la obra, en el caso en que no se realice trabajos de mantenimiento

Importancia

57. Estratégica (Militar)

Importancia estratégica del puente ante el eventual caso de un conflicto armado

58. Para Uso Civil (Economía Regional)

Importancia del puente para las economías regionales y el transporte de cargas

59. Turística

Importancia de la obra para el desarrollo turístico del lugar

60. Política

Importancia política que eventualmente le hayan asignado las autoridades

61. Social

Importancia que tiene la obra para el uso de las comunidades vecinas

62. Costos de las Reparaciones

Estimación del costo de las reparaciones que requiere el puente, en relación al costo de una obra nueva similar

63. Importancia de las Eventuales Obras Emergencia

Estimación de los costos que implicaría una emergencia en el puente

64. Costos de Operación de Vehículos

Costos de operación de los vehículos que utilizarían una ruta alternativa en caso de colapso del puente

65. Costos Adicionales por Limitación Temporal de Cargas

Costo estimado resultante de una interrupción temporal del tránsito sobre el puente

66. Costos Adicionales por Calzadas Reducidas

Costo estimado por utilizar el puente con limitaciones en el ancho de calzada para el caso de no existir una alternativa utilizable

Formulario Especial de Estado de Condición del Paso del Agua Bajo el Puente y del Cauce

ESTADO DE CONDICIÓN DEL PASO DEL AGUA BAJO EL PUENTE Y DEL CAUCE	
PUENTE Nº	NOMBRE DEL PUENTE:
CLASIFICACIÓN	
INSPECTOR:	
AUXILIAR:	
ESQUEMA GEOMÉTRICO Y DE UBICACIÓN DE PROBLEMAS	
<p>Anotar:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Alturas de marcas de aguas máximas y/o dimensiones de huecos de erosión. 2. Esquemas de ubicación y dimensiones de la extensión de la erosión y/o de la zona de agradación. 3. Esquemas de extensión y alturas de zonas con rocas, basura, ripio, ramas de árboles, u otros. 	
CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
MUY MALO	Puente cerrado, o abierto al tráfico parcialmente, ó con restricciones. El puente está cerca del colapso debido a la mala condición del cauce.
MALO	Protecciones de taludes ó terraplenes falladas: Inundaciones evidentes debido a degradación (erosión), ó agradación (sedimentación masiva) del cauce. Depósitos grandes de ripio, ó desperdicios, ó basura. Socavación grande en estribos ó pilas.
REGULAR	Terraplén erosionado. Daños menores extendidos en rip-rap ó en protección de taludes. Socavación ligera en estribos ó pilas.
BUENO	Terraplenes protegidos adecuadamente ó con vegetación. Daños ligeros en protecciones ó muros: se aprecian estables. Cauce con sedimentación ó erosión ligera.
MUY BUENO	No hay problemas ó situaciones de daño.

Figura 4

En este Formulario se ingresarán:

67. El Número del Puente

Número del puente, de acuerdo al Inventario

68. Nombre del Puente

Nombre con que se designa al puente, en caso de tenerlo. Caso contrario, consignar: S/N (Sin Nombre)

69. Clasificación

La clasificación que resulta luego de evaluar el presente formulario y que se explica en el punto 73

70. Inspector

Nombre completo del Inspector que realiza la Evaluación

71. Auxiliar

Nombre completo del Auxiliar que realiza la Evaluación

72. Esquema Geométrico y de Ubicación de Problemas

Se dibujará a mano alzada un esquema en planta y vista de la obra de paso, consignando todas las características notables del escurrimiento: zonas erosionadas, con acumulación de material natural o depositado por el hombre, piedras, rocas, suelo, ramas, troncos, basura, desperdicios, etc

Se indicarán las orientaciones de las corrientes y los posibles puntos de ataque sobre estribos, terraplenes y pilares, etc

En la vista se indicarán las alturas desde el fondo del cauce y desde el pelo de agua hasta el intradós del puente y los niveles de máximas crecidas de acuerdo a las marcas que puedan detectarse o por comentarios de pobladores

Se obtendrá una fotografía digital obtenida con lente macro en el campo, para ser ingresada a la Base de Datos.

73. Clasificación y Descripción

Al pie del Formulario, se consignará la Clasificación de la obra desde el punto de vista de la condición del escurrimiento y los posibles riesgos que ello pueda implicar para la estabilidad del puente, de acuerdo con el criterio del Inspector, en ese momento

Las clasificaciones a consignar son:

- MUY MALO:** Puente cerrado, ó abierto al tráfico parcialmente, ó con restricciones. El puente está cerca del colapso debido a la mala condición del cauce
- MALO:** Protecciones de taludes ó terraplenes falladas. Inundaciones evidentes debido a degradación (erosión), ó agradación (sedimentación masiva) del cauce. Depósitos grandes de ripio, ó desperdicios, ó basura. Socavación grande en estribos ó pilas
- REGULAR:** Terraplén erosionado. Daños menores extendidos en rip-rap ó en protección de taludes. Socavación ligera en estribos ó pilas
- BUENO:** Terraplenes protegidos adecuadamente ó con vegetación. Daños ligeros en protecciones ó muros; se aprecian estables. Cauce con sedimentación ó erosión ligera
- MUY BUENO:** No hay problemas ó situaciones de daño

LLENADO DEL FORMULARIO DE EVALUACION IECP-1

Consignación del Estado de cada Elemento

El llenado del formulario mostrado anteriormente, implica hacer un asiento por cada elemento del puente que es evaluado.

En primer término, debe ponerse una calificación del estado de condición del elemento, poniendo una X en una de las casillas de las columnas que aparecen sombreadas en el formulario.

Las calificaciones posibles dependen de la variable que se está evaluando y los diferentes valores literarios que se pueden marcar, implican condiciones muy malas, malas, regulares, buenas o muy buenas, con diferentes palabras según se trate de diferentes variables. Sin

embargo, desde el punto de vista conceptual, implican lo mismo como valor del Estado de Condición.

El Inspector usará para asignar estas calificaciones (con la palabra que corresponda), el siguiente criterio:

- **MUY MALO:** el elemento evaluado se encuentra en un estado en el cual se requiere inmediata atención para que continúe cumpliendo su propia función
- **MALO:** el estado del elemento es tal que se requiere realizar una reparación en el corto plazo, pues de lo contrario dejará de cumplir su función en un futuro cercano
- **REGULAR:** el elemento requiere tareas de mantenimiento preventivo o reparaciones menores de complejidad estándar, para evitar que pasen a mal estado en un futuro cercano
- **BUENO:** el elemento sólo requiere tareas de mantenimiento rutinario pues se encuentra en buenas condiciones y continuará en ese estado hasta la próxima inspección que se estima en dos años
- **MUY BUENO:** el estado del elemento es excelente, y sólo se requiere una inspección rutinaria en un plazo de dos años o una inspección detallada nuevamente en un plazo de cinco años

Registro de Daños

Cuando una variable sea calificada en condición MUY MALA, MALA o REGULAR (o sus equivalentes MUY AVANZADA, AVANZADA o INCIPIENTE; o MUY ALTAS, ALTAS; o INSUFICIENTE, MINIMO ACEPTABLE; o ALTA Importancia, por ejemplo), debe considerarse que se está en presencia de un DAÑO, que es aquél que debe ser reparado o eliminado para mejorar la Condición del Puente.

El daño debe registrarse colocando el número que le corresponde de acuerdo a el Cuadro 1, que se incluye en un apartado siguiente del presente Manual y que acompaña al Formulario IECP-1. Simultáneamente es necesario registrar la Extensión del Daño.

Para el registro de daños, en la fila correspondiente a cada elemento hay grupos de columnas que permiten registrar varios tipos de daños en cada elemento juntamente con su extensión.

Registro de la Extensión de los Daños

Cuando se indica uno de estos daños, debe suministrarse al sistema una medida de la extensión del daño. El objeto de esta información es doble: por un lado permite identificar la acción a tomar o reparación a efectuar cuando llegue el momento de actuar sobre cada obra y, en segundo término, con esta información se estimarán los costos a nivel planificación para las diferentes actividades a realizar.

En relación con la extensión, a cada uno de los daños o problemas indicados en el Cuadro 1, se los puede clasificar en primera instancia como de extensión local o general. A modo de ejemplo se citan algunas variables y el significado de esta extensión: sería calificada como local una fisura aislada en una viga, la socavación en un pilar o la corrosión en un lugar específico de barras de refuerzo. Para estos mismos daños, la extensión sería calificada como general cuando una viga se encuentra toda fisurada, hay una socavación general o hay un problema de corrosión de refuerzo presente en muchos sectores de una pieza.

Dentro de estas posibilidades, daño local o daño general, también debe indicarse si el daño ha sido detectado: en un elemento, en varios elementos o en todos los elementos.

Todas estas apreciaciones del Inspector, se vuelcan en el Formulario IECP-1 colocando marcas X en los casilleros correspondientes.

DAÑOS ASOCIADOS A LAS VARIABLES EVALUADAS Y ELEMENTO AL QUE APLICAN

Daños Asociados a las Variables y los Elementos

Con el objeto de calificar el estado de un puente, deben considerarse los posibles daños asociados a cada variable que pueda sufrir cada elemento. Esta asignación puede verse en el Cuadro 1 adjunto, en la que se incluyen 3 columnas:

- La primera tiene un código de daño que varía de D-1 a D-131
- La segunda contiene la designación del daño, que a su vez se agrupan por tipo de variable a la cual aplican

- La tercera, denominada APLICA A:, describe en qué elementos puede encontrarse el daño codificado

Cuadro 1 – Descripción de Daños

DESCRIPCIÓN DE LOS DAÑOS O PROBLEMAS

	DAÑO O PROBLEMA	APLICA A:
	ESTRUCTURA	
D-1	Abolladura	Deformaciones en vigas metálicas, cerchas, y demás piezas metálicas de la obra
D-2	Ahuellamiento	Deformaciones transversales de la calzada o superficie de rodamiento
D-3	Altura Insuficiente	Altura insuficiente de barandales peatonales o defensas vehiculares
D-4	Anclaje Suelto o Desprendido	Tensores en puentes colgantes o elementos suspendidos, que presentan anclajes sueltos
D-5	Anclaje Deficiente	Tensores en puentes colgantes o elementos suspendidos, que presentan anclajes rotos o en mal estado
D-6	Ausente	Caso en que no hay dispositivo de apoyo, defensas de tráfico, barandales peatonales, drenajes, trabas antisísmicas, señalamiento horizontal y vertical
D-7	Bache	Desintegración localizada de la superficie de rodamiento, con pérdida de material y profundidad mayor que 1"
D-8	Borde Saltado	Bordes de estructuras de concreto: vigas, bordillos, tabiques, etc., que presentan bordes rotos
D-9	Cables Corroidos	Cables de puentes colgantes o tirantes de arcos, que se encuentran corroidos
D-10	Colmenas	Oquedades localizadas, en estructuras de concreto, originadas en las etapas constructivas
D-11	Fundaciones Cedidas	Fundaciones que han cedido o asentado

D-12	Asentamiento Parcial	Losas de aproximación o terraplenes que han descendido por asentamiento de los suelos
D-13	Huecos	Vacíos que interesan a todo el espesor en losas y losas de aproximación
D-14	Pérdida de Material	Pérdida del material componente de los terraplenes y conos de derrame
D-15	Crecimiento de Vegetación	Elementos de puentes metálicos o de concreto con vegetación en grietas o juntas
D-16	Señales Confusas	Señalización horizontal y vertical mal ubicada, con información incorrecta, o con símbolos que no responden a las normas convencionales
D-17	Corrosión de Piezas de Acero	Piezas de acero en estructuras metálicas, que presentan signos de corrosión
D-18	Corrosión del Acero en Concreto	Acero de postesado o de refuerzo o piezas insertadas en el concreto que presentan corrosión
D-19	Corrosión del Equipamiento	Corrosión de las piezas metálicas y barras de acero en defensas vehiculares, barandales, señales verticales, drenajes, etc
D-20	Apoyos Desplazados	Los dispositivos de apoyo se encuentran desplazados de su posición
D-21	Deformación Excesiva	Deformación apreciable de vigas y losas que se recupera al cesar el estado de carga
D-22	Deformación Permanente	Vigas y losas que presentan una deformación apreciable
D-23	Defensas y Barandales Deformadas	Defensas vehiculares y barandales peatonales que presentan pérdida de su geometría original
D-24	Estribos desplazados	Estribos desplazados por empuje de suelos
D-25	Destrucción	Rotura de cualquier elemento
D-26	Elementos Faltantes	Elementos faltantes en estructuras metálicas, en uniones, en defensas y en barandales
D-27	Empozamiento	Presencia de huecos importantes en superficie y profundidad en la carpeta de rodadura
D-28	Filtraciones	Ingreso y salida de agua en losas, carpetas, aletones, aleros
D-29	Falta de Pintura	Falta de pintura de protección en estructuras

		metálicas
D-30	Falta Elemento de Junta	Falta el elemento de sello en las juntas
D-31	Fijaciones Deficientes	Fijaciones rotas o en mal estado en juntas, defensas vehiculares, barandales peatonales
D-32	Fisuras de Contracción o Retracción	Fisuras en elementos de concreto
D-33	Fisuras de Corte	Fisuras en los extremos de las vigas, losas y arriostramientos de concreto
D-34	Fisuras de Corte-Fricción	Fisuras en vigas de concreto y dinteles de pilas o vigas de apoyos de estribos, en la zona de los apoyos
D-35	Fisuras Erráticas	Fisuras en todas direcciones, en los elementos de concreto, típicas de contracción de fraguado
D-36	Fisuras de Flexión	Fisuras en los elementos de concreto, siendo más probables en vigas y losas
D-37	Fisuras de Torsión	Fisuras en los elementos de concreto, siendo más probables en vigas longitudinales y transversales
D-38	Fisuras Horizontales	Fisuras en los elementos de concreto, siendo comunes en vigas, aleros y muros frontales de estribos
D-39	Fisuras Inclinadas	Fisuras en los elementos de concreto, siendo comunes en vigas y dinteles
D-40	Fisuras Longitudinales	Fisuras en elementos de concreto, siendo comunes en vigas
D-41	Fisuras Transversales	Fisuras en elementos de concreto
D-42	Fisuras Verticales	Fisuras en elementos de concreto
D-43	Grietas	Fisuras muy abiertas, en los elementos de concreto
D-44	Concreto Manchado	Elementos de concreto donde aparecen manchas oscuras de hongos o blancas de carbonatos
D-45	Concreto Saltado Descantillado	Áreas localizadas de los elementos de concreto en las que se ha saltado el concreto (spalling)
D-46	Losa de Aproximación Hundida	Losa de aproximación hundida por asentamiento del terraplén
D-47	Ilegibles	Carteles de señalamiento vertical que presentan la placa en mal estado, borrada

D-48	Impactos	Impactos ocasionados por vehículos, en aquellos elementos susceptibles de ser chocados
D-49	Elemento Ineficiente	Cualquier elemento que no esté cumpliendo adecuadamente su función
D-50	Apoyos Mal Orientados	Dispositivos de apoyo que se encuentran en posición/dirección incorrecta
D-51	Microfisuras	Fisuras muy finas y pequeñas, en todas direcciones, en los elementos de concreto
D-52	Losa de Aproximación No Visible	Losa de aproximación no visible, inclinada o inexistente
D-53	Juntas Tapadas	Juntas, ocultas por la suciedad o por recapados de pavimento
D-54	Señalización Vertical Oculta	Señalización vertical ocultada por vegetación u otros obstáculos
D-55	Pendiente Transversal Insuficiente	Insuficiente bombeo o peralte de la superficie de rodadura
D-56	Perfil de Neopreno Despegado	Juntas con sello de neopreno despegado
D-57	Perfiles Corridos	Juntas en estructuras metálicas con perfiles corridos
D-58	Revestimiento Perforado	Revestimientos de taludes y conos que se encuentran con huecos o roturas con pérdida de material
D-59	Pernos Faltantes	Uniones de estructuras metálicas en las que faltan pernos
D-60	Pernos Flojos	Uniones de estructuras metálicas en las que se observan pernos flojos
D-61	Platina Desprendida	Juntas que presentan la platina desprendida
D-62	Recubrimiento Saltado	Áreas localizadas de los elementos de concreto en las que ha saltado el recubrimiento, quedando el refuerzo a la vista
D-63	Remaches Faltantes	Uniones de estructuras metálicas en las que faltan remaches
D-64	Remaches Flojos	Uniones de estructuras metálicas en las que se observan remaches flojos
D-65	Losa de Aproximación Rotada	Losa de aproximación que se ha desplazado respecto a su posición original
D-66	Roturas Parciales	Roturas parciales en cualquier elemento estructural
D-67	Socavación	Socavación en cauces, estribos o pilas

D-68	Suciedad	Materiales extraños y residuos acumulados en juntas, apoyos, drenajes
D-69	Sumidero Sobreelevado	Drenajes con el sumidero sobreelevado
D-70	Superficie Manchada	Capa de rodadura que presenta manchas
D-71	Drenajes Tapados	Drenajes tapados que impiden el escurrimiento del aguas
D-72	Apoyos Trabados	Dispositivos de apoyo trabados
D-73	Drenajes con Tubos Cortos	Drenajes con tubos cortos
D-74	Vibración Excesiva	Vibraciones excesivas en las estructuras en general
D-75	Desprendimiento (de agregados)	Pérdida de agregados pétreos de la superficie de rodamiento, en zonas localizadas, generándose cavidades irregulares de profundidades no superiores a 20 milímetros
	AGENTES EXTERNOS	
D-76	Profunda	Socavación general o localizada de profundidad mayor a 0.50m
D-77	Extendida a los Laterales	Socavación general que se extiende a los laterales del cauce
D-78	De suelos Firmes	Socavación localizada
D-79	Permanente	Ataque sobre los estribos en forma permanente
D-80	En Crecientes	Ataque sobre los estribos sólo en crecientes
D-81	Lado externo de una curva	Socavación en el lado externo de una curva
D-82	Lado interno de una curva	Socavación en el lado interno de una curva
D-83	Cauce en Recta	Socavación en un cauce en recta
D-84	Con Rocas	Sedimentación del lecho del río con rocas
D-85	Con Grava	Sedimentación del lecho del río con grava
D-86	Con Canto Rodados menores	Sedimentación del lecho del río con canto rodados menores
D-87	Con Arena	Sedimentación del lecho del río con arena
D-88	Con Suelo Fino	Sedimentación del lecho del río con suelo fino
D-89	Con Vegetación	Sedimentación del lecho del río con vegetación

D-90	Muy Pesadas y Frecuentes	Cargas de uso
D-91	Muy Pesadas Ocasionales	Cargas de uso
D-92	Superiores a las de Diseño	Cargas de uso
D-93	Agresivos al Hormigón	Humos, gases y líquidos agresivos
D-94	Agresivos al Acero	Humos, gases y líquidos agresivos
D-95	Contenido Superior a Límites	Sales y sulfatos que pueden contener el agua y el suelo
D-96	Agresividad Verificada	Sales y sulfatos que pueden contener el agua y el suelo
D-97	Agresividad Supuesta	Sales y sulfatos que pueden contener el agua y el suelo
	FUNCIONALIDAD	
D-98	Insuficiente Para Un Carril	Capacidad de carga de la calzada. Ancho de calzada
D-99	Insuficiente Para Dos Carriles	Capacidad de carga de la calzada. Ancho de calzada
D-100	Insuficiente Para Tránsito Pesado	Capacidad de carga de la calzada. Ancho de calzada
D-101	Insuficiente	Gálibo vertical
D-102	No Uniforme	Gálibo vertical
D-103	HS-15	Carga de diseño
D-104	HS-20-44	Carga de diseño
D-105	No Conocida	Carga de diseño
D-106	Deterioros Muy Avanzados	Cualquier elemento
D-107	Deterioros Avanzados	Cualquier elemento
D-108	Requiere Mantenimiento Urgente	Cualquier elemento
D-109	Insuficiente Seguridad Estructural	Cualquier elemento
	IMPORTANCIA	
D-110	Medio de Comunicación Vital	Importancia en la estrategia militar
D-111	Zona Incluida en Planes Especiales	Importancia en la estrategia militar
D-112	Acceso Único a Población	Importancia para uso civil

D-113	Zona con Plan de Desarrollo Especial	Importancia para uso civil
D-114	Afecta Comunidades	Importancia social
D-115	Puede Generar Conflictos	Importancia social
D-116	Corredor Turístico Importante	Importancia turística
D-117	Yacimiento Arqueológico	Importancia turística
D-118	Carretera Paisajística	Importancia turística
D-119	Obra Incluida en Planes Especiales	Importancia política
D-120	Vía que Sirve a Comunidades Especiales	Importancia política
D-121	Requiere Tecnologías Especiales	Costo de las reparaciones
D-122	Reparaciones Muy Extendidas	Costo de las reparaciones
D-123	Reparaciones Muy Costosas	Costo de las reparaciones
D-124	Cruce de Emergencia Muy Costoso	Costo de obras de emergencia
D-125	Cruce de Emergencia no Factible	Costo de obras de emergencia
D-126	Cruce de Emergencia no Aceptable	Costo de obras de emergencia
D-127	Alternativa Muy Extensa	Costo de operación de los vehículos por la alternativa
D-128	Alternativa Intransitable	Costo de operación de los vehículos por la alternativa
D-129	Alternativa Requiere Obras Costosas	Costo de operación de los vehículos por la alternativa
D-130	Tiempos de espera inaceptables	Costo adicional por limitación de cargas y calzadas reducidas
D-131	Imposibilidad de vehículos pesados	Costo adicional por limitación de cargas y calzadas reducidas

Daños y los Elementos a los que Aplican

Con el objeto de facilitar el ingreso de los Daños y su Extensión en la Base de Datos del Sistema, el Inspector que realiza la Evaluación debe consignar todos los daños que aplican a cada elemento. Para ello se ha elaborado una Matriz de Daños, que se incluye en las páginas

siguientes y que se adjunta al Formulario IECP. En ella, pueden verse indicados con **X**, los elementos a los cuales se les aplica cada tipo de daño.

FORMULARIO IECP-1

Luego de la Matriz de Daños, se incluye un ejemplar completo en original, del Formulario IECP-1

		A N C H O D E C A L Z A D A	G A L I B O V E R T I C A L	C A R G A D E D I S E Ñ O	V I D A U T I L E S P E R A D A
201	Insuficiente para dos carriles	x			
202	Insuficiente para un carril	x			
203	Insuficiente para tránsito pesado	x			
204	Menor que el camino	x			
205	Insuficiente		x		
206	No Uniforme		x		
207	HS-15			x	
208	HS-20-44			x	
209	No Conocida			x	
210	Deterioros muy avanzados				x
211	Deterioros avanzados				x
212	Requiere Mantenimiento Urgente				x
213	Insuficiente Seguridad Estructural				x

DESCRIPCIÓN DE LOS DAÑOS O PROBLEMAS

	DAÑO O PROBLEMA	APLICA A:
	ESTRUCTURA	
D-1	Abolladura	Deformaciones en vigas metálicas, cerchas, y demás piezas metálicas de la obra
D-2	Ahuellamiento	Deformaciones transversales de la calzada o superficie de rodamiento
D-3	Altura Insuficiente	Altura insuficiente de barandales peatonales o defensas vehiculares
D-4	Anclaje Suelto o Desprendido	Tensoros en puentes colgantes o elementos suspendidos, que presentan anclajes sueltos
D-5	Anclaje Deficiente	Tensoros en puentes colgantes o elementos suspendidos, que presentan anclajes rotos o en mal estado
D-6	Ausente	Caso en que no hay dispositivo de apoyo, defensas de tráfico, barandales peatonales, drenajes, trabas antisísmicas, señalamiento horizontal y vertical
D-7	Bache	Desintegración localizada de la superficie de rodamiento, con pérdida de material y profundidad mayor que 1"
D-8	Borde Saltado	Bordes de estructuras de concreto: vigas, bordillos, tabiques, etc., que presentan bordes rotos
D-9	Cables Corroidos	Cables de puentes colgantes o tirantes de arcos, que se encuentran corroidos
D-10	Colmenas	Oquedades localizadas, en estructuras de concreto, originadas en las etapas constructivas
D-11	Fundaciones Cedidas	Fundaciones que han cedido o asentado
D-12	Asentamiento Parcial	Losas de aproximación o terraplenes que han descendido por asentamiento de los suelos
D-13	Huecos	Vacios que interesan a todo el espesor en losas y losas de aproximación
D-14	Pérdida de Material	Pérdida del material componente de los terraplenes y conos de derrame
D-15	Crecimiento de Vegetación	Elementos de puentes metálicos o de concreto con vegetación en grietas o juntas
D-16	Señales Confusas	Señalización horizontal y vertical mal ubicada, con información incorrecta, o con símbolos que no responden a las normas convencionales
D-17	Corrosión de Piezas de Acero	Piezas de acero en estructuras metálicas, que presentan signos de corrosión
D-18	Corrosión del Acero en Concreto	Acero de postesado o de refuerzo o piezas insertadas en el concreto que presentan corrosión
D-19	Corrosión del Equipamiento	Corrosión de las piezas metálicas y barras de acero en defensas vehiculares, barandales, señales verticales, drenajes, etc
D-20	Apoyos Desplazados	Los dispositivos de apoyo se encuentran desplazados de su posición
D-21	Deformación Excesiva	Deformación apreciable de vigas y losas que se recupera al cesar el estado de carga

DESCRIPCIÓN DE LOS DAÑOS O PROBLEMAS

	DAÑO O PROBLEMA	APLICA A:
D-22	Deformación Permanente	Vigas y losas que presentan una deformación apreciable
D-23	Defensas y Barandales Deformadas	Defensas vehiculares y barandales peatonales que presentan pérdida de su geometría original
D-24	Estribos desplazados	Estribos desplazados por empuje de suelos
D-25	Destrucción	Rotura de cualquier elemento
D-26	Elementos Faltantes	Elementos faltantes en estructuras metálicas, en uniones, en defensas y en barandales
D-27	Empozamiento	Presencia de huecos importantes en superficie y profundidad en la carpeta de rodadura
D-28	Filtraciones	Ingreso y salida de agua en losas, carpetas, aletones, aleros
D-29	Falta de Pintura	Falta de pintura de protección en estructuras metálicas
D-30	Falta Elemento de Junta	Falta el elemento de sello en las juntas
D-31	Fijaciones Deficientes	Fijaciones rotas o en mal estado en juntas, defensas vehiculares, barandales peatonales
D-32	Fisuras de Contracción o Retracción	Fisuras en elementos de concreto
D-33	Fisuras de Corte	Fisuras en los extremos de las vigas, losas y arriostramientos de concreto
D-34	Fisuras de Corte-Fricción	Fisuras en vigas de concreto y dinteles de pilas o vigas de apoyos de estribos, en la zona de los apoyos
D-35	Fisuras Erráticas	Fisuras en todas direcciones, en los elementos de concreto, típicas de contracción de fraguado
D-36	Fisuras de Flexión	Fisuras en los elementos de concreto, siendo más probables en vigas y losas
D-37	Fisuras de Torsión	Fisuras en los elementos de concreto, siendo más probables en vigas longitudinales y transversales
D-38	Fisuras Horizontales	Fisuras en los elementos de concreto, siendo comunes en vigas, aleros y muros frontales de estribos
D-39	Fisuras Inclinadas	Fisuras en los elementos de concreto, siendo comunes en vigas y dinteles
D-40	Fisuras Longitudinales	Fisuras en elementos de concreto, siendo comunes en vigas
D-41	Fisuras Transversales	Fisuras en elementos de concreto
D-42	Fisuras Verticales	Fisuras en elementos de concreto
D-43	Grietas	Fisuras muy abiertas, en los elementos de concreto
D-44	Concreto Manchado	Elementos de concreto donde aparecen manchas oscuras de hongos o blancas de carbonatos
D-45	Concreto Saltado Descantillado	Áreas localizadas de los elementos de concreto en las que se ha saltado el concreto (spalling)
D-46	Losa de Aproximación Hundida	Losa de aproximación hundida por asentamiento del terraplén
D-47	Ilegibles	Carteles de señalamiento vertical que presentan la placa en mal estado, borrada

DESCRIPCIÓN DE LOS DAÑOS O PROBLEMAS

	DAÑO O PROBLEMA	APLICA A:
D-48	Impactos	Impactos ocasionados por vehículos, en aquellos elementos susceptibles de ser chocados
D-49	Elemento Ineficiente	Cualquier elemento que no esté cumpliendo adecuadamente su función
D-50	Apoyos Mal Orientados	Dispositivos de apoyo que se encuentran en posición/dirección incorrecta
D-51	Microfisuras	Fisuras muy finas y pequeñas, en todas direcciones, en los elementos de concreto
D-52	Losa de Aproximación No Visible	Losa de aproximación no visible, inclinada o inexistente
D-53	Juntas Tapadas	Juntas, ocultas por la suciedad o por recapados de pavimento
D-54	Señalización Vertical Oculta	Señalización vertical ocultada por vegetación u otros obstáculos
D-55	Pendiente Transversal Insuficiente	Insuficiente bombeo o peralte de la superficie de rodadura
D-56	Perfil de Neopreno Despegado	Juntas con sello de neopreno despegado
D-57	Perfiles Corridos	Juntas en estructuras metálicas con perfiles corridos
D-58	Revestimiento Perforado	Revestimientos de taludes y conos que se encuentran con huecos o roturas con pérdida de material
D-59	Pernos Faltantes	Uniones de estructuras metálicas en las que faltan pernos
D-60	Pernos Flojos	Uniones de estructuras metálicas en las que se observan pernos flojos
D-61	Platina Desprendida	Juntas que presentan la platina desprendida
D-62	Recubrimiento Saltado	Áreas localizadas de los elementos de concreto en las que ha saltado el recubrimiento, quedando el refuerzo a la vista
D-63	Remaches Faltantes	Uniones de estructuras metálicas en las que faltan remaches
D-64	Remaches Flojos	Uniones de estructuras metálicas en las que se observan remaches flojos
D-65	Losa de Aproximación Rotada	Losa de aproximación que se ha desplazado respecto a su posición original
D-66	Roturas Parciales	Roturas parciales en cualquier elemento estructural
D-67	Socavación	Socavación en cauces, estribos o pilas
D-68	Suciedad	Materiales extraños y residuos acumulados en juntas, apoyos, drenajes
D-69	Sumidero Sobreelevado	Drenajes con el sumidero sobreelevado
D-70	Superficie Manchada	Capa de rodadura que presenta manchas
D-71	Drenajes Tapados	Drenajes tapados que impiden el escurrimiento del aguas
D-72	Apoyos Trabados	Dispositivos de apoyo trabados
D-73	Drenajes con Tubos Cortos	Drenajes con tubos cortos
D-74	Vibración Excesiva	Vibraciones excesivas en las estructuras en general

DESCRIPCIÓN DE LOS DAÑOS O PROBLEMAS

	DAÑO O PROBLEMA	APLICA A:
D-75	Desprendimiento (de agregados)	Pérdida de agregados pétreos de la superficie de rodamiento, en zonas localizadas, generándose cavidades irregulares
	AGENTES EXTERNOS	
D-76	Profunda	Socavación general o localizada de profundidad mayor a 0.50m
D-77	Extendida a los Laterales	Socavación general que se extiende a los laterales del cauce
D-78	De suelos Firmes	Socavación localizada
D-79	Permanente	Ataque sobre los estribos en forma permanente
D-80	En Crecientes	Ataque sobre los estribos sólo en crecientes
D-81	Lado externo de una curva	Socavación en el lado externo de una curva
D-82	Lado interno de una curva	Socavación en el lado interno de una curva
D-83	Cauce en Recta	Socavación en un cauce en recta
D-84	Con Rocas	Sedimentación del lecho del río con rocas
D-85	Con Grava	Sedimentación del lecho del río con grava
D-86	Con Canto Rodados menores	Sedimentación del lecho del río con canto rodados menores
D-87	Con Arena	Sedimentación del lecho del río con arena
D-88	Con Suelo Fino	Sedimentación del lecho del río con suelo fino
D-89	Con Vegetación	Sedimentación del lecho del río con vegetación
D-90	Muy Pesadas y Frecuentes	Cargas de uso
D-91	Muy Pesadas Ocasionales	Cargas de uso
D-92	Superiores a las de Diseño	Cargas de uso
D-93	Agresivos al Hormigón	Humos, gases y líquidos agresivos
D-94	Agresivos al Acero	Humos, gases y líquidos agresivos
D-95	Contenido Superior a Límites	Sales y sulfatos que pueden contener el agua y el suelo
D-96	Agresividad Verificada	Sales y sulfatos que pueden contener el agua y el suelo
D-97	Agresividad Supuesta	Sales y sulfatos que pueden contener el agua y el suelo
	FUNCIONALIDAD	
D-98	Insuficiente Para Un Carril	Capacidad de carga de la calzada. Ancho de calzada
D-99	Insuficiente Para Dos Carriles	Capacidad de carga de la calzada. Ancho de calzada
D-100	Insuficiente Para Tránsito Pesado	Capacidad de carga de la calzada. Ancho de calzada
D-101	Insuficiente	Gálibo vertical
D-102	No Uniforme	Gálibo vertical
D-103	HS-15	Carga de diseño
D-104	HS-20-44	Carga de diseño
D-105	No Conocida	Carga de diseño

DESCRIPCIÓN DE LOS DAÑOS O PROBLEMAS

	DAÑO O PROBLEMA	APLICA A:
D-106	Deterioros Muy Avanzados	Cualquier elemento
D-107	Deterioros Avanzados	Cualquier elemento
D-108	Requiere Mantenimiento Urgente	Cualquier elemento
D-109	Insuficiente Seguridad Estructural	Cualquier elemento
	IMPORTANCIA	
D-110	Medio de Comunicación Vital	Importancia en la estrategia militar
D-111	Zona Incluida en Planes Especiales	Importancia en la estrategia militar
D-112	Acceso Único a Población	Importancia para uso civil
D-113	Zona con Plan de Desarrollo Especial	Importancia para uso civil
D-114	Afecta Comunidades	Importancia social
D-115	Puede Generar Conflictos	Importancia social
D-116	Corredor Turístico Importante	Importancia turística
D-117	Yacimiento Arqueológico	Importancia turística
D-118	Carretera Paisajística	Importancia turística
D-119	Obra Incluida en Planes Especiales	Importancia política
D-120	Vía que Sirve a Comunidades Especiales	Importancia política
D-121	Requiere Tecnologías Especiales	Costo de las reparaciones
D-122	Reparaciones Muy Extendidas	Costo de las reparaciones
D-123	Reparaciones Muy Costosas	Costo de las reparaciones
D-124	Cruce de Emergencia Muy Costoso	Costo de obras de emergencia
D-125	Cruce de Emergencia no Factible	Costo de obras de emergencia
D-126	Cruce de Emergencia no Aceptable	Costo de obras de emergencia
D-127	Alternativa Muy Extensa	Costo de operación de los vehículos por la alternativa
D-128	Alternativa Intransitable	Costo de operación de los vehículos por la alternativa
D-129	Alternativa Requiere Obras Costosas	Costo de operación de los vehículos por la alternativa
D-130	Tiempos de espera inaceptables	Costo adicional por limitación de cargas y calzadas reducidas
D-131	Imposibilidad de vehículos pesados	Costo adicional por limitación de cargas y calzadas reducidas



REPÚBLICA DE EL SALVADOR
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTE, VIVIENDA Y
DESARROLLO URBANO

VICEMINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

UNIDAD DE PLANIFICACIÓN VIAL
GERENCIA DE INVENTARIOS VIALES

Sistema de Administración de Puentes

MANUAL PARA LA EVALUACION DEL ESTADO DE CONDICION DE PUENTES

Catálogo de Daños



MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS • TRANSPORTE • VIVIENDA Y DESARROLLO URBANO
¡Construyendo bienestar para todos!



UPV

UNIDAD DE
PLANIFICACION VIAL

SAN SALVADOR, ELSALVADOR, C.A.

NOVIEMBRE 2009

MANUAL DE EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONDICIÓN DE PUENTES – CATÁLOGO DE DAÑOS

Introducción

El presente volumen constituye una guía para la evaluación y calificación de daños en puentes, a utilizarse en el marco del Sistema de Administración de Puentes de El Salvador.

Contiene un listado de daños tal como se encuentran codificados en el sistema SAP y algunas fotografías que ilustran calificaciones de daños que se encuentran frecuentemente en los puentes. Muchas de las fotografías pertenecen a puentes del país.

El catálogo no pretende ser completo en el aspecto de las imágenes, ya que en muchos casos, no es frecuente encontrar ejemplos reales de los daños considerados.

Listado de Daños y su Codificación

En primer lugar, se incluye un listado de los daños que comprende el SAP en su implementación actual, con alguna referencia a los elementos a que aplican.

Posteriormente se incluye un amplio catálogo con el Número de Daño, una breve descripción del mismo, cuando se ha podido incluir una muestra de la intensidad en sus grados Muy Malo, Malo y Regular; y en forma vertical a la derecha de cada página, los elementos a los que aplican

DESCRIPCIÓN DE LOS DAÑOS O PROBLEMAS

	DAÑO O PROBLEMA	APLICA A:
	ESTRUCTURA	
D-1	Abolladura	Deformaciones en vigas metálicas, cerchas, y demás piezas metálicas de la obra
D-2	Ahuellamiento	Deformaciones transversales de la calzada o superficie de rodamiento
D-3	Altura Insuficiente	Altura insuficiente de barandales peatonales o defensas vehiculares
D-4	Anclaje Suelto o Desprendido	Tensores en puentes colgantes o elementos suspendidos, que presentan anclajes sueltos
D-5	Anclaje Deficiente	Tensores en puentes colgantes o elementos suspendidos, que presentan anclajes rotos o en mal estado
D-6	Ausente	Caso en que no hay dispositivo de apoyo, defensas de tráfico, barandales peatonales, drenajes, trabas antisísmicas, señalamiento horizontal y vertical
D-7	Bache	Desintegración localizada de la superficie de rodamiento, con pérdida de material y profundidad mayor que 1"
D-8	Borde Saltado	Bordes de estructuras de concreto: vigas, bordillos, tabiques, etc., que presentan bordes rotos
D-9	Cables Corroidos	Cables de puentes colgantes o tirantes de arcos, que se encuentran corroídos
D-10	Colmenas	Oquedades localizadas, en estructuras de concreto, originadas en las etapas constructivas
D-11	Fundaciones Cedidas	Fundaciones que han cedido o asentado
D-12	Asentamiento Parcial	Losas de aproximación o terraplenes que han descendido por asentamiento de los suelos

D-13	Huecos	Vacíos que interesan a todo el espesor en losas y losas de aproximación
D-14	Pérdida de Material	Pérdida del material componente de los terraplenes y conos de derrame
D-15	Crecimiento de Vegetación	Elementos de puentes metálicos o de concreto con vegetación en grietas o juntas
D-16	Señales Confusas	Señalización horizontal y vertical mal ubicada, con información incorrecta, o con símbolos que no responden a las normas convencionales
D-17	Corrosión de Piezas de Acero	Piezas de acero en estructuras metálicas, que presentan signos de corrosión
D-18	Corrosión del Acero en Concreto	Acero de postesado o de refuerzo o piezas insertadas en el concreto que presentan corrosión
D-19	Corrosión del Equipamiento	Corrosión de las piezas metálicas y barras de acero en defensas vehiculares, barandales, señales verticales, drenajes, etc
D-20	Apoyos Desplazados	Los dispositivos de apoyo se encuentran desplazados de su posición
D-21	Deformación Excesiva	Deformación apreciable de vigas y losas que se recupera al cesar el estado de carga
D-22	Deformación Permanente	Vigas y losas que presentan una deformación apreciable
D-23	Defensas y Barandales Deformadas	Defensas vehiculares y barandales peatonales que presentan pérdida de su geometría original
D-24	Estribos desplazados	Estribos desplazados por empuje de suelos
D-25	Destrucción	Rotura de cualquier elemento
D-26	Elementos Faltantes	Elementos faltantes en estructuras metálicas, en uniones, en defensas y en barandales
D-27	Empozamiento	Presencia de huecos importantes en superficie y profundidad en la carpeta de rodadura
D-28	Filtraciones	Ingreso y salida de agua en losas, carpetas, aletones, aleros
D-29	Falta de Pintura	Falta de pintura de protección en estructuras metálicas

D-30	Falta Elemento de Junta	Falta el elemento de sello en las juntas
D-31	Fijaciones Deficientes	Fijaciones rotas o en mal estado en juntas, defensas vehiculares, barandales peatonales
D-32	Fisuras de Contracción o Retracción	Fisuras en elementos de concreto
D-33	Fisuras de Corte	Fisuras en los extremos de las vigas, losas y arriostramientos de concreto
D-34	Fisuras de Corte-Fricción	Fisuras en vigas de concreto y dinteles de pilas o vigas de apoyos de estribos, en la zona de los apoyos
D-35	Fisuras Erráticas	Fisuras en todas direcciones, en los elementos de concreto, típicas de contracción de fraguado
D-36	Fisuras de Flexión	Fisuras en los elementos de concreto, siendo más probables en vigas y losas
D-37	Fisuras de Torsión	Fisuras en los elementos de concreto, siendo más probables en vigas longitudinales y transversales
D-38	Fisuras Horizontales	Fisuras en los elementos de concreto, siendo comunes en vigas, aleros y muros frontales de estribos
D-39	Fisuras Inclinas	Fisuras en los elementos de concreto, siendo comunes en vigas y dinteles
D-40	Fisuras Longitudinales	Fisuras en elementos de concreto, siendo comunes en vigas
D-41	Fisuras Transversales	Fisuras en elementos de concreto
D-42	Fisuras Verticales	Fisuras en elementos de concreto
D-43	Grietas	Fisuras muy abiertas, en los elementos de concreto
D-44	Concreto Manchado	Elementos de concreto donde aparecen manchas oscuras de hongos o blancas de carbonatos
D-45	Concreto Saltado Descantillado	Áreas localizadas de los elementos de concreto en las que se ha saltado el concreto (spalling)
D-46	Losa de Aproximación Hundida	Losa de aproximación hundida por asentamiento del terraplén
D-47	Ilegibles	Carteles de señalamiento vertical que presentan la placa en mal estado, borrada

D-48	Impactos	Impactos ocasionados por vehículos, en aquellos elementos susceptibles de ser chocados
D-49	Elemento Ineficiente	Cualquier elemento que no esté cumpliendo adecuadamente su función
D-50	Apoyos Mal Orientados	Dispositivos de apoyo que se encuentran en posición/dirección incorrecta
D-51	Microfisuras	Fisuras muy finas y pequeñas, en todas direcciones, en los elementos de concreto
D-52	Losa de Aproximación No Visible	Losa de aproximación no visible, inclinada o inexistente
D-53	Juntas Tapadas	Juntas, ocultas por la suciedad o por recapados de pavimento
D-54	Señalización Vertical Oculta	Señalización vertical ocultada por vegetación u otros obstáculos
D-55	Pendiente Transversal Insuficiente	Insuficiente bombeo o peralte de la superficie de rodadura
D-56	Perfil de Neopreno Despegado	Juntas con sello de neopreno despegado
D-57	Perfiles Corridos	Juntas en estructuras metálicas con perfiles corridos
D-58	Revestimiento Perforado	Revestimientos de taludes y conos que se encuentran con huecos o roturas con pérdida de material
D-59	Pernos Faltantes	Uniones de estructuras metálicas en las que faltan pernos
D-60	Pernos Flojos	Uniones de estructuras metálicas en las que se observan pernos flojos
D-61	Platina Desprendida	Juntas que presentan la platina desprendida
D-62	Recubrimiento Saltado	Áreas localizadas de los elementos de concreto en las que ha saltado el recubrimiento, quedando el refuerzo a la vista
D-63	Remaches Faltantes	Uniones de estructuras metálicas en las que faltan remaches
D-64	Remaches Flojos	Uniones de estructuras metálicas en las que se observan remaches flojos
D-65	Losa de Aproximación Rotada	Losa de aproximación que se ha desplazado respecto a su posición original
D-66	Roturas Parciales	Roturas parciales en cualquier elemento estructural

D-67	Socavación	Socavación en cauces, estribos o pilas
D-68	Suciedad	Materiales extraños y residuos acumulados en juntas, apoyos, drenajes
D-69	Sumidero Sobreelevado	Drenajes con el sumidero sobreelevado
D-70	Superficie Manchada	Capa de rodadura que presenta manchas
D-71	Drenajes Tapados	Drenajes tapados que impiden el escurrimiento del aguas
D-72	Apoyos Trabados	Dispositivos de apoyo trabados
D-73	Drenajes con Tubos Cortos	Drenajes con tubos cortos
D-74	Vibración Excesiva	Vibraciones excesivas en las estructuras en general
D-75	Desprendimiento (de agregados)	Pérdida de agregados pétreos de la superficie de rodamiento, en zonas localizadas, generándose cavidades irregulares de profundidades no superiores a 20 milímetros
	AGENTES EXTERNOS	
D-76	Profunda	Socavación general o localizada de profundidad mayor a 0.50m
D-77	Extendida a los Laterales	Socavación general que se extiende a los laterales del cauce
D-78	De suelos Firmes	Socavación localizada
D-79	Permanente	Ataque sobre los estribos en forma permanente
D-80	En Crecientes	Ataque sobre los estribos sólo en crecientes
D-81	Lado externo de una curva	Socavación en el lado externo de una curva
D-82	Lado interno de una curva	Socavación en el lado interno de una curva
D-83	Cauce en Recta	Socavación en un cauce en recta
D-84	Con Rocas	Sedimentación del lecho del río con rocas
D-85	Con Grava	Sedimentación del lecho del río con grava
D-86	Con Canto Rodados menores	Sedimentación del lecho del río con canto rodados menores
D-87	Con Arena	Sedimentación del lecho del río con arena

D-88	Con Suelo Fino	Sedimentación del lecho del río con suelo fino
D-89	Con Vegetación	Sedimentación del lecho del río con vegetación
D-90	Muy Pesadas y Frecuentes	Cargas de uso
D-91	Muy Pesadas Ocasionales	Cargas de uso
D-92	Superiores a las de Diseño	Cargas de uso
D-93	Agresivos al Hormigón	Humos, gases y líquidos agresivos
D-94	Agresivos al Acero	Humos, gases y líquidos agresivos
D-95	Contenido Superior a Límites	Sales y sulfatos que pueden contener el agua y el suelo
D-96	Agresividad Verificada	Sales y sulfatos que pueden contener el agua y el suelo
D-97	Agresividad Supuesta	Sales y sulfatos que pueden contener el agua y el suelo
	FUNCIONALIDAD	
D-98	Insuficiente Para Un Carril	Capacidad de carga de la calzada. Ancho de calzada
D-99	Insuficiente Para Dos Carriles	Capacidad de carga de la calzada. Ancho de calzada
D-100	Insuficiente Para Tránsito Pesado	Capacidad de carga de la calzada. Ancho de calzada
D-101	Insuficiente	Gálibo vertical
D-102	No Uniforme	Gálibo vertical
D-103	HS-15	Carga de diseño
D-104	HS-20-44	Carga de diseño
D-105	No Conocida	Carga de diseño
D-106	Deterioros Muy Avanzados	Cualquier elemento
D-107	Deterioros Avanzados	Cualquier elemento
D-108	Requiere Mantenimiento Urgente	Cualquier elemento
D-109	Insuficiente Seguridad Estructural	Cualquier elemento
	IMPORTANCIA	

D-110	Medio de Comunicación Vital	Importancia en la estrategia militar
D-111	Zona Incluida en Planes Especiales	Importancia en la estrategia militar
D-112	Acceso Único a Población	Importancia para uso civil
D-113	Zona con Plan de Desarrollo Especial	Importancia para uso civil
D-114	Afecta Comunidades	Importancia social
D-115	Puede Generar Conflictos	Importancia social
D-116	Corredor Turístico Importante	Importancia turística
D-117	Yacimiento Arqueológico	Importancia turística
D-118	Carretera Paisajística	Importancia turística
D-119	Obra Incluida en Planes Especiales	Importancia política
D-120	Vía que Sirve a Comunidades Especiales	Importancia política
D-121	Requiere Tecnologías Especiales	Costo de las reparaciones
D-122	Reparaciones Muy Extendidas	Costo de las reparaciones
D-123	Reparaciones Muy Costosas	Costo de las reparaciones
D-124	Cruce de Emergencia Muy Costoso	Costo de obras de emergencia
D-125	Cruce de Emergencia no Factible	Costo de obras de emergencia
D-126	Cruce de Emergencia no Aceptable	Costo de obras de emergencia
D-127	Alternativa Muy Extensa	Costo de operación de los vehículos por la alternativa
D-128	Alternativa Intransitable	Costo de operación de los vehículos por la alternativa
D-129	Alternativa Requiere Obras Costosas	Costo de operación de los vehículos por la alternativa
D-130	Tiempos de espera inaceptables	Costo adicional por limitación de cargas y calzadas reducidas
D-131	Imposibilidad de vehículos pesados	Costo adicional por limitación de cargas y calzadas reducidas

Abolladuras

Abolladura de perfiles o piezas metálicas, en general producidas por impactos o golpes.

	FOTOS	
muy malo		
malo	 	primario, secundario, terciario, de 4to nivel
regular		

Ahuellamiento

Deformación del perfil transversal por hundimiento en la zona de paso de las ruedas, aparición de desniveles longitudinales en la zona de circulación

	FOTOS	
muy malo		superficie de rodadura
malo		
regular		

Altura insuficiente

Altura insuficiente para la función prevista

	FOTOS	
muy malo		Defensas de tránsito, bordillos a aceras
malo		
regular		

Anclajes deficientes

Anclajes de cables o de acero de refuerzo, cuando este se aprecia deslizado

FOTOS	
muy malo	
malo	 <p>Anclaje sometido a la acción del medio ambiente, con altas probabilidades de iniciar un proceso corrosivo</p>
regular	

primario, secundario, terciario, de 4to nivel

Ausente

Falta el elemento considerado

FOTOS	
muy malo	
malo	
regular	

Defensas de transito, bordillos a aceras, drenajes

Baches

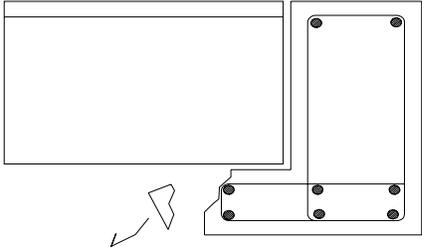
Desprendimiento del material de la capa de rodadura, en forma localizada

FOTOS	
muy malo	
malo	
regular	

superficie de rodadura

Borde saltado

Desprendimiento de una porción de material del borde de un elemento de concreto, en general abarca el material de recubrimiento

	FOTOS		
muy malo			primario, secundario, terciario, de 4to nivel, bordillos a acera, juntas
malo			
regular			

Cables corroídos

Corrosión de los cables principales en puentes colgantes o atirantados. O de los hangers o pendolones en el caso de elementos secundarios de puentes colgantes. Para vigas pretensadas de cualquier tipo, se aprecia el recubrimiento saltado y/o manchas de óxido en

FOTOS		
muy malo		
malo		primario, secundario
regular		

Colmenas

Pequeños huecos agrupados en la superficie debidos al llenado incorrecto del material contra el encofrado. Puede deberse a falta de vibrado, mucha densidad de armadura o el lavado del material fino durante el fraguado del concreto

FOTOS	
muy malo	
malo	
regular	

primario, secundario, terciario, de 4to nivel, superficie de rodadura

Fundaciones cedidas

Se aprecian desplazamientos en la estructura originados en el cedimiento de algunas fundaciones

	FOTOS	
muy malo		FUNDACIONES- zapata corrida, zapata aislada
malo		
regular		

Asentamiento parcial

Hundimientos en el pavimento en los accesos a puentes. Se originan en el asentamiento parcial de la losa de acceso cuando existe, a la compactación posterior a la construcción en la zona de los estribos o al hundimiento de los terraplenes de acceso por escurrimiento de

FOTOS	
muy malo	
malo	
regular	

ACCESOS- losa de acceso, terraplenes

Huecos

Oquedades debidas al mal colado del hormigón o generadas a posteriori por factores externos. Debajo de las losas de acceso, suelen producirse por deficiente compactación del terraplén en la zona próxima al estribo durante la construcción, o por el hundimiento de los terraplenes de acceso debido al escurrimiento de material hacia adelante o hacia los laterales del estribo

FOTOS	
muy malo	 
malo	 
regular	

primario, secundario, terciario, de 4to nivel

Huecos

Oquedades debidas al mal colado del hormigón o generadas a posteriori por factores externos. Debajo de las losas de acceso, suelen producirse por deficiente compactación del terraplén en la zona próxima al estribo durante la construcción, o por el hundimiento de los terraplenes de acceso debido al escurrimiento de material hacia adelante o hacia los laterales del estribo

FOTOS	
muy malo	 <p>Oquedad bajo la Losa de Aproximación</p> 
malo	 <p>Agujero en la calzada</p>
regular	

ACCESOS- losa de acceso

Crecimiento de vegetación

Se aprecian desplazamientos en la estructura originados en el cedimiento de algunas fundaciones

FOTOS	
muy malo	
malo	
regular	
Primario, secundario, terciario, de 4to nivel, bordillos a acera, juntas, drenajes	

Crecimiento de vegetación

Se aprecian desplazamientos en la estructura originados en el cedimiento de algunas fundaciones

FOTOS	
muy malo	
malo	
regular	

PILAS- vigas de apoyo, columnas, viga transv. Intermedia, muros

Crecimiento de vegetación

Se aprecian desplazamientos en la estructura originados en el cedimiento de algunas fundaciones

FOTOS	
muy malo	
malo	
regular	

ESTRIBOS- muro sup., trabas antisísmicas, muro inferior, columnas, muros laterales

Crecimiento de vegetación

Se aprecian desplazamientos en la estructura originados en el cedimiento de algunas fundaciones

	FOTOS		
muy malo			ACCESOS- revestimiento frontal, revest cuarto de cono, revest lateral, muro fund revest, losa acceso
malo			
regular			

Señales confusas

Las señales difieren con la realidad o pueden ser interpretadas de manera errónea

	FOTOS		
muy malo		Señales	
malo			
regular			

Corrosión de piezas de acero

Deterioro de elementos metálicos por corrosión o formación de óxidos de hierro. En etapa inicial se aprecia un óxidos superficial, luego puede aparecer como picado o delaminación con importante pérdida de la sección resistente. Suele hallarse en zonas que conforman nichos de almacenamiento de agua y suciedad, lado interior de ángulos, zonas de roblones, bulones o cordones de soldadura

	FOTOS		
muy malo			primario, secundario, terciario, de 4to nivel
malo			
regular			

Corrosión de piezas de refuerzo en el concreto

Corrosión de barras del acero de refuerzo. Puede observarse delaminación, picado y merma en la sección de las barras. El aumento de volumen del óxido de hierro comienza por producir fisuras que siguen la línea de las barras y luego reventones que involucran el recubrimiento (barras visibles desde el exterior). Suelen apreciarse también, manchas de óxido en la superficie del elemento

	FOTOS		
muy malo			primario, secundario, terciario, de 4to nivel
malo			
regular			

Corrosión del equipamiento

Presencia de óxido en elementos generalmente metálicos (insertos) fijados a elementos de concreto, tales como: luminarias, postes, fijaciones de ductos, etc.

	FOTOS	
muy malo		Defensas de tránsito, drenajes
malo		
regular		

Apoyos desplazados

Aparatos de apoyo que, por su mal funcionamiento o montaje deficiente, se bloquean y se desplazan de su posición correcta. En el caso de apoyos de neopreno, puede deberse incluso a que para algunos estados de carga, resulten con menor carga que la mínima recomendada por el fabricante

FOTOS	
muy malo	
malo	
regular	

APOYOS- aparatos de apoyo, dados de apoyo

Deformacion permanente

Alteración de la forma original de elementos de la estructura, de manera permanente por acción de cargas de larga duración, como el empuje de suelos o las cargas permanentes, o incluso por la pérdida de sección resistente de elementos debidos a la socavación, corrosión, acción de animales, degradación de los materiales, etc.

	FOTOS		
muy malo			primario, secundario, terciario, de 4to nivel
malo			
regular			

Defensas y barandas deformadas

Deformaciones en barandas y defensas producidas por impacto de vehiculos. También se observan deformaciones en sistemas de drenaje por la acción del agua.

		FOTOS			
muy malo	 				
malo	 				Defensas de transito
regular					

Destrucción

Destrucción total o ausencia del elemento por rotura completa. Suele producirse en barandas y defensas, aunque también se observan dispositivos de apoyo destruidos, emplantillados, etc.

	FOTOS	
muy malo		
malo		
regular		primario, secundario, terciario, de 4to nivel, superficie de rodadura, defensas de tránsito, juntas, drenajes

Elementos faltantes

Ausencia de los elementos, ya sea porque no se previeron en la construcción original o porque desaparecieron por alguna causa externa

	FOTOS		
muy malo		primario, secundario, terciario, de 4to nivel, defensas de tránsito	
malo			
regular			

Destrucción

Destrucción total o ausencia del elemento por rotura completa. Suele producirse en barandas y defensas, aunque también se observan dispositivos de apoyo destruidos, emplantillados, etc.

	FOTOS	
muy malo		APOYOS- aparatos de apoyo, dados de apoyo
malo		
regular		

Elementos faltantes

Ausencia de los elementos, ya sea porque no se previeron en la construcción original o porque desaparecieron por alguna causa externa

	FOTOS	
muy malo		APOYOS- aparatos de apoyo
malo		
regular		

Empozamiento

Formación de recintos que retienen agua pluvial, por deficiente construcción o por deformaciones producidas durante el período de servicio

	FOTOS	
muy malo		superficie de rodadura
malo		
regular		

Filtraciones

Filtraciones a través de elementos estructurales tales como: losas, pantallas, aleros, muros, aletones, etc. Por lo general se originan en falta de elementos estancos de junta, excesiva permeabilidad del concreto o de los suelos del terraplén en combinación con fisuras en los paramentos de concreto o arcos de las bóvedas

		FOTOS	
muy malo			
malo	 		
regular			
		primario, secundario, terciario, de 4to nivel, superficie de rodadura	

Filtraciones

Filtraciones a través de elementos estructurales tales como: losas, pantallas, aleros, muros, aletones, etc. Por lo general se originan en falta de elementos estancos de junta, excesiva permeabilidad del concreto o de los suelos del terraplén en combinación con fisuras en los paramentos de concreto o arcos de las bóvedas

FOTOS		
muy malo		ESTRIBOS- muros laterales
malo		
regular		

Falta de pintura

Ausencia de pintura por desgaste o opr no haber sido pintados, en elementos metálicos

FOTOS	
muy malo	
malo	
regular	
primario, secundario, terciario, de 4to nivel, defensas de tránsito, bordillos a acera, señales	

Falta elemento de junta

Ausencia del elemento de relleno de la junta, generalmente el sello de neopreno que se utiliza con frecuencia en juntas de puentes.

		FOTOS		
muy malo				juntas
malo				
regular				

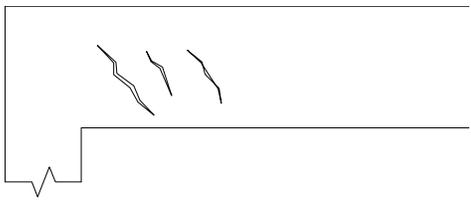
Fijaciones deficientes

Roturas o desprendimiento de placas que permiten la fijación de postes de barandas o defensas, soportes de ductos, tubos y otros sistemas de drenaje, etc.

	FOTOS		
muy malo		Defensas de tránsito, juntas	
malo			
regular			

Fisuras de corte

Fisuras inclinadas, generalmente cercanas a los apoyos o en elementos flexados de poca longitud, como vigas transversales. Este tipo de fisuración puede llegar a darse de forma repentina, con característica frágil, y generar la rotura de la pieza o su incapacidad para tomar nuevas cargas, por lo que se deben considerar peligrosas, al no otorgar el tiempo necesario para el apuntalamiento y la reparación

FOTOS	
muy malo	
malo	
regular	

primario, secundario, terciario, de 4to nivel

Fisuras de corte-fricción

Fisuras que se producen en las inmediaciones de los apoyos o zonas de transferencia de cargas con eventuales desplazamientos por temperatura, contracción o deformación diferida. Se originan en la incapacidad del elemento colocado en el apoyo para permitir pequeños desplazamientos sin generar esfuerzos superficiales en el concreto.

FOTOS	
muy malo	
malo	
regular	

primario, secundario, terciario, de 4to nivel

Fisuras erráticas

Fisuras completamete erráticas en su dirección y entrecruzadas, tipo mapa. Generalmente se deben a la contracción de fraguado y son superficiales. Pueden ocasionar la reducción de la durabilidad del concreto por el ingreso de agua que genera corrosión del refuerzo

FOTOS	
muy malo	
malo	
regular	
	primario, secundario, terciario, de 4to nivel

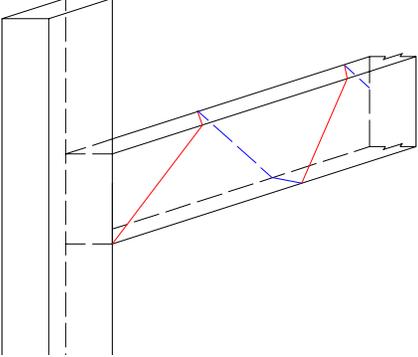
Fisuras de flexión

Pueden ser fisuras simples: verticales que se van inclinando hacia las zonas de reducción de momentos flexores, generalmente son más grandes y visibles en el centro de elementos flexados o en la clave de los arcos

		FOTOS		
muy malo				
malo				
regular				
			primario, secundario, terciario, de 4to nivel	

Fisuras de torsión

La torsión produce fisuras a 45°. Éstas aparecen en dirección opuesta en ambas caras de la viga. Suele observarse en las vigas transversales y particularmente en los puentes esviados

		FOTOS	
muy malo			
malo			
regular			

primario, secundario, terciario, de 4to nivel

Grietas

Se considerarán como grietas a aquellas fisuras que se aprecian a simple vista desde la distancia, su abertura suele ser mayor que 2 ó 3 milímetros

	FOTOS	
muy malo		primario, secundario, terciario, de 4to nivel, superficie de rodadura, defensas de tránsito
malo		
regular		

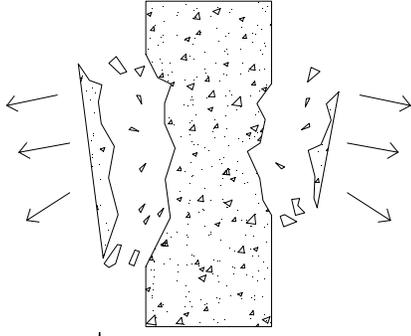
Concreto manchado

Se aprecian manchas amarillentas o blanquecinas en la superficie del elemento

	FOTOS	
muy malo		primario, secundario, terciario, de 4to nivel, defensas de tránsito
malo		
regular		

Concreto saltado, descantillado

Desprendimiento del material de la superficie de elementos de concreto, generalmente abarca sólo al recubrimiento. Las causas pueden ser diversas, tales como: corrosión del acero de refuerzo, impactos de vehículos, golpes por manipuleo impreciso en piezas prefabricadas,

	FOTOS	
muy malo		
malo		
regular		

primario, secundario, terciario, de 4to nivel, superficie de rodadura, defensas de tránsito, bordillos a acer

Losa de acceso hundida

Hundimiento del extremo libre (mas alejado del puente) de las losas de acceso. Suelen producirse por deficiente compactación del terraplén en la zona próxima al estribo durante la construcción, o por el hundimiento de los terraplenes de acceso debido al escurrimiento

FOTOS		
muy malo		ACCESOS- losa de acceso
malo		
regular		

Impactos

Abolladuras, deformaciones y roturas o eliminación completa de postes y defensas, debidas al choque de vehículos. O impacto de elementos de gran masa (troncos de árboles, rocas, etc.) contra otros elementos de la estructura

		FOTOS			
muy malo					
malo					Defensas de transito
regular					

Impactos

Abolladuras, deformaciones y roturas o eliminación completa de postes y defensas, debidas al choque de vehículos. O impacto de elementos de gran masa (troncos de árboles, rocas, etc.) contra otros elementos de la estructura

	FOTOS		
muy malo			PILAS- columnas
malo			
regular	no hay impacto sobre vigas???		

Perfil de neopreno despegado

Desprendimiento parcial del perfil de neopreno que sella algunas juntas. Se coloca con un pegamento que suele fallar al poco tiempo. La junta se transforma en una junta abierta y no estanca

FOTOS		
muy malo		juntas
malo		
regular		

Pernos faltantes

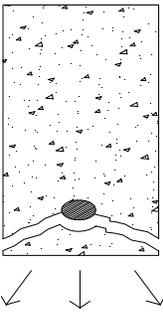
	FOTOS	
muy malo		
malo		
regular		
		primario, secundario, terciario, de 4to nivel

Pletina desprendida

FOTOS		
muy malo		juntas
malo		
regular		

Recubrimiento saltado

Separación o desprendimiento de la capa de hormigón destinada a proteger las armaduras

		FOTOS	
muy malo	 	primario, secundario, terciario, de 4to nivel, bordillos a acera	
malo	 		
regular	 		

Remaches faltantes

Uniones remachadas entre dos o mas piezas que poseen agujeros sin remache o agujeros sin rellenar con soldadura

	FOTOS	
muy malo		
malo	 	primario, secundario, terciario, de 4to nivel
regular		

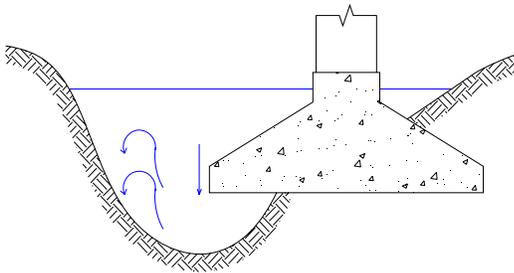
Roturas parciales

Quiebre o desgarradura de parte del elemento

FOTOS	
muy malo	
malo	
regular	
primario, secundario, terciario, de 4to nivel, defensas de tránsito, bordillos a acera	

Socavación

Quiebre o desgarradura de parte del elemento

		FOTOS			
muy malo					
malo					PILAS- columnas, muros
regular					

Socavación

Quiebre o desgarradura de parte del elemento

	FOTOS	
muy malo		FUNDACIONES- zapata corrida, zapata aislada, cabezal de pilotes, pilotes, zampeado
malo		
regular		

Socavación

Quiebre o desgarradura de parte del elemento

		FOTOS	
muy malo			
malo			
regular			

Suciedad

Obstrucciones debidas a hojas, ramas, bolsas de nylon, etc

	FOTOS	
muy malo		juntas, drenajes
malo		
regular		

Drenajes tapados

Hojas, ramas, bolsas de nylon, etc impiden el pasaje normal del agua de lluvia

FOTOS		
muy malo		drenajes
malo		
regular		

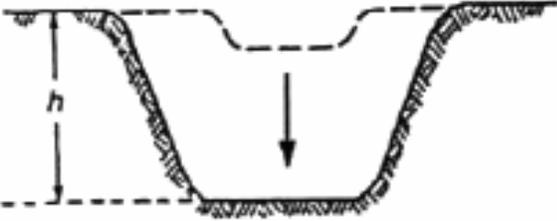
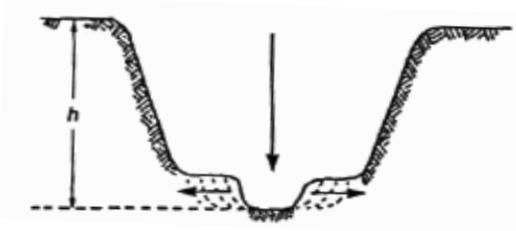
Apoyos trabados

	FOTOS	
muy malo		
malo		APOYOS- aparatos de apoyo
regular		

Drenajes con tubos cortos

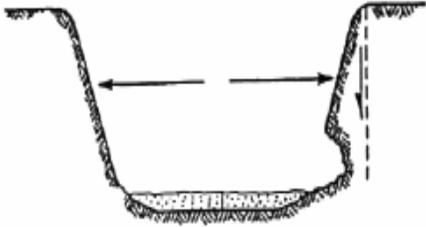
FOTOS	
muy malo	
malo	
regular	
	drenajes

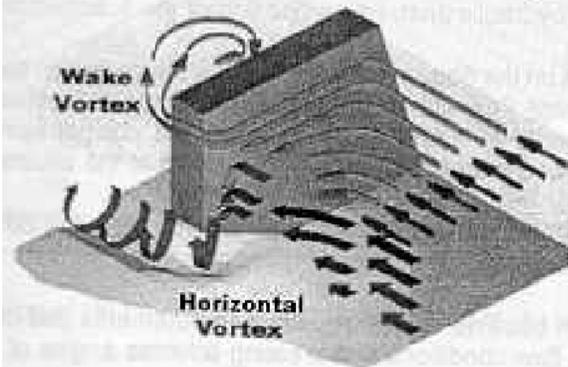
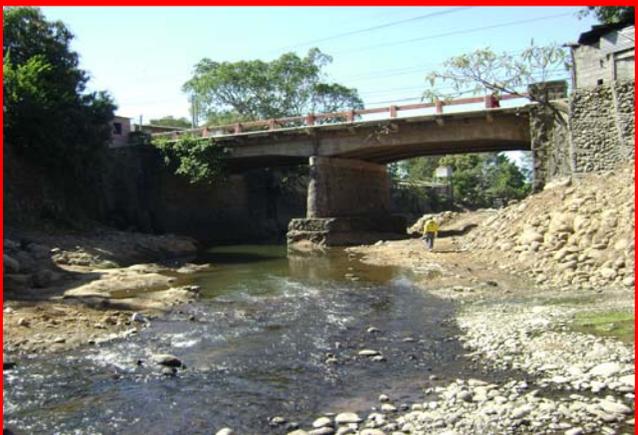
Se refiere a la profundidad de las socavaciones, es necesario evaluar en qué medida estas son graves por amenazar la estabilidad de las fundaciones

		FOTOS	
Muy avanzado			Socavación general, Socavación localizada, Degradación del lecho
Avanzado			
Incipiente			

Extendida a los laterales

Socavación que debilita las fundaciones de los estribos y las protecciones de los terraplenes de acceso o las defensas de la obra

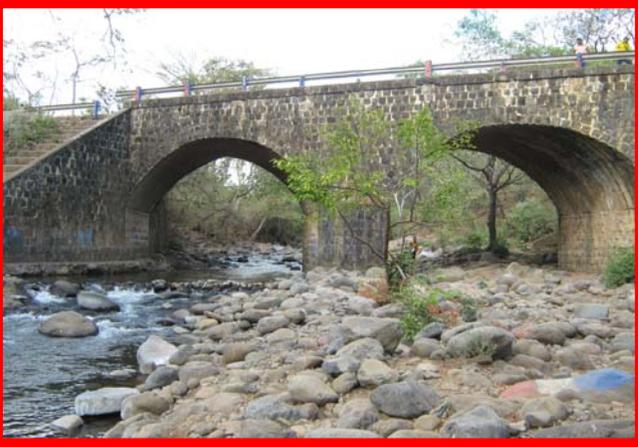
		FOTOS			
Muy avanzado					Socavación general, Degradación del lecho
Avanzado					
Incipiente					

FOTOS	
Muy avanzado	
Avanzado	
Incipiente	

Ataque sobre estribos

Lado externo de la curva

Por lo general, los cursos de agua socavan del lado externo de sus curvas y depositan suelos finos del lado interno. Implica gran peligro cuando el estribo de un puente está ubicado del lado donde se produce el ataque de la corriente.

		FOTOS	
Muy avanzado			
Avanzado			Ataque sobre estribos
Incipiente			

Lado interno de la curva

		FOTOS	
Muy avanzado			
Avanzado			
Incipiente			
			Ataque sobre estribos

Con rocas

En puentes ubicados al pié de torrentes, puede presentarse la obstrucción del cauce con rodados o rocas de gran tamaño.

FOTOS	
Muy avanzado	
Avanzado	
Incipiente	

Agradación del lecho

Con canto rodados menores

En puentes ubicados al pié de torrentes, se frecuente la colmatación del cauce con rodados (diámetros menores que 10 cm) que son arrastrados aguas abajo por los cauces con menor velocidad.

FOTOS	
Muy avanzado	
Avanzado	
Incipiente	
Agradación del lecho	

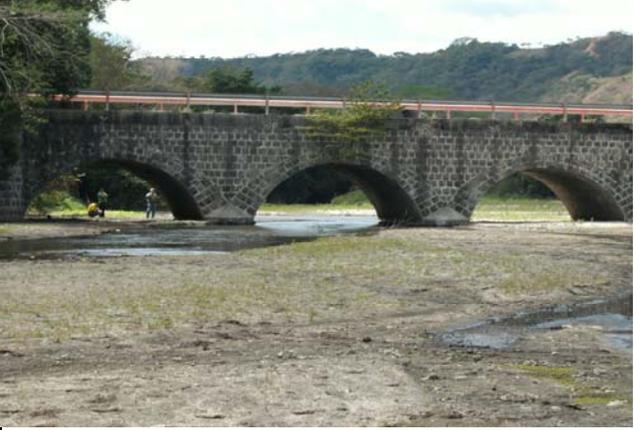
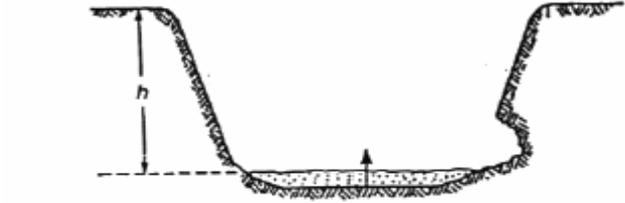
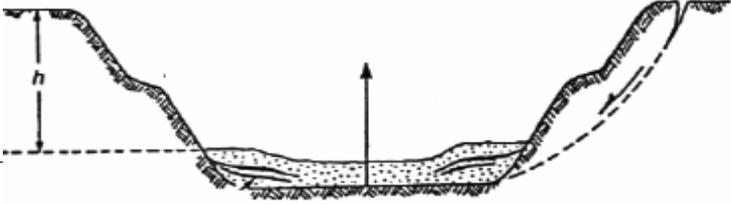
Con arena

En puentes ubicados al pié de torrentes, se frecuente la colmatación del cauce con arenas que son arrastradas aguas abajo por los torrentes que pueden tener incluso baja velocidad..

	FOTOS	
Muy avanzado		Agradación del lecho
Avanzado		
Incipiente		

Con suelo fino

En puentes de llanura, ubicados en ríos de cauce variable y meandroso, es frecuente la acumulación de bancos de suelo fino de configuración variable que se depositan preferentemente después de las crecidas.

		FOTOS			
Muy avanzado					
Avanzado					Agradación del lecho
Incipiente					

Con vegetación

El arrastre de vegetación se traba contra los elementos de la estructura, reduciendo el área de pasaje del agua y favoreciendo el aumento de velocidades y por lo tanto, la socavación. Incluso puede generar acciones importantes sobre los elementos de la infraestructura.

FOTOS		
Muy avanzado		Agradación del lecho
Avanzado		
Incipiente		

Superiores a las de diseño

Sobrecargas extraordinarias o incremento de las cargas permanentes por sucesivos repavados, producen sobrecargas en los puentes que superan las de diseño.

FOTOS		Sobrecargas reales
Muy avanzado		
Avanzado	 <p>repavados sucesivos y sobrecarga del puente</p>	
Incipiente		

Agresivos al hormigón

En cercanías de industrias que emiten gases sulfurosos o en cauces por donde circulan aguas servidas o aguas con exceso de sales, se produce el ataque químico del hormigón, disgregándose el cemento y quedando expuesto y libre el agregado

	FOTOS	
Muy avanzado		Humos o gases agresivos, líquidos agresivos
Avanzado		
Incipiente		

Agresivos al hormigón

FOTOS	
<p>Muy avanzado</p>	
<p>Avanzado</p>	
<p>Incipiente</p>	

Humos o gases agresivos, líquidos agresivos

Contenido superior a límites

Análisis químicos del agua y los suelos del cauce, que están en contacto con las fundaciones, pueden indicar contenidos de sales agresivas en proporción mayor que los límites aceptables

FOTOS	
Muy avanzado	
Avanzado	
Incipiente	

Aguas con sulfatos o cloruros, suelos con sulfatos o cloruros

Agresividad verificada

Aún antes de realizar ensayos, es posible verificar ataque químico del hormigón.

	FOTOS	
Muy avanzado		Aguas con sulfatos o cloruros, suelos con sulfatos o cloruros
Avanzado		
Incipiente		

Agresividad supuesta

FOTOS	
Muy avanzado	
Avanzado	
Incipiente	

Aguas con sulfatos o cloruros, suelos con sulfatos o cloruros

Obsolescencia funcional



Insuficiente para un carril

98	Insuficiente	El ancho de calzada no permite el paso de un camión grande con seguridad (menor que 3 metros)
	Mín. aceptable	Para un carril, el ancho mínimo aceptable es de 3m
	Adecuado	Un ancho de 3.50m para circulación, con sobrecanchos de 50cm a la izquierda y 1.50m a la derecha
	Sobra	Mayor ancho que el anterior con sobrecanchos mayores que 2.50m para detención de vehículos.

Insuficiente para dos carriles

99	Insuficiente	El ancho de calzada no permite el paso de dos camiones pesados con seguridad (menor que 6 metros)
	Mín. aceptable	Para dos carriles, el ancho mínimo aceptable es de 6m
	Adecuado	Un ancho de 3.50m para circulación, con sobrecanchos de 2.50m a ambos lados
	Sobra	Mayor ancho que el anterior con sobrecanchos mayores que 2.50m para detención de vehículos.

Ancho de calzada

Insuficiente para tránsito pesado

100	Insuficiente	El ancho de calzada no permite el paso de dos camiones pesados con seguridad (menor que 7 metros)
	Mín. aceptable	Para dos carriles, el ancho mínimo aceptable es de 7m
	Adecuado	Un ancho de 3.65m para circulación, con sobrecanchos de 2.50m a ambos lados
	Sobra	Mayor ancho que el anterior con sobrecanchos mayores que 2.50m para detención de vehículos.



Insuficiente

101

Insuficiente	Menor que 4.20m en rutas principales y 3.60m en rutas secundarias
Mín. aceptable	En rutas principales, 4.80m
Adecuado	Actualmente se considera adecuado, un gálibo vertical de 5.10m
Sobra	Mayor que 5.10m

No uniforme

Quando el gálibo no es uniforme y constante bajo el puente, sus valores deben medirse en la parte más baja de la sección de pasaje

102

Insuficiente	Menor que 4.20m en rutas principales y 3.60m en rutas secundarias
Mín. aceptable	En rutas principales, 4.80m
Adecuado	Actualmente se considera adecuado, un gálibo vertical de 5.10m
Sobra	Mayor que 5.10m

Gálibo vertical



HS-15

103

Insuficiente	El puente no permite el paso de cargas del orden del camión HS-15 de la AASHTO
Mín. aceptable	Admite el paso del camión HS-15 de AASHTO, como carta extraordinaria, como caso excepcional
Adecuado	Se comprueba que el diseño ha sido realizado para el camión HS-15 de AASHTO
Sobra	La estructura está dimensionada para cargas mayores que las utilizadas para el diseño vial del tramo

HS-20-44

104

Insuficiente	El puente no permite el paso de cargas del orden del camión HS-20-44 de la AASHTO
Mín. aceptable	Admite el paso del camión HS-20-44 de AASHTO, como carta extraordinaria, como caso excepcional
Adecuado	Se comprueba que el diseño ha sido realizado para el camión HS-20-44 de AASHTO
Sobra	La estructura está dimensionada para cargas mayores que las utilizadas para el diseño vial del tramo

No conocida

105

Insuficiente	Se desconoce la carga de diseño, pero se juzga insuficiente la resistencia de la estructura sana
Mín. aceptable	Se desconoce la carga de diseño, pero se juzga adecuada bajo condiciones de control, la resistencia de la obra
Adecuado	Se desconoce la carga de diseño, pero se juzga adecuada, sin realizar controles especiales, la resistencia de la obra
Sobra	Se desconoce la carga de diseño, pero se juzga que la resistencia de la obra es más que suficiente para el uso

Carga de diseño

ANEXO A-2

**DATOS ESTADÍSTICOS
GENERALES DE PUENTES
EXISTENTES EN LA BASE DE
DATOS DEL MINISTERIO DE
OBRAS PÚBLICAS EN EL AÑO
2017.**

ANEXO A-2

DATOS ESTADÍSTICOS GENERALES DE PUENTES EXISTENTES EN LA BASE DE DATOS DEL MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS EN EL AÑO 2017.

La base de datos del Sistema de Administración de Puentes del Ministerio de Obras Públicas (MOP), para el año 2017 contiene la información general de 1670 puentes en la red vial nacional, así como también los datos de daños existentes para cada puente.

En esta sección se muestran algunos datos estadísticos generales de los puentes existentes en el país según la clasificación actual de MOP; se muestran las cantidades de puentes por departamentos y por tipo de carretera en el país, para los cuales se muestra la ubicación geográfica en el mapa de El Salvador según las coordenadas existentes en esta misma base (Imágenes A-2.1, A-2.2, A-2.3, A-2.4 y A-2.5, estas imágenes son solo referencia de ubicación de los 1670 puentes, en ellas no se logrará ver el lugar exacto de la ubicación del puente, ya que para ello es necesario un mapa a escala magna), los puentes existentes son identificados por color para los tipos de carretera y los diferentes departamentos. También se muestran los datos estadísticos del total de puentes por tipologías, tipo de sección transversal, tipo de capa de rodadura, tipo de vano y longitudes de los puentes.

Los datos estadísticos en esta sección, no son los únicos que se pueden considerar para el análisis comparativo de las tipologías de los puentes, existen muchas otras clasificaciones, pero las que se han tomado en consideración son las más importantes para un administrador de puentes desde el punto de vista económico para la intervención de reparaciones mayores, ya que se debe conocer los aspectos generales de los puentes una zona o crear zonas por tipologías de puente, para designar una cantidad de recursos necesarios para su mantenimiento o reparación; por ejemplo para cinco puentes construidos con mampostería de piedra que necesitan reparaciones similares y se encuentran en una misma vía, los materiales a utilizar serán similares o iguales, por lo tanto la zonificación de puentes ayudaría a economizar los recursos fiscales, cabe destacar que esto daría un buen resultado siempre y cuando exista una buena administración y planeación de las entidades responsables.

El conocimiento de la frecuencia de uso de tipos de vanos, capa de rodadura, sección transversal en puentes, indica también el material que se utilizó para su construcción, por lo tanto, el administrador de puentes al identificar la frecuencia de

estos tendría una referencia de los materiales que se necesitan para realizar las respectivas reparaciones en los elementos de los puentes.

A continuación se muestra el resultado de lo planteado anteriormente, reflejando cantidades en números reales para cantidad de puentes, y porcentajes para frecuencia.

En la tabla A-2.1, se muestra la distribución de puentes en todo el territorio Salvadoreño con base a los datos del Sistema de administración de puentes del MOP. La cantidad de puentes por departamento y por tipo de carretera, están reflejados en las imágenes A-2.1, A-2.2 y A-2.3, la primera muestra los puentes por departamento, la segunda muestra los puentes por tipo de carretera de tipo CA, en esta imagen, para identificar los puentes por vías, se a designado un color por designación de vía (el mismo tono mostrado en la tabla es el mostrado en la imagen) y tercero, muestra todos los puentes que se encuentran sobre todas las rutas nacionales que están distribuidas en el país.

Tabla A-2.1: Cantidades de puentes localizados en carreteras de vías departamentales, carreteras Centroamericanas y rutas nacionales que se encuentran en El Salvador, (no existe distinción entre puentes nuevos o antiguos).

DESCRIPCION	CODIGO	TOTAL	DESCRIPCION	CODIGO	TOTAL
Ahuachapán	AHU	24	Carretera Panamericana	CA01	101
Cabañas	CAB	39	Carretera Litoral	CA02	197
Chalatenango	CHA	132	Carretera Longitudinal del norte	CA03	105
Cuscatlán	CUS	47	Carretera Troncal del norte	CA04	31
La Libertad	LIB	67	Carretera internacional Honduras-El Salvador	CA07	29
Morazán	MOR	58	Tercera carretera Guatemala- El Salvador	CA08	19
La paz	PAZ	41	Cuarta carretera internacional Guatemala-	CA12	23
San Salvador	SAL	65		CA1A	2
San Miguel	SAM	102		CA2A	28
Santa Ana	SAN	48		CA8A	5
San Vicente	SAV	38	Ruta nacional	RN	210
Sonsonate	SON	35	-	-	-
La Unión	UNI	81	-	-	-
Usulután	USU	63	-	-	-
TOTAL		840	TOTAL		750

Fuente: Base de datos de Inventario básico de El Salvador (2017, MOP)

Cabe resaltar que las cantidades totales de los puentes mostradas en las tablas de esta sección pueden variar con la base de datos del año 2018 y posteriores, ya que el

MOP considera que aún no han sido inspeccionados todos los puentes existentes en el país cuyo mantenimiento corresponde al MOP y FOVIAL, los datos mostrados (como anteriormente se ha descrito), corresponden a los puentes inspeccionados en el año 2017.

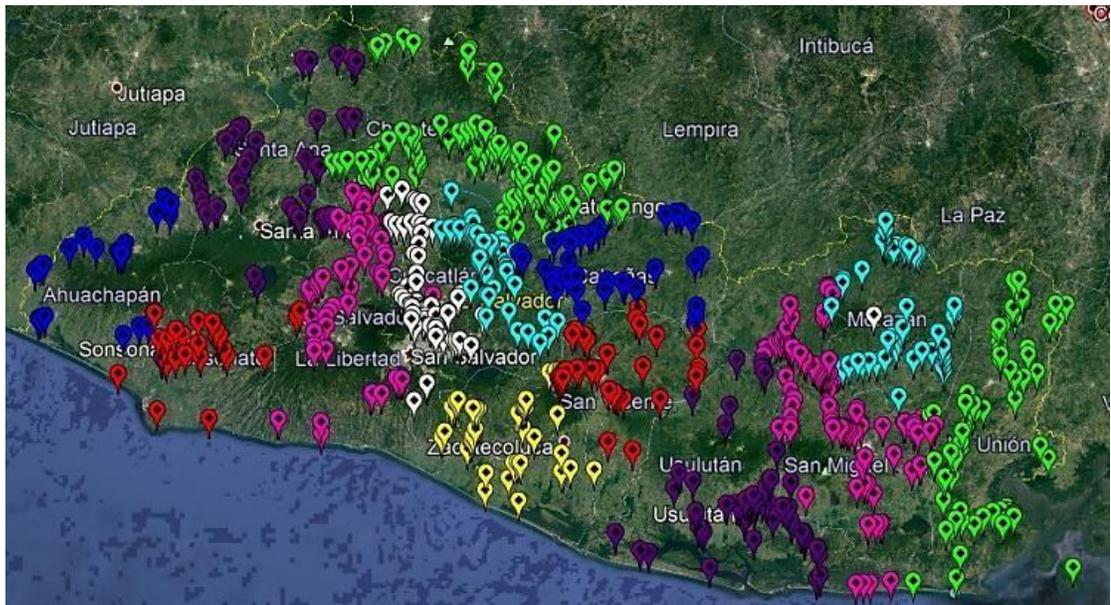


Imagen A-2.1: Ubicación de los puentes en carreteras de vías departamentales existentes en la base de datos del SAP año 2017.



Imagen A-2.2: Ubicación de los puentes en carreteras Centro Americanas (CA) existentes en la base de datos del SAP año 2017.

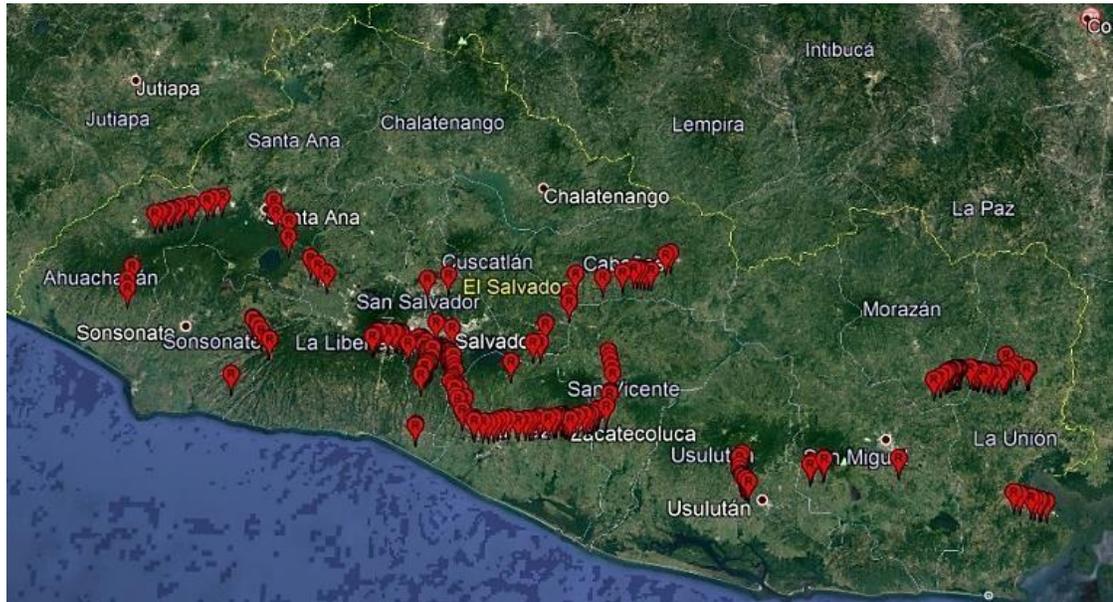


Imagen A-2.3: Ubicación de los puentes en carreteras de Ruta nacional existentes en la base de datos del SAP año 2017.

En cuanto al número de corredores viales de circulación mayor que competen al MOP respectivamente en las ciudades del Área Metropolitana de San Salvador (AMSS), Chalatenango, Sonsonate, Zacatecoluca, Cabañas, Santa Ana y Usulután, se muestran en la tabla A-2.2; muestra la cantidad de puentes por eje vial interurbano, y refleja que la mayor cantidad de puentes existentes por Ejes viales, se encuentra en la ciudad de San Salvador con 67 de los 80 puentes totales, los 13 puentes restantes, se encuentran repartidos en las demás ciudades ya mencionadas.

Tabla A-2.2: Ejes viales nacionales y su cantidad de puentes.

DESCRIPCION	CODIGO	TOTAL
Ejes viales interurbanos de Chalatenango	EVICHA	2
Ejes viales interurbanos del Área Metropolitana de San Salvador	EVIAMSS	67
Ejes viales interurbanos de Sonsonate	EVISION	6
Ejes viales interurbanos de Zacatecoluca	EVIZAC	2
Ejes viales interurbanos de Cabañas	EVIACA	1
Ejes viales interurbanos de Santa Ana	EVISAN	1
Ejes viales interurbanos de Usulután	EVIUSU	1
TOTAL		80
Fuente: Base de datos de Inventario de condición de puentes de El Salvador (2017, MOP)		

En la imagen A-2.4 y A-2.5 se muestran las ubicaciones de los ejes viales interurbanos que se encuentran en El Salvador, en esta imagen no se reflejan por tipología de puente, solamente su distribución a nivel nacional y que son vehiculares.

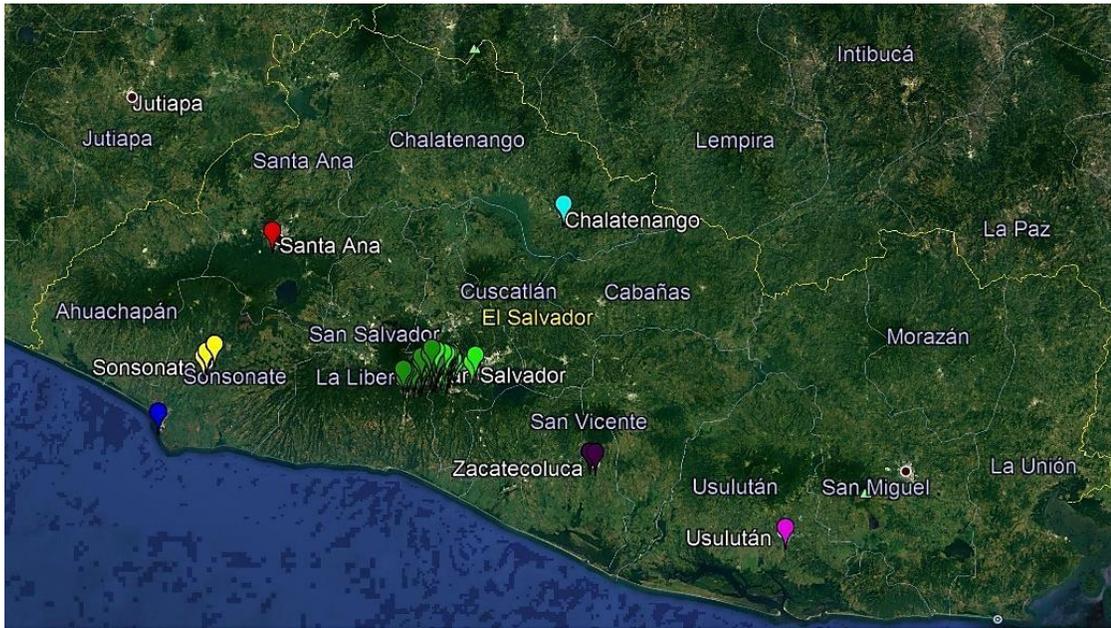


Imagen A-2.4: Ubicación de los puentes en Ejes Viales Interurbanos, existentes en base de datos del SAP año 2017.

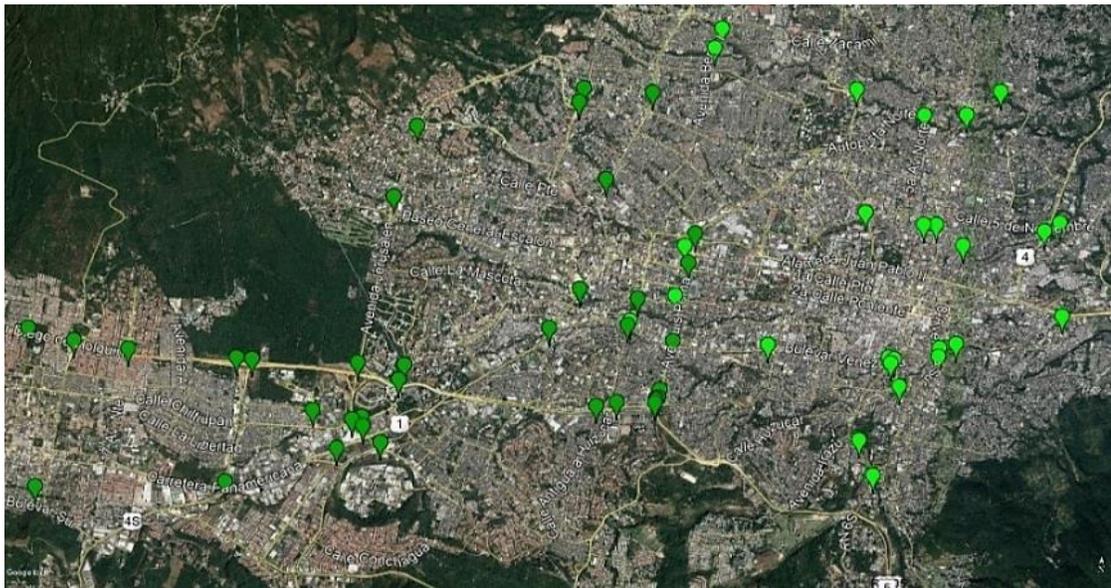


Imagen A-2.5: Ubicación de los puentes en Ejes Viales Interurbanos, existentes en el área de San Salvador según datos del SAP del año 2017.

Basado en el registro de datos de los puentes del SAP-web, en la tabla A-2.3, se muestra en resumen la cantidad de puentes que poseen registro de año de

construcción, de lo cual, un 81.9% del total de puentes no poseen dicho registro. En estos datos se manifiesta que existen puentes con edades mayores a los 100 años de construcción que aún se encuentran en funcionamiento, lo que implicaría inspecciones más detalladas, profundas y continuas para evitar que estos colapsen debido a deterioro por su edad. De los puentes construidos recientemente (menores a 10 años), pocos cuentan con registros del año de construcción, resaltando el hecho que, el aumento de eventos de lluvia en el país ha ido en aumento en los últimos diez años, tal como se reflejó en el Capítulo I en la sección de daños en puentes, y que cada año existen más puentes entre dañados y colapsados, debido a que la capacidad hidráulica de muchos puentes antiguos no es la suficiente, además del poco mantenimiento que reciben.

Tabla A-2.3: Año de construcción conocido y registradas en algunos puentes de la base de datos del SAP.

Edad de los puentes	Cantidad	Porcentaje (%)
Desconocida	1368	81.9
> 100 años	3	0.2
100 ≤ años < 50	25	1.5
50 ≤ años < 25	118	7.1
25 ≤ años < 10	42	2.5
10 ≤ años	114	6.8
Total	1670	100 %

Fuente: Base de datos de Inventario de condición de puentes de El Salvador (2017, MOP)

En la tabla A-2.4, se reflejan los resultados de los tipos de puentes existentes en El Salvador, a su vez se muestra el tipo de vano existente por tipología, de lo cual, según la base de datos, en algunos puentes se registra como tipo de Vano "NULL", lo que no existe, este tipo de registro en la base de datos es debido a que durante la inspección visual no se pudo identificar el tipo del puente o hubo un error al momento de ingresar los datos al sistema, y debido a la ausencia de planos de estos puentes no se verifica el dato. Los puentes que se encuentran con identificación "OTROS", se debe a que en algunos puente, hay una combinación de vanos, esto en algunas casos se debe a las reparaciones realizadas o a que el puente se construyó en una combinación de vanos y secciones, por lo cual no se identifica como un solo tipo de vano, por ejemplo sobre el río Titihuapa en el departamento de Cabañas, se tiene registro de la existencia de un puente cuya construcción original es de tipo arco de mampostería, pero que al realizarle trabajos de reparación en uno de los tramos del puente, este no se realizó siguiendo la tipología original, en cambio fueron colocadas vigas de concreto, para salvar dicho tramo del puente.

Tabla A-2.4: Detalle de tipos de vanos existentes por tipo de puente según clasificación del Sistema de Administración de Puentes del Ministerio de Obras Públicas (MOP).

TIPO DE PUENTE TIPO DE TRAMO	CANTIDAD	TIPO DE PUENTE TIPO DE TRAMO	CANTIDAD	TIPO DE PUENTE TIPO DE TRAMO	CANTIDAD
CAJA	208	OTRO	25	ARCO SUPERIOR TABL. DE MAMPOSTERIA	1
BÓVEDA	6	BÓVEDA	6	ARCO TABLERO SUP	1
CONTINUO	66	ISOSTÁTICO	1	ARCO TABLERO_INF	9
ISOSTÁTICO	49	NULL	2	BÓVEDA	1
NULL	6	OTROS	16	NULL	6
OTROS	81	SUPER SPAN	70	NULL	1
CERCHA	10	BÓVEDA	6	OTROS	1
ARCO TABLERO SUP	1	ISOSTÁTICO	5	ARCO TABL.INFERIOR	3
ARCO TABLERO_INF	1	OTROS	59	ARCO TABLERO_INF	2
ISOSTÁTICO	4	TRAMOS CONTINUOS	65	ISOSTÁTICO	1
OTROS	4	CONTINUO	54	BAILEY	41
COLGANTE	1	ISOSTÁTICO	6	ARCO TABLERO_INF	1
COLGANTE	1	OTROS	5	CONTINUO	2
LOSA	297	TRAMOS ISOSTÁTICOS	422	ISOSTÁTICO	15
BÓVEDA	2	BÓVEDA	1	NULL	1
CONTINUO	101	CONTINUO	16	OTROS	22
ISOSTÁTICO	92	ISOSTÁTICO	388	BOVEDA	499
NULL	4	NULL	12	BÓVEDA	471
OTROS	97	OTROS	4	CONTINUO	2
VOLADIZO	1	VIGA GERBER	1	ISOSTÁTICO	11
NULL	10	VOLADIZOS SUCESIVOS	9	NULL	13
BÓVEDA	1	CONTINUO	4	OTROS	1
NULL	8	ISOSTÁTICO	1	VOLADIZO	1
OTROS	1	VOLADIZO	4		
Total	526	Total	591	Total	553
TOTAL DE PUENTES			1670		
Fuente: Base de datos de Inventario de condición de puentes de El Salvador (2017, MOP)					

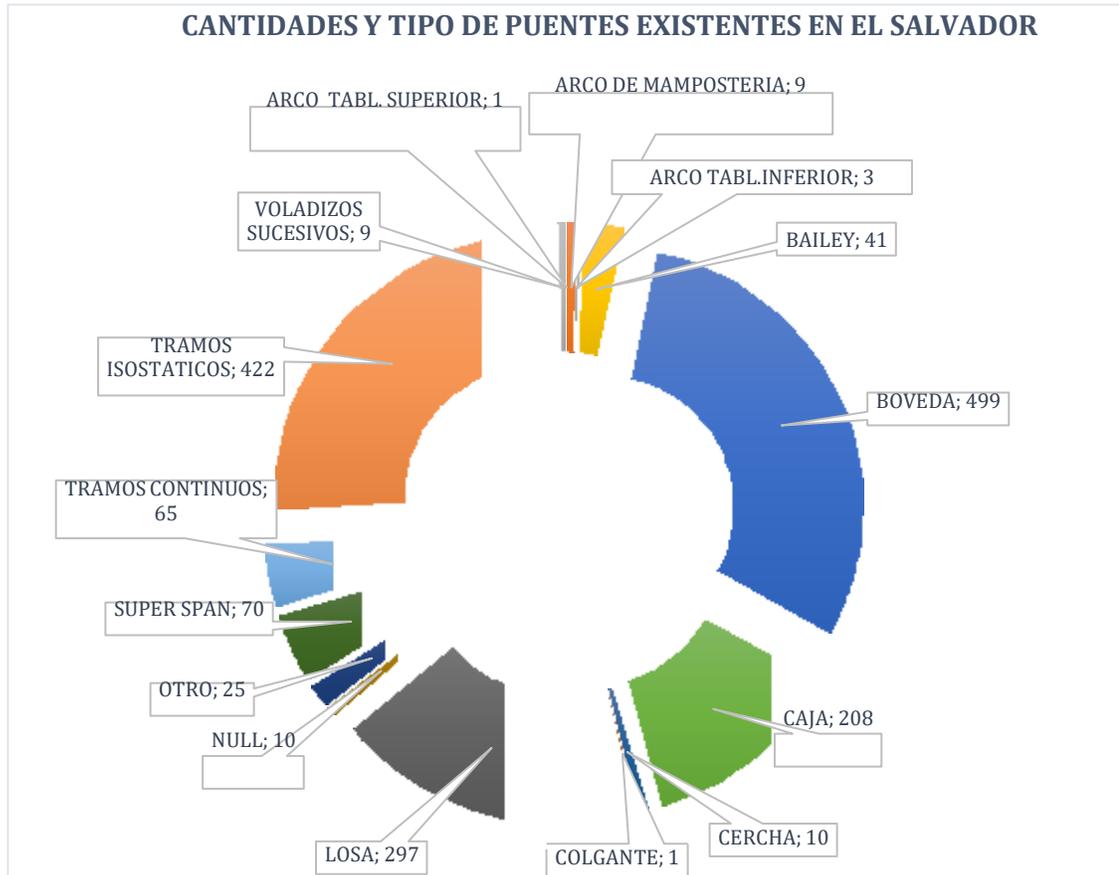


Gráfico A-2.1: Cantidad y tipo de puentes existentes en la base de datos del Sistema de Administración de Puentes del MOP.

El gráfico A-2.1, refleja la cantidad de puentes existentes en el país por tipo según la clasificación actual del Sistema de Administración de Puentes del MOP (las cantidades reflejadas son las mostradas en tabla A-2.4). Con los resultados reflejados en el gráfico, los puentes tipo Bóveda, Tramos Isostáticos, Losa, Caja y Súper Span son los tipos de puentes con mayor frecuencia de construcción con 499, 422, 297, 208 y 70 unidades para cada uno respectivamente.

Se hace énfasis en que no existe un tipo de puentes denominado como “OTRO”, esta sección hace indicar que el puente en materia es una mezcla 2 o más tipologías de puentes, o es un tipo de puente que no se encuentra reflejado en la clasificación del formulario. También, se aclara que no existe un tipo de puente denominado como “NULL”, el dato que este refleja en esa sección es un error cometido durante el ingreso de datos en el sistema SAP-WEB o durante la descarga de datos del mismo, por lo tanto, los 10 puentes que se observan en el gráfico A-2.1 con la leyenda “NULL”, se refiere al número de puentes para los que se desconoce el tipo de puente.

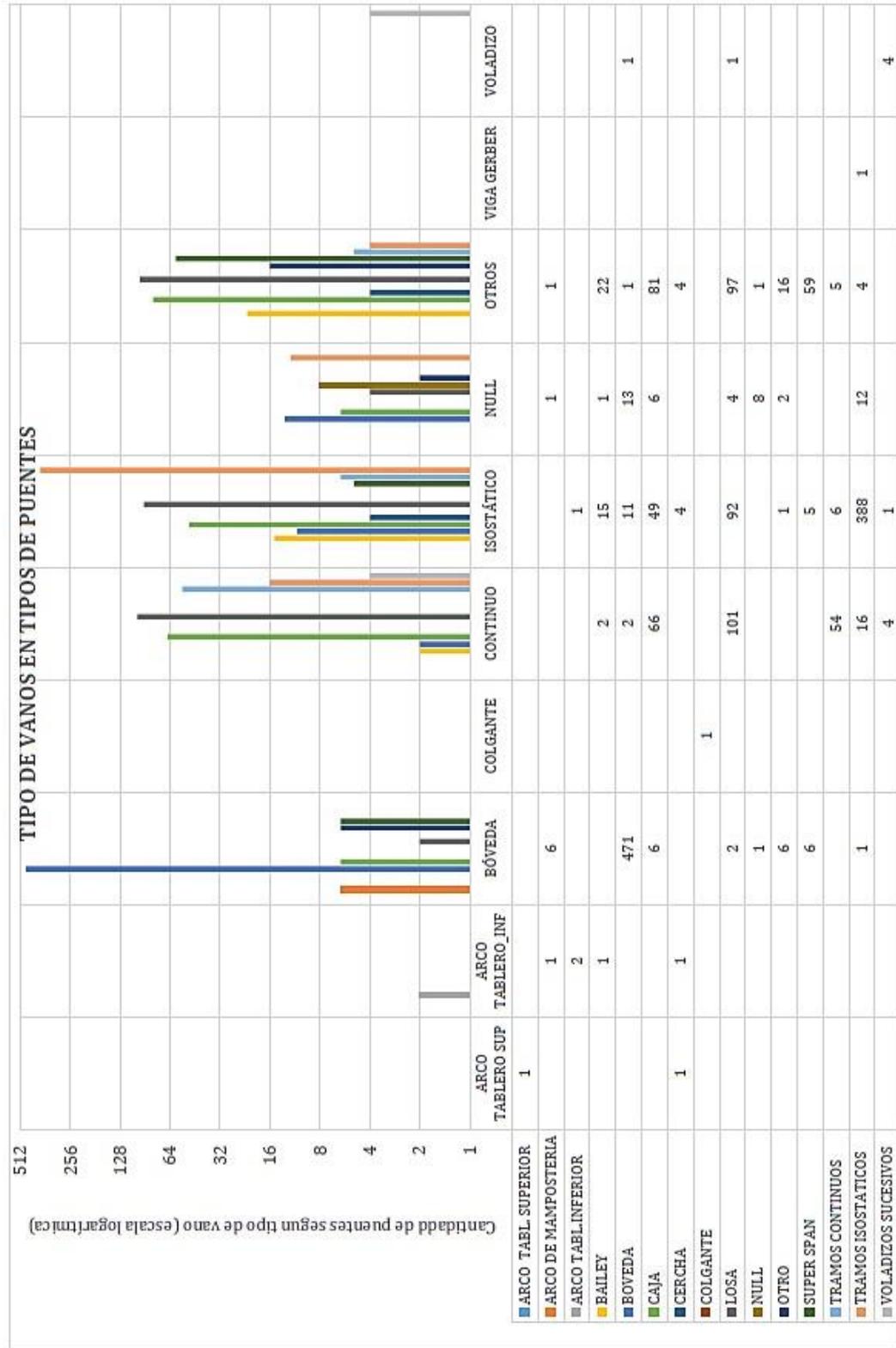


Gráfico A-2.2: Tipos de vanos existentes en los diferentes tipo se puentes en El Salvador.

En el gráfico A-2.2, se muestra la cantidad y tipos de vanos existentes por tipo de puente tal como se mostraron en la tabla A-2.4. El gráfico se encuentra con escala logarítmica en el eje vertical para apreciar mejor las cantidades existentes para cada tipo de vano por tipo de puente. Con estos resultados, se determina que los puentes en su mayoría tienen vanos tipo Bóveda con 471 unidades, seguido del tipo con vanos Isostático (vigas) con 388 unidades.

En la tabla A-2.5 se muestra que la sección transversal más utilizada en la construcción de puentes en el país es la tipo Losa, ya que este tipo de sección se posee 1,022 puentes según registros de la base de datos del MOP. Los puentes con este tipo, equivalen a un 61.2% del total; luego, las secciones transversales más utilizadas son: Sección cajón constante, losa con vigas de concreto reforzado, losa y vigas de acero alma llena y losa con vigas de concreto pretensado, 139, 137, 133 y 116 puentes para cada tipo de sección respectivamente, el ítem denominado como "NULL", son secciones de puentes no identificadas en inspecciones de campo y posibles datos de prueba ingresados al sistema de SAP-WEB.

Tabla A-2.5: Tipos de tramos identificados en los puentes inspeccionados

ITEM EN IBP	TIPO DE SECCIÓN TRANSVERSAL	CANTIDAD DE PUENTES POR TIPO DE SECCIÓN TRANSVERSAL	%
1	LOSA	1022	61.20
2	LOSA CON VIGAS DE CONCRETO PRETENSADO	116	6.95
3	LOSA CON VIGAS DE CONCRETO REFORZADO	137	8.20
4	LOSA CON VIGAS DE BORDE	24	1.44
5	LOSA Y VIGAS DE ACERO ALMA LLENA	133	7.96
6	LOSA Y VIGAS DE ACERO CERCHA	41	2.46
	NULL	47	2.81
7	SECCIÓN CAJÓN CONSTANTE	139	8.32
8	SECCIÓN CAJÓN VARIABLE	11	0.66
TOTAL, DE PUENTES		1670	100

Fuente: Base de datos de Inventario de condición de puentes de El Salvador (2017, MOP)

En la tabla A-2.6 se reflejan para cada tipo de puente, el tipo de sección transversal existente. Tomando los datos de mayor cantidad para un solo tipo de sección transversal, en este caso tipo Losa, se tiene que: de 499 puente tipo Bóveda, 390 tienen este tipo de sección; de 208 puentes tipo Caja, 174 tienen este tipo de sección transversal. También se muestra en los registros que existen 297 puentes identificados como puentes tipo losa, de los cuales solo 269 se denominan con la sección tipo losa, cuando debería existir la misma cantidad que el tipo de puentes. Se hace énfasis que la sección "NULL", refleja un error al tipo de sección transversal ingresada al sistema.

Tabla A-2.6: Tipo de sección transversal en puentes, por tipología según clasificación del SAP, del MOP.

TIPO DE PUENTE/SECCION	CANTIDAD	TIPO DE PUENTE/SECCION	CANTIDAD
ARCO TABL. SUPERIOR	1	NULL	10
LOSA CON VIGAS DE CONCRETO	1	LOSA	1
ARCO DE MAMPOSTERIA	9	NULL	8
LOSA	7	SECCION CAJON CONSTANTE	1
NULL	1	OTRO	25
SECCION CAJON CONSTANTE	1	LOSA	10
ARCO TABL.INFERIOR	3	NULL	2
LOSA	1	SECCION CAJON CONSTANTE	13
LOSA CON VIGAS DE CON PRET	1	SUPER SPAN	70
LOSA CONVIGAS DE BORDE	1	LOSA	68
BAILEY	41	LOSA CONVIGAS DE BORDE	1
LOSA	6	SECCION CAJON VARIABLE	1
LOSA Y VIGAS DE ACERO A LL	4	TRAMOS CONTINUOS	65
LOSA Y VIGAS DE ACERO CERCHA	29	LOSA	24
NULL	1	LOSA CON VIGAS DE CON PRET	5
SECCION CAJON CONSTANTE	1	LOSA CON VIGAS DE CONCRETO	23
BOVEDA	499	LOSA CONVIGAS DE BORDE	1
LOSA	390	LOSA Y VIGAS DE ACERO A LL	11
LOSA CON VIGAS DE CON PRET	1	SECCION CAJON CONSTANTE	1
LOSA CON VIGAS DE CONCRETO	2	TRAMOS ISOSTATICOS	422
LOSA CONVIGAS DE BORDE	2	LOSA	70
NULL	13	LOSA CON VIGAS DE CON PRET	108
SECCION CAJON CONSTANTE	83	LOSA CON VIGAS DE CONCRETO	100
SECCION CAJON VARIABLE	8	LOSA CONVIGAS DE BORDE	9
CAJA	208	LOSA Y VIGAS DE ACERO A LL	109
LOSA	174	LOSA Y VIGAS DE ACERO CERCHA	3
LOSA CONVIGAS DE BORDE	3	NULL	12
NULL	6	SECCION CAJON CONSTANTE	11
SECCION CAJON CONSTANTE	24	VOLADIZOS SUCESIVOS	9
SECCION CAJON VARIABLE	1	LOSA	1
COLGANTE	1	LOSA CON VIGAS DE CON PRET	1
LOSA Y VIGAS DE ACERO A LL	1	LOSA CON VIGAS DE CONCRETO	2
LOSA	297	SECCION CAJON CONSTANTE	4
LOSA	269	SECCION CAJON VARIABLE	1
LOSA CON VIGAS DE CONCRETO	9	CERCHA	10
LOSA CON VIGAS DE BORDE	7	LOSA	1
LOSA Y VIGAS DE ACERO A LL	8	LOSA Y VIGAS DE ACERO CERCHA	9
NULL	4		
TOTAL	1059	TOTAL	611
TOTAL		1670	

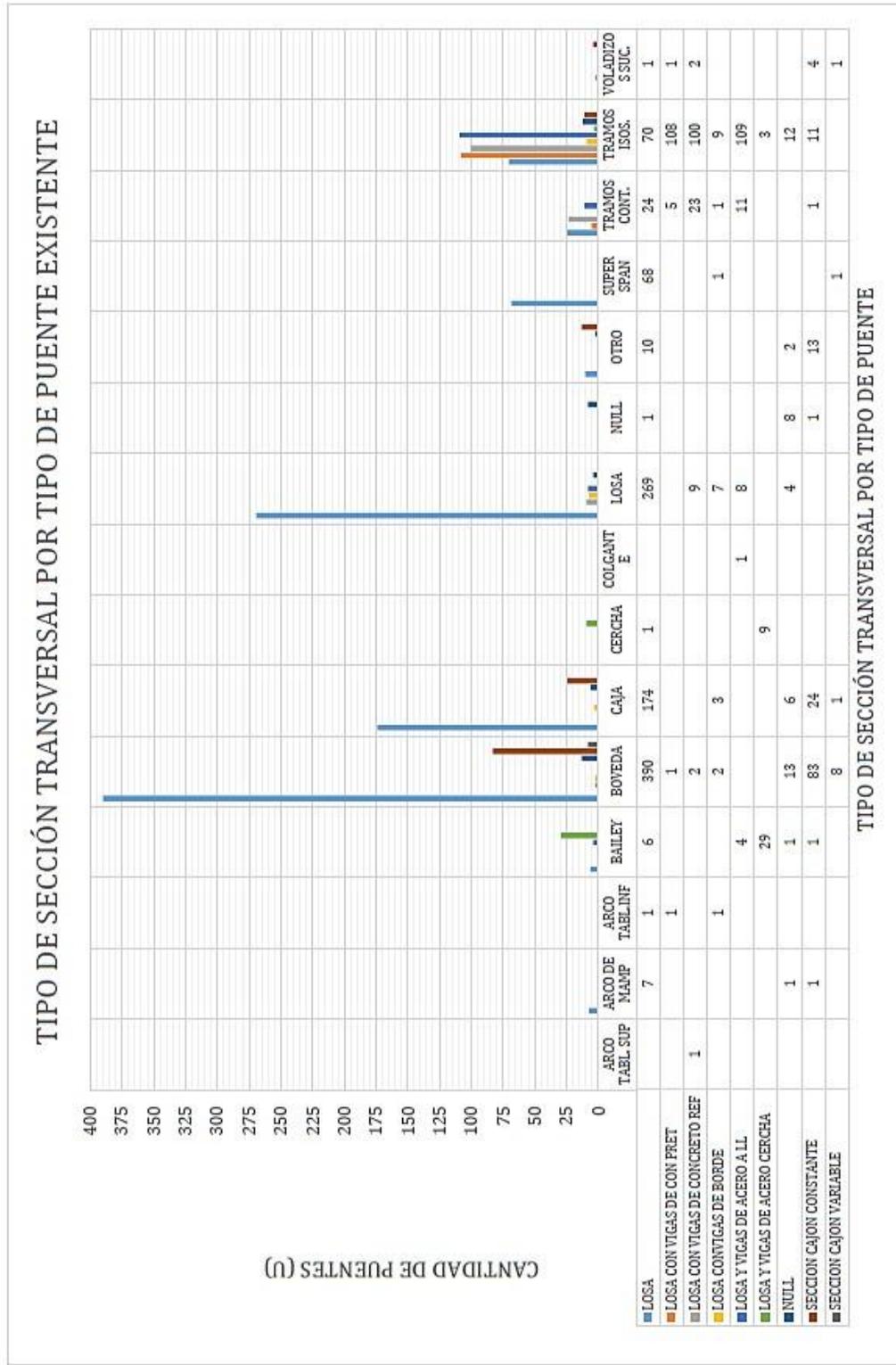


Gráfico A-2.3: Tipo de sección transversal por tipo de puente existente en El Salvador.

En la tabla A-2.7 se resumen las cantidades de puentes existentes con las diferentes capas de rodadura, para el cual el tipo predominante es la capa asfáltica con 1,101(65.93%) puentes con este tipo de capa de rodadura, dato que refleja que es este el material utilizado para la mayoría de carreteras del país (este dato es independiente del tipo de asfalto utilizado), de forma esquemática los resultados de la tabla A-2.7, se reflejan en el gráfico A-2.4.

Tabla 2.7: Tipo de capa de rodadura existente en puentes.

Tipo de capa de rodadura	Cantidad	%
ACERO	33	1.98
ASFALTICA	1101	65.93
CONCRETO REFORZADO	267	15.99
CONCRETO SIMPLE	93	5.57
GRAVA O TIERRA	157	9.40
NULL	10	0.60
OTROS	9	0.54
Total general	1670	100
Fuente: Base de datos de Inventario de condición de puentes de El Salvador (2017, MOP).		

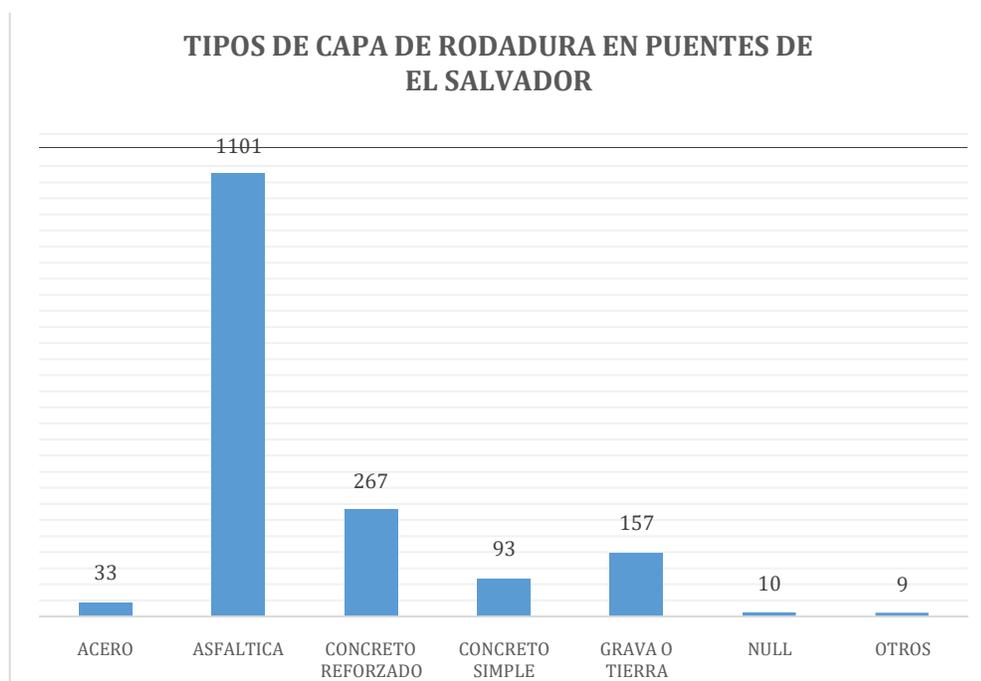


Gráfico A-2.4: Tipos de capa de rodadura en puentes.

Los datos que refleja la tabla A-2.8, muestra los rangos de longitud (m) en puentes, existentes en la base de datos. Con esta se determina que la mayor cantidad de puentes registrados tienen longitudes cortas, menores o iguales a los 6.1 m, con 654 unidades que hace un equivalente al 39.2% del total, mientras que los puentes con longitudes mayores a 100 m son 33 unidades, equivalentes al 2% del total inventariado.

Tabla A-2.8: Rango de longitudes de puentes según tipo.

LONGITUDES EN PUENTES			
DESCRIPCION (m)	RANGO DE LONGITUD	TOTALDE PUENTES	%
PUENTES MENORES O IGUALES A 6.1	$6.1 \leq$	654	39.16
PUENTES MAYORES A 6.1 Y MENORES O IGUALES A 10	$6.1 \geq 10$	339	20.29
PUENTES MAYORES A 10 Y MENORES O IGUALES A 20	$10 \geq 20$	327	19.58
PUENTES MAYORES A 20 Y MENORES O IGUALES A 50	$20 \geq 50$	264	15.8
PUENTES MAYORES A 50 y MENORES O IGUALES A 100	$50 \geq 100$	53	3.17
PUENTES MAYORES A 100	< 100	33	1.97
TOTAL DE PUENTES		1670	100

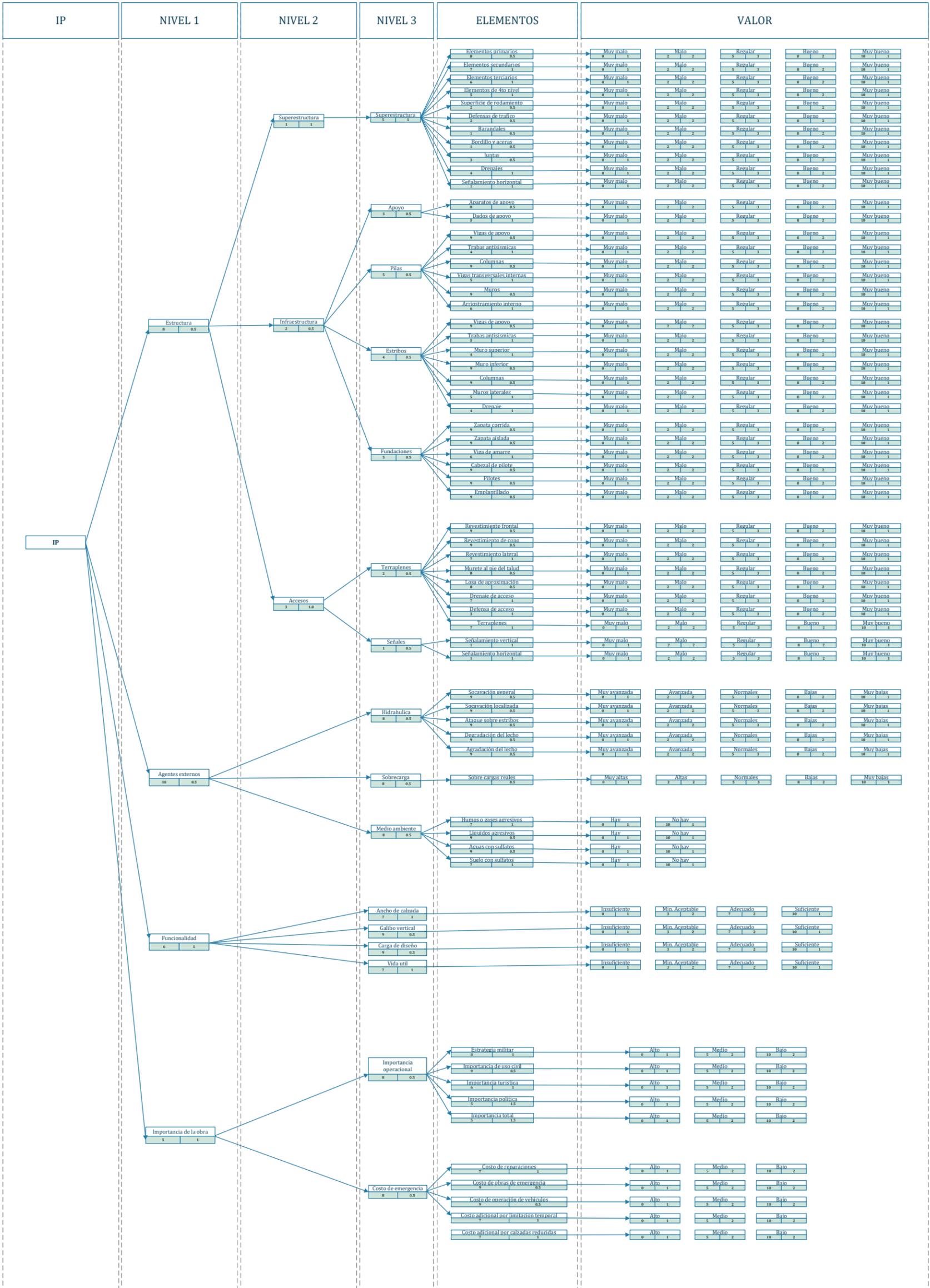
ANEXO A-3

ÁRBOL JERARQUICO DEL SAP

ÁRBOL JERÁRQUICO DEL SAP

DESCRIPCIÓN: ÁRBOL JERÁRQUICO DE PONDERACIONES DE IMPORTANCIA E INCERTIDUMBRES DEL SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE PUENTES (SAP), PARA LA DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE PRIORIDAD.

ELABORADO POR: CONSORCIO MALSA S.A. de C.V. - ITYAC



ANEXO A-4

**EJEMPLO DE CÁLCULO DE IP
SEGÚN LA APLICACIÓN DE
ESCRITORIO: SISTEMA-GP.**

ANEXO A-4

EJEMPLO DE CÁLCULO DE IP SEGÚN LA APLICACIÓN DE ESCRITORIO SAP.

Ejemplo para la obtención de las calificaciones de elemento ESTRIBOS que forma parte de la SUBESTRUCTURA tal como indica el Inventario de Estado de Condición de Puente IECP.

En primer lugar se determinan las calificaciones correspondientes a cada una de las variables del elemento “Estribo” a partir de las evaluaciones realizadas durante la inspección. Estos valores de calificación se muestran en la tabla A-4.1.

Tabla A-4.1: Calificaciones de los elementos de Estribo que aplican para la evaluación.

Variable a calificar por el resultado del promedio ESTRIBOS							
Variables del nivel precedente a promediar	Vigas de apoyo	Trabas sísmicas	Muro superior	Muro inferior	Columnas	Muros laterales	Drenaje
Evaluación	-	-	-	BUENO	-	REGULAR	BUENO
valor preferido	0.00	0.00	0.00	8.00	0.00	5.00	8.00
semirrango inferior (sustento)	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	3.00	2.00
semirrango superior (sustento)	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	3.00	2.00
valor mínimo	0.00	0.00	0.00	6.00	0.00	2.00	6.00
valor máximo	0.00	0.00	0.00	10.00	0.00	8.00	10.00

A continuación se toman en cuenta las importancias fuzzy asignadas en el SAP para cada una de las variables que aplican al elemento Estribo ya que poseen calificación; aquellas variables que no aplican porque no poseen calificación, se toman como importancia nula y poseen un valor de cero. Los valores de Importancia que aplican al elemento “Estribo” se muestran en la tabla A-4.2.

Tabla A-4.2. Importancias de los elementos de Estribo que aplican para la evaluación.

IMPORTANCIA							
VARIABLES DEL NIVEL PRECEDENTE A PROMEDIAR	VIGAS DE APOYO	TRABAS SISMICAS	MURO SUPERIOR	MURO INFERIOR	COLUMNAS	MUROS LATERALES	DRENAJE
valor preferido	0.00	0.00	0.00	9.00	0.00	5.00	8.00
Semirrango (Incertidumbre)	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	1.00	0.50
valor mínimo	0.00	0.00	0.00	8.50	0.00	4.00	7.50
valor máximo	0.00	0.00	0.00	9.50	0.00	6.00	8.50

El SAP utiliza los valores preferidos de cada una de las variables y los valores preferidos de las importancias asignadas a cada una de ellas de cada elemento que aplica para obtener el valor preferido del promedio. Este, se calcula con el promedio ponderado nítido (no difuso) como se muestra en la tabla A-4.3.

Tabla A-4.3: Cálculo de valor preferido del promedio ponderado para el elemento “Estribo”.

VALOR PREFERIDO DEL PROMEDIO PONDERADO		
CALCULOS		TOTAL
Σ (Valor preferido de valoración cualitativa x valor preferido de la Importancia de la variable)	$= (8 \times 9) + (5 \times 5) + (8 \times 8)$	161
Σ de valor preferido de importancia de la variable	$= 9 + 5 + 8$	22.00
Valor preferido del promedio ponderado	$= 161 / 22$	7.32

$$\text{Promedio ponderado 1} = \frac{\Sigma(VP_i \times I_i)}{\Sigma I_i}$$

Una vez obtenido el Valor Preferido del Promedio ponderado que nos dicta la calificación individual de 7.32 que posee el elemento estribo sobre una base de puntuación de 10, es importante determinar los valores mínimos y máximos del que el promedio puede tomar, por lo que se consideran todas aquellas combinaciones posibles para las importancias mínimas y máximas asignadas a las variables que se promediaron anteriormente.

Tabla A-4.4 Combinaciones de valores máximos y mínimos de la importancia de la variable

COMBINACIONES			SUMA DE COMBINACIONES	RESULTADO SUMA DE COMBINACIONES
8.50	4.00	7.50	=8.50+4.00+7.50	20.00
8.50	4.00	8.50	=8.50+4.00+8.50	21.00
8.50	6.00	7.50	=8.50+6.00+7.50	22.00
8.50	6.00	8.50	=8.50+6.00+8.50	23.00
9.50	4.00	7.50	=9.50+4.00+7.50	21.00
9.50	4.00	8.50	=9.50+4.00+8.50	22.00
9.50	6.00	7.50	=9.50+6.00+7.50	23.00
9.50	6.00	8.50	=9.50+6.00+8.50	24.00

Tabla A-4.5 Resultado de valor Mínimo del Mínimo

Producto entre valores mínimos y combinaciones	Cociente entre valores mínimos y combinaciones entre resultado suma de combinaciones	Resultado de valores mínimos
$=(6.00 \times 8.50) + (2.00 \times 4.00) + (6.00 \times 7.50)$	$=104.00/20.00$	5.20
$=(6.00 \times 8.50) + (2.00 \times 4.00) + (6.00 \times 8.50)$	$=110.00/21.00$	5.23
$=(6.00 \times 8.50) + (2.00 \times 6.00) + (6.00 \times 7.50)$	$=108.00/22.00$	4.91
$=(6.00 \times 8.50) + (2.00 \times 6.00) + (6.00 \times 8.50)$	$=114.00/23.00$	4.96
$=(6.00 \times 9.50) + (2.00 \times 4.00) + (6.00 \times 7.50)$	$=110.00/21.00$	5.24
$=(6.00 \times 9.50) + (2.00 \times 4.00) + (6.00 \times 8.50)$	$=116.0/22.00$	5.27
$=(6.00 \times 9.50) + (2.00 \times 6.00) + (6.00 \times 7.50)$	$=114.00/23.00$	4.96
$=(6.00 \times 9.50) + (2.00 \times 6.00) + (6.00 \times 8.50)$	$=120.00/24.00$	5.00
Resultado valor Mínimo- Mínimo		4.91

Tabla A-4.6 Resultado de valor Máximo del Máximo

Producto entre valores máximos y combinaciones	Cociente entre valores máximos y combinaciones entre resultado suma de combinaciones	Resultado de valores máximos
$=(10.00 \times 8.50) + (8.00 \times 4.00) + (10.00 \times 7.50)$	$=192.00/20.00$	9.60
$=(10.00 \times 8.50) + (8.00 \times 4.00) + (10.00 \times 8.50)$	$=202.00/21.00$	9.62
$=(10.00 \times 8.50) + (8.00 \times 6.00) + (10.00 \times 7.50)$	$=208.00/22.00$	9.45
$=(10.00 \times 8.50) + (8.00 \times 6.00) + (10.00 \times 8.50)$	$=218.00/23.00$	9.48
$=(10.00 \times 9.50) + (8.00 \times 4.00) + (10.00 \times 7.50)$	$=202.00/21.00$	9.62
$=(10.00 \times 9.50) + (8.00 \times 4.00) + (10.00 \times 8.50)$	$=212.00/22.00$	9.64
$=(10.00 \times 9.50) + (8.00 \times 6.00) + (10.00 \times 7.50)$	$=218.00/23.00$	9.48
$=(10.00 \times 9.50) + (8.00 \times 6.00) + (10.00 \times 8.50)$	$=228.00/24.00$	9.50
Resultado valor Máximo - Máximo		9.64

Como resultado de la operación del promedio ponderado difuso, se obtiene el número triangular difuso asimétrico que se muestra en la tabla A- 4.7, que califica a la variable analizada a partir de las calificaciones de las variables del nivel precedente para la categoría de superestructura:

Tabla A-4.7 Resultado de número triangula difuso asimétrico para súper estructura.

Valor preferido del promedio ponderado	7.32
semirango inferior SI ($SI = VP - Vmin$)	2.41
semirango superior SS ($SS = Vmax - VP$)	2.32
MIN-MIN	4.91
MAX-MAX	9.64

El proceso de cálculo descrito anteriormente para la variable Estribos, se realizó en base a la deducción del cálculo de la lógica difusa a partir de un ejemplo práctico que el consorcio MALSA-ITYAC le proporciono al MOP durante la consultoría 2008-2010, para la comprensión del mismo; el objetivo de realizar el cálculo para la variable Estribos es el de mostrar de donde surgen cada uno de los valores de las variables involucradas en el ejemplo de MALSA-ITYAC, las cuales no se encontraban descritas en su totalidad.

El procedimiento de cálculo para la variable Estribos que se mostrara a continuación pertenece al ejemplo textual proporcionado por MALSA-IYAC al MOP mencionado anteriormente, y se desarrolla matemáticamente de la misma manera que el cálculo de Estribos, para cada uno de los niveles de evaluación que posee el formulario de Inventario de Estado de Condición de Puente (IECP), por lo que a partir del promedio ponderado difuso que se mencionan en el capítulo II, III y IV, se pueden obtener las calificaciones particulares para PFE, VAE, OF y IOE; las cuales son las variables involucradas para el cálculo de Índice de prioridad. Por lo que para dicho cálculo, se calificaran por resultado de este promedio las siguientes variables:

1. Infraestructura
2. Propensión a la falla estructural
3. Vulnerabilidad a los agentes externos
4. Insolencia funcional
5. Importancia económica y operacional
6. Índice de Prioridad

- **Variable: Infraestructura**

Variable a calificar por el resultado promedio:

INFRA	INFRAESTRUCTURA
-------	-----------------

Variabes del nivel precedente a promediar:

- VAR.1: **APOYO**
- VAR.2: **PILA**
- VAR.3: **ESTRIBO**
- VAR.4: **FUNDACIÓN**

A) DATOS

Las calificaciones fuzzy correspondientes a cada una de las variables del nivel precedente para esta obra son:

Tabla A-4. 8 Tabla de valor preferido semirrango inferior, semirrango superior, valor mínimo y valor máximo.

VALORES DE LAS VARIABLES			
VAR.1	VAR.2	VAR.3	VAR.4
0.00/0.00/0.00	0.00/0.00/0.00	7.32/2.32/2.41	0.00/0.00/0.00
0.00	0.00	7.32	0.00
0.00	0.00	2.32	0.00
0.00	0.00	2.41	0.00
0.00	0.00	5.00	0.00
0.00	0.00	9.73	0.00

Las importancias fuzzy asignadas en el programa a cada una de las variables del nivel precedente en relación con el valor de la variable a calificar son:

Tabla A-4. 9 Tabla de valor preferido semirrango inferior, semirrango superior, valor mínimo y valor máximo.

IMPORTANCIAS			
VAR.1	VAR.2	VAR.3	VAR.4
0.00/0.00/0.00	0.00/0.00/0.00	9.00/0.50/0.50	0.00/0.00/0.00
0.00	0.00	9.00	0.00
0.00	0.00	0.50	0.00
0.00	0.00	8.50	0.00
0.00	0.00	9.50	0.00

Nota: Se toma importancia nula para las variables no aplicables: VAR.1 VAR.2 VAR.4.

B) CALCULOS

- **VALOR PREFERIDO DEL PROMEDIO**

Para obtener el valor preferido del promedio, se calcula el promedio ponderado nítido (no borroso) considerando los valores preferidos de cada una de las variables y los valores preferidos de las importancias asignadas a cada una de ellas:

Tabla A- 4.10 Calculo de valor preferido del promedio ponderado.

CALCULO	RESULTADOS
$\sum(\text{Valor} \times \text{Importancia}) =$	65.88
$\sum \text{de importancia} =$	9.00
Valor preferido del promedio ponderado =	7.32

- **VALORES EXTREMOS DEL PROMEDIO**

Para obtener los valores mínimos y máximos del promedio, se consideran todas las combinaciones posibles de las importancias mínimas y máximas asignadas a las variables que se promedian. Con cada una de esas combinaciones se calcula el promedio ponderado nítido (no borroso) de las calificaciones mínimas (penúltima columna) y de las calificaciones máximas (última columna).

Tabla A- 4. 11 Tabla de valores extremos promedios, valor mínimo mínimo y valor máximo máximo.

COMBINACIÓN DE IMPORTANCIAS				PROM MINIMOS	PROM MAXIMO
0.00	0.00	8.50	0.00	5.00	9.73
0.00	0.00	8.50	0.00	5.00	9.73
0.00	0.00	9.50	0.00	5.00	9.73
0.00	0.00	9.50	0.00	5.00	9.73
0.00	0.00	8.50	0.00	5.00	9.73
0.00	0.00	8.50	0.00	5.00	9.73
0.00	0.00	9.50	0.00	5.00	9.73
0.00	0.00	9.50	0.00	5.00	9.73
0.00	0.00	8.50	0.00	5.00	9.73
0.00	0.00	8.50	0.00	5.00	9.73
0.00	0.00	9.50	0.00	5.00	9.73
0.00	0.00	9.50	0.00	5.00	9.73
0.00	0.00	8.50	0.00	5.00	9.73
0.00	0.00	8.50	0.00	5.00	9.73
0.00	0.00	9.50	0.00	5.00	9.73
0.00	0.00	9.50	0.00	5.00	9.73
0.00	0.00	9.50	0.00	5.00	9.73
				MIN MIN	MAX MAX
				5.00	9.73

C) RESULTADO

Como resultado de la operación fuzzy promedio ponderado se obtiene el siguiente número fuzzy triangular asimétrico, que califica a la variable analizada a partir de las calificaciones de las variables del nivel precedente:

Tabla A- 4. 12 Resultado del triángulo difuso asimétrico para elementos funcionales

7.32/2.32/2.41	
7.32	Valor preferido
2.32	Semirrango inferior
2.41	Semirrango superior
5.00	Valor mínimo
9.73	Valor máximo

- **Variable: Propensión a la falla estructural**

Variable a calificar por el resultado promedio:

PFE	PROPENSIÓN A LA FALLA ESTRUCTURAL
-----	-----------------------------------

Variables del nivel precedente a promediar:

VAR.1: **GSU**
 VAR.2: **INFRA**
 VAR.3: **GAC**

A) DATOS

Las calificaciones fuzzy correspondientes a cada una de las variables del nivel precedente para esta obra son:

Tabla A-4. 13 Tabla de valor preferido semirrango inferior, semirrango superior, valor mínimo y valor máximo.

VALORES DE LAS VARIABLES		
VAR.1	VAR.2	VAR.3
5.13/2.79/2.78	7.32/2.32/2.41	4.96/2.71/2.60
5.13	7.32	4.96
2.79	2.32	2.71
2.78	2.41	2.60
2.34	5.00	2.25
7.91	9.73	7.56

Las importancias fuzzy asignadas en el programa a cada una de las variables del nivel precedente en relación con el valor de la variable a calificar son:

Tabla A-4. 14 Tabla de valor preferido semirango inferior, semirango superior, valor mínimo y valor máximo.

IMPORTANCIAS		
VAR.1	VAR.2	VAR.3
7.00/1.00/1.00	9.00/0.50/0.50	3.00/1.00/1.00
7.00	9.00	3.00
1.00	0.50	1.00
6.00	8.50	2.00
8.00	9.50	4.00

B) CALCULOS

- **VALOR PREFERIDO DEL PROMEDIO**

Para obtener el valor preferido del promedio, se calcula el promedio ponderado nítido (no borroso) considerando los valores preferidos de cada una de las variables y los valores preferidos de las importancias asignadas a cada una de ellas:

Tabla A-4.15 Calculo de valor preferido del promedio ponderado.

CALCULO	RESULTADO
$\sum(\text{Valor} \times \text{Importancia}) =$	116.67
$\sum \text{de importancia} =$	19.00
Valor preferido del promedio ponderado =	6.14

- **VALORES EXTREMOS DEL PROMEDIO**

Para obtener los valores mínimos y máximos del promedio, se consideran todas las combinaciones posibles de las importancias mínimas y máximas asignadas a las variables que se promedian. Con cada una de esas combinaciones se calcula el promedio ponderado nítido (no borroso) de las calificaciones mínimas (penúltima columna) y de las calificaciones máximas (última columna).

Tabla A- 4.16 Tabla de valores extremos promedios, valor mínimo mínimo y valor máximo máximo.

COMBINACIÓN DE IMPORTANCIAS			PROM MINIMOS	PROM MAXIMO
6.00	8.50	2.00	3.70	8.81
6.00	8.50	4.00	3.54	8.67
6.00	9.50	2.00	3.77	8.86
6.00	9.50	4.00	3.62	8.72
8.00	8.50	2.00	3.55	8.71
8.00	8.50	4.00	3.43	8.60
8.00	9.50	2.00	3.63	8.76
8.00	9.50	4.00	3.50	8.65
			MIN MIN	MAX MAX
			3.43	8.86

C) RESULTADO

Como resultado de la operación fuzzy promedio ponderado se obtiene el siguiente número fuzzy triangular asimétrico, que califica a la variable analizada a partir de las calificaciones de las variables del nivel precedente:

Tabla A-4. 17 Resultado del triángulo difuso asimétrico para elementos funcionales

6.14/2.72/2.72	
6.14	Valor preferido
2.72	Semirrango inferior
2.72	Semirrango superior
3.43	Valor mínimo
8.86	Valor máximo

- **Variable: Vulnerabilidad a los agentes externos**

Variable a calificar por el resultado promedio:

VAE	VULNERABILIDAD A LOS AGENTES EXTERNOS
-----	---------------------------------------

VARIABLES del nivel precedente a promediar:

VAR.1: **GHI**
 VAR.2: **GCR**
 VAR.3: **GAM**

A) DATOS

Las calificaciones fuzzy correspondientes a cada una de las variables del nivel precedente para esta obra son:

Tabla A-4. 18 Tabla de valor preferido semirrango inferior, semirrango superior, valor mínimo y valor máximo.

VALORES DE LAS VARIABLES		
VAR.1	VAR.2	VAR.3
5.50/2.78/2.84	10.00/0.00/0.00	10.00/1.00/1.00
5.50	10.00	10.00
2.78	0.00	1.00
2.84	0.00	1.00
2.72	10.00	9.00
8.34	10.00	11.00

Las importancias fuzzy asignadas en el programa a cada una de las variables del nivel precedente en relación con el valor de la variable a calificar son:

Tabla A-4. 19 Tabla de valor preferido semirrango inferior, semirrango superior, valor mínimo y valor máximo.

IMPORTANCIAS		
VAR.1	VAR.2	VAR.3
10.00/0.50/0.50	0.00/0.00/0.00	3.00/1.00/1.00
10.00	0.00	3.00
0.50	0.00	1.00
9.50	0.00	2.00
10.50	0.00	4.00

NOTA: Se toma importancia nula para las variables no aplicables: VAR.2

B) CALCULOS

- **VALOR PREFERIDO DEL PROMEDIO**

Para obtener el valor preferido del promedio, se calcula el promedio ponderado nítido (no borroso) considerando los valores preferidos de cada una de las variables y los valores preferidos de las importancias asignadas a cada una de ellas:

Tabla A- 4.20 Calculo de valor preferido del promedio ponderado.

CALCULO	RESULTADO
$\sum(\text{Valor} \times \text{Importancia}) =$	85.00
$\sum \text{de importancia} =$	13.00
Valor preferido del promedio ponderado =	6.54

• **VALORES EXTREMOS DEL PROMEDIO**

Para obtener los valores mínimos y máximos del promedio, se consideran todas las combinaciones posibles de las importancias mínimas y máximas asignadas a las variables que se promedian. Con cada una de esas combinaciones se calcula el promedio ponderado nítido (no borroso) de las calificaciones mínimas (penúltima columna) y de las calificaciones máximas (última columna).

Tabla A- 4. 21 Tabla de valores extremos promedios, valor mínimo mínimo y valor máximo máximo.

COMBINACIÓN DE IMPORTANCIAS			PROM MINIMOS	PROM MAXIMO
9.50	0.00	2.00	3.81	8.80
9.50	0.00	4.00	4.58	9.13
9.50	0.00	2.00	3.81	8.80
9.50	0.00	4.00	4.58	9.13
10.50	0.00	2.00	3.72	8.77
10.50	0.00	4.00	4.45	9.07
10.50	0.00	2.00	3.72	8.77
10.50	0.00	4.00	4.45	9.07
			MIN MIN	MAX MAX
			3.72	9.13

C) RESULTADO

Como resultado de la operación fuzzy promedio ponderado se obtiene el siguiente número fuzzy triangular asimétrico, que califica a la variable analizada a partir de las calificaciones de las variables del nivel precedente:

Tabla A- 4. 22 Resultado del triángulo difuso asimétrico para elementos funcionales

6.54/2.81/2.59	
6.54	Valor preferido
2.81	Semirrango inferior
2.59	Semirrango superior
3.72	Valor mínimo
9.13	Valor máximo

- **Variable: Obsolescencia funcional**

Variable a calificar por el resultado promedio:

OBF	OBSOLESCENCIA FUNCIONAL
-----	-------------------------

Variables del nivel precedente a promediar:

VAR.1: **GACF**
 VAR.2: **GGV**
 VAR.3: **GCD**
 VAR.4: **GVU**

A) DATOS

Las calificaciones fuzzy correspondientes a cada una de las variables del nivel precedente para esta obra son:

Tabla A-4. 23 Tabla de valor preferido semirrango inferior, semirrango superior, valor mínimo y valor máximo.

VALORES DE LAS VARIABLES			
VAR.1	VAR.2	VAR.3	VAR.4
7.00/2.00/2.00	0.00/0.00/0.00	0.00/0.00/0.00	7.00/2.00/2.00
7.00	0.00	0.00	7.00
2.00	0.00	0.00	2.00
2.00	0.00	0.00	2.00
5.00	0.00	0.00	5.00
9.00	0.00	0.00	9.00

Las importancias fuzzy asignadas en el programa a cada una de las variables del nivel precedente en relación con el valor de la variable a calificar son:

Tabla A-4. 24 Tabla de valor preferido semirrango inferior, semirrango superior, valor mínimo y valor máximo.

IMPORTANCIAS			
VAR.1	VAR.2	VAR.3	VAR.4
8.00/0.50/0.50	0.00/0.00/0.00	0.00/0.00/0.00	6.00/1.50/1.50
8.00	0.00	0.00	6.00
0.50	0.00	0.00	1.50
7.50	0.00	0.00	4.50
8.50	0.00	0.00	7.50

NOTA: Se toma importancia nula para las variables no aplicables: VAR.2 VAR.3

B) CALCULOS

- **VALOR PREFERIDO DEL PROMEDIO**

Para obtener el valor preferido del promedio, se calcula el promedio ponderado nítido (no borroso) considerando los valores preferidos de cada una de las variables y los valores preferidos de las importancias asignadas a cada una de ellas:

Tabla A- 4.25 Calculo de valor preferido del promedio ponderado.

CALCULO	RESULTADO
$\sum(\text{Valor} \times \text{Importancia}) =$	98.00
$\sum \text{de importancia} =$	14.00
Valor preferido del promedio ponderado =	7.00

- **VALORES EXTREMOS DEL PROMEDIO**

Para obtener los valores mínimos y máximos del promedio, se consideran todas las combinaciones posibles de las importancias mínimas y máximas asignadas a las variables que se promedian. Con cada una de esas combinaciones se calcula el promedio ponderado nítido (no borroso) de las calificaciones mínimas (penúltima columna) y de las calificaciones máximas (última columna).

Tabla A- 4. 26 Tabla de valores extremos promedios, valor mínimo mínimo y valor máximo máximo.

COMBINACIÓN DE IMPORTANCIAS				PROM MINIMOS	PROM MAXIMO
7.50	0.00	0.00	4.50	5.00	9.00
7.50	0.00	0.00	7.50	5.00	9.00
7.50	0.00	0.00	4.50	5.00	9.00
7.50	0.00	0.00	7.50	5.00	9.00
7.50	0.00	0.00	4.50	5.00	9.00
7.50	0.00	0.00	7.50	5.00	9.00
7.50	0.00	0.00	4.50	5.00	9.00
7.50	0.00	0.00	7.50	5.00	9.00
8.50	0.00	0.00	4.50	5.00	9.00
8.50	0.00	0.00	7.50	5.00	9.00
8.50	0.00	0.00	4.50	5.00	9.00
8.50	0.00	0.00	7.50	5.00	9.00
8.50	0.00	0.00	4.50	5.00	9.00
8.50	0.00	0.00	7.50	5.00	9.00
8.50	0.00	0.00	4.50	5.00	9.00
8.5	0.00	0.00	7.50	5.00	9.00
				MIN MIN	MAX MAX
				5.00	9.73

C) RESULTADO

Como resultado de la operación fuzzy promedio ponderado se obtiene el siguiente número fuzzy triangular asimétrico, que califica a la variable analizada a partir de las calificaciones de las variables del nivel precedente:

Tabla A-4. 27 Resultado del triángulo difuso asimétrico para elementos funcionales.

7.00/2.00/2.00	
7.00	Valor preferido
2.00	Semirrango inferior
2.00	Semirrango superior
5.00	Valor mínimo
9.00	Valor máximo

- **Variable: Importancia económica y operativa**

Variable a calificar por el resultado promedio:

IEO	IMPORTANCIA ECONOMICA Y OPERATIVA
-----	-----------------------------------

Variables del nivel precedente a promediar:

VAR.1: GIM

VAR.2: GCE

A) DATOS

Las calificaciones fuzzy correspondientes a cada una de las variables del nivel precedente para esta obra son:

Tabla A- 4. 28 Tabla de valor preferido semirrango inferior, semirrango superior, valor mínimo y valor máximo.

VALORES DE LAS VARIABLES	
VAR.1	VAR.2
0.00/1.00/1.00	0.00/0.00/0.00
0.00	0.00
1.00	0.00
1.00	0.00
-1.00	0.00
1.00	0.00

Las importancias fuzzy asignadas en el programa a cada una de las variables del nivel precedente en relación con el valor de la variable a calificar son:

Tabla A-4. 29 Tabla de valor preferido semirango inferior, semirango superior, valor mínimo y valor máximo.

IMPORTANCIAS	
VAR.1	VAR.2
8.00/0.50/0.50	0.00/0.00/0.00
8.00	0.00
0.50	0.00
7.50	0.00
8.50	0.00

NOTA: Se toma importancia nula para las variables no aplicables: VAR.2

B) CALCULOS

- **VALOR PREFERIDO DEL PROMEDIO**

Para obtener el valor preferido del promedio, se calcula el promedio ponderado nítido (no borroso) considerando los valores preferidos de cada una de las variables y los valores preferidos de las importancias asignadas a cada una de ellas:

Tabla A- 4.30 Calculo de valor preferido del promedio ponderado.

CALCULO	RESULTADO
$\Sigma(\text{Valor} \times \text{Importancia})=$	0.00
Σ de importancia =	8.00
Valor preferido del promedio ponderado=	0.00

- **VALORES EXTREMOS DEL PROMEDIO**

Para obtener los valores mínimos y máximos del promedio, se consideran todas las combinaciones posibles de las importancias mínimas y máximas asignadas a las variables que se promedian. Con cada una de esas combinaciones se calcula el promedio ponderado nítido (no borroso) de las calificaciones mínimas (penúltima columna) y de las calificaciones máximas (última columna).

Tabla A-4. 31 Tabla de valores extremos promedios, valor mínimo mínimo y valor máximo máximo.

COMBINACIÓN DE IMPORTANCIAS		PROM MINIMOS	PROM MAXIMO
7.50	0.00	--1.00	1.00
7.50	0.00	-1.00	1.00
8.50	0.00	-1.00	1.00
8.50	0.00	-1.00	1.00
		MIN MIN	MAX MAX
		3.72	9.13

C) RESULTADO

Como resultado de la operación fuzzy promedio ponderado se obtiene el siguiente número fuzzy triangular asimétrico, que califica a la variable analizada a partir de las calificaciones de las variables del nivel precedente:

Tabla A- 4. 31 Resultado del triángulo difuso asimétrico para elementos funcionales.

0.00/1.00/1.00	
0.00	Valor preferido
1.00	Semirrango inferior
1.00	Semirrango superior
-1.00	Valor mínimo
1.00	Valor máximo

- **Obtención del índice de prioridad (IP).**

Variable a calificar por el resultado promedio:

IP	INDICE DE PRIORIDAD
----	---------------------

Variabes del nivel precedente a promediar:

VAR.1:	PFE	PROPENSIÓN A LA FALLA ESTRUCTURAL
VAR.2:	VAE	VULNERABILIDAD A AGENTES EXTERNOS
VAR.3:	OBF	OBSOLESCENCIA FUNCIONAL
VAR.4:	IEO	IMPORTANCIA ECONOMICA Y OPERATIVA

A) DATOS

Las calificaciones fuzzy correspondientes a cada una de las variables del nivel precedente para esta obra son:

Tabla A- 4. 32 Tabla de valor preferido semirrango inferior, semirrango superior, valor mínimo y valor máximo.

VALORES DE LAS VARIABLES			
VAR.1	VAR.2	VAR.3	VAR.4
6.14/2.72/2.72	6.54/2.81/2.59	7.00/2.00/2.00	0.00/1.00/1.00
6.14	6.54	7.00	0.00
2.72	2.81	2.00	1.00
2.72	2.59	2.00	1.00
3.43	3.72	5.00	-1.00
8.86	9.13	9.00	1.00

Las importancias fuzzy asignadas en el programa a cada una de las variables del nivel precedente en relación con el valor de la variable a calificar son:

Tabla A- 4. 33 Tabla de valor preferido semirrango inferior, semirrango superior, valor mínimo y valor máximo.

IMPORTANCIAS			
VAR.1	VAR.2	VAR.3	VAR.4
8.00/0.50/0.50	10.00/0.50/0.50	6.00/1.00/1.00	5.00/1.00/1.00
8.00	10.00	6.00	5.00
0.50	0.50	1.00	1.00
7.50	9.50	5.00	4.00
8.50	10.50	7.00	6.00

B) CALCULOS

- **VALOR PREFERIDO DEL PROMEDIO**

Para obtener el valor preferido del promedio, se calcula el promedio ponderado nítido (no borroso) considerando los valores preferidos de cada una de las variables y los valores preferidos de las importancias asignadas a cada una de ellas:

Tabla A- 4.34 Calculo de valor preferido del promedio ponderado.

CALCULO	RESULTADO
$\sum(\text{Valor} \times \text{Importancia}) =$	156.51
$\sum \text{ de importancia} =$	29.00
Valor preferido del promedio ponderado =	5.40

• **VALORES EXTREMOS DEL PROMEDIO**

Para obtener los valores mínimos y máximos del promedio, se consideran todas las combinaciones posibles de las importancias mínimas y máximas asignadas a las variables que se promedian. Con cada una de esas combinaciones se calcula el promedio ponderado nítido (no borroso) de las calificaciones mínimas (penúltima columna) y de las calificaciones máximas (última columna).

Tabla A- 4. 35 Tabla de valores extremos promedios, valor mínimo mínimo y valor máximo máximo.

COMBINACIÓN DE IMPORTANCIAS				PROM MINIMOS	PROM MAXIMO
7.50	9.50	5.00	4.00	3.161	7.78
7.50	9.50	5.00	6.00	2.86	7.29
7.50	9.50	7.00	4.00	3.29	7.86
7.50	9.50	7.00	6.00	3.00	7.41
7.50	10.50	5.00	4.00	3.18	7.83
7.50	10.50	5.00	6.00	2.89	7.35
7.50	10.50	7.00	4.00	3.30	7.91
7.50	10.50	7.00	6.00	3.03	7.46
8.50	9.50	5.00	4.00	3.17	7.82
8.50	9.50	5.00	6.00	2.88	7.35
8.50	9.50	7.00	4.00	3.29	7.90
8.50	9.50	7.00	6.00	3.02	7.45
8.50	10.50	5.00	4.00	3.19	7.86
8.50	10.50	5.00	6.00	2.91	7.40
8.50	10.50	7.00	4.00	3.31	7.94
8.5	10.50	7.00	6.00	3.04	7.50
				MIN MIN	MAX MAX
				2.86	7.94

C) RESULTADO

Como resultado de la operación fuzzy promedio ponderado se obtiene el siguiente número fuzzy triangular asimétrico, que califica a la variable analizada a partir de las calificaciones de las variables del nivel precedente:

Tabla 4. 24 Resultado del triángulo difuso asimétrico para elementos funcionales.

5.40/2.54/2.54	
5.40	Valor preferido
2.54	Semirrango inferior
2.54	Semirrango superior
2.86	Valor mínimo
7.94	Valor máximo

ANEXO A-5

GUÍA DE INSPECCIÓN VISUAL DE

PUENTES



REPÚBLICA DE
EL SALVADOR.

MINISTERIO DE OBRAS
PÚBLICAS, TRANSPORTE,
VIVIENDA Y
DESARROLLO URBANO.

VICEMINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

UNIDAD DE PLANIFICACIÓN VIAL

GERENCIA DE INVENTARIOS VIALES

SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE PUENTES.
Guía de inspección visual en puentes.



En colaboración con:
Escuela de Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería y
Arquitectura de la Universidad de El Salvador.



Mayo 2019.



GUÍA DE INSPECCIÓN VISUAL EN PUENTES.

Contenido

I.	Sistema de Administración de Puentes (SAP).	6
	Tipos de Inspecciones.	6
	Instituciones que conforman el SAP.	7
II.	Conceptualizaciones.	9
	Puente.	9
	Clasificación de puentes por tipo estructural.	9
	Condición estática del puente.	13
	Elementos de un puente.	14
III.	Equipos y herramientas para la ejecución de inspecciones.	22
IV.	Guía de llenado para formulario de Inventario Básico de Puentes (IBP).	24
	FORMULARIO: INVENTARIO BÁSICO DE PUENTES 1 (IBP - 1).	29
	FORMULARIO: INVENTARIO BÁSICO DE PUENTES - 2 (IBP-2)	34
	FORMULARIO: INVENTARIO BÁSICO DE PUENTES - 3 (IBP - 3)	40
	FORMULARIO: INVENTARIO BÁSICO DE PUENTES - 4 (IBP - 4)	43
V.	Guía de llenado para formulario de Inventario de Estado de Condición de Puentes (IECP).	45
	FORMULARIO: INVENTARIO DE ESTADO DE CONDICIÓN DEL PUENTE	45
VI.	Catálogo de daños en estructura de puentes.	50
	Clasificación de daños típicos en estructuras de puentes por tipo de elemento evaluado y/o tipo de material.	52
	Descripción daños en las estructuras de puentes.	61



GUÍA DE INSPECCIÓN VISUAL EN PUENTES.

PRESENTACIÓN

El objetivo de la documentación presentada, es el de aportar un conocimiento sólido al inspector de puentes sobre las actividades, consideraciones y parámetros que debe tomar en cuenta durante la inspección visual.

Inicialmente, el contenido la “**Guía de Inspección visual de puentes en El Salvador**” presenta conceptos que abarcan tanto las tipologías de puentes como de cada uno de los elementos que los conforman con base a la clasificación que se utiliza en el país, además, se proporciona el detalle del procedimiento que se debe seguir para realizar el llenado de los formularios de Inventario Básico de Puentes (IBP) e Inventario de Estado de Condición de Puentes (IECP), así como también hace mención al equipo básico necesario para realizar las inspecciones de tipo visual, obteniendo así resultados confiables en la información requerida para estos.

Si bien este documento describe conceptualizaciones tanto de las tipologías de puentes como de los elementos que los conforman, no profundiza en temáticas tales como el funcionamiento o forma de trabajo de estos bajo la acción de cargas, por lo que únicamente pretende mostrar al inspector de puentes aquel concepto básico necesario que sirve para comprender la actividad misma de inspección visual; para poder realizar inspecciones especializadas o profundas en los puentes, es necesario otorgar al inspector de puentes una documentación detallada sobre las consideraciones estructurales que se requiere para realizar este tipo de inspección, la cual es parte de las limitantes de la guía presentada ya que como se ha mencionado anteriormente contiene únicamente conceptos básicos y útiles para realizar la inspección visual en los puentes.

Por lo que para realizar un buen diagnóstico inicial de la condición o estado que presenta un puente, resulta necesario auxiliarse de documentación complementaria que permita identificar cada uno de los deterioros existentes en los elementos evaluados; por lo que también es presentado el “**Catálogo de daños para inspección visual de puentes en El Salvador.**”

El alcance del catálogo de daños propuesto, incluye únicamente la conceptualización, descripción de daños y causas que los producen, que pueden ocurrir para la **Estructura** de los puentes. Esto, debido a que el contenido que abarca el SAP para la evaluación de las variables de **Agentes externos, Funcionalidad e Importancia**, que se encuentran en el actual catálogo de daños del MOP, requieren de estudios particulares y detallados para cada una, los cuales no fueron abarcados durante la investigación.

Para la formulación de este catálogo, se analizó cada tipo de daños existentes disponibles para la evaluación de la variable **Estructura** en el actual catálogo de daños propiedad del MOP en el que se puede encontrar un total de 75 daños disponibles para esta variable, por lo que se realizaron las siguientes actividades:



GUÍA DE INSPECCIÓN VISUAL EN PUENTES.

- Investigación bibliográfica para cada daño, con la cual fue necesario retirar algunos “daños” que se encuentran en el actual catálogo, por tener una descripción repetida o porque algunos de esos no otorgaban información suficiente sobre el estado mismo del elemento sometido a evaluación.
- Adición de daños, debido a que en el desarrollo de la investigación se consideró debían ser tomados en cuenta en el catálogo actual para una correcta evaluación del puente, los cuales no existían en él.
- Cambió de denominación o nombre del daño, por considerar que este podría generar confusión en el inspector de puentes con respecto a la identificación de imágenes descriptivas y conceptos del puente.
- Reestructuración de catálogo actual del MOP, con el objetivo de poder establecer un orden de identificación para los daños que afectan al elemento del puente evaluado.
- Mejora en la conceptualización o descripción de cada daño individualmente, con la finalidad de asignar calificaciones a los elementos de un puente y así poder obtener un mejor resultado de la condición general de la estructura.

Por lo que el resultado del catálogo propuesto es de 68 daños identificados clasificados y ordenados según tipo de elemento de puente y/o tipo de material que posean así como su respectiva conceptualización.

Para poder implementar de forma productiva la “**Guía de Inspección visual de puentes**”. Es necesario realizar estudios complementarios para los factores hidráulicos, vida útil del puente, sobrecargas, funcionalidad (con respecto a las dimensiones de los elementos del puente) y análisis de funcionamiento y utilidad de carreteras, que permitan obtener mejores resultados de evaluación en los puentes del país.

Además resulta de mucha importancia, capacitar a los ingenieros profesionales que realizan las inspecciones de puentes de una forma más didáctica, practica y profesional para que obtengan un conocimiento sólido sobre la correcta realización de las actividades de inspección y evaluación de los puentes, así como del uso de equipos y herramientas a utilizar, además de metodologías que optimicen el trabajo de campo. Todo esto con la premisa de obtener los mejores resultados posibles de la inspección visual y que sean un reflejo del estado en el que se encuentran los puentes en El Salvador.



GUÍA DE INSPECCIÓN VISUAL EN PUENTES.

ANTECEDENTES

La preocupación por determinar el estado de la condición de los puentes en la red vial de El Salvador inició en 1994, al haber finalizado el conflicto armado, debido al deterioro en que se encontraban las vías en ese momento.

El Ministerio de Obras Públicas (MOP) desarrolló el programa computacional denominado “Sistema de Inventario y Evaluación de Puentes (SIEP)”. Este sistema permitía crear y mantener un inventario de puentes, recopilar las características geométricas, ubicación, información sobre las condiciones reales de los puentes, y crear un sistema de priorización, con el propósito de elaborar planes de mantenimiento y rehabilitación, pero por falta de recursos, el programa no fue alimentado apropiadamente, quedando el inventario a nivel de formularios, no se procesaron los datos a nivel físico.

La necesidad e importancia de la conservación de los puentes en el país, llevó al MOP a realizar una segunda versión del SIEP denominada versión 1.0, es este se registraban los datos de las inspecciones de campo, para determinar las prioridades de los mismos, basados en los resultados de las inspecciones. En ésta oportunidad se inventariaron 119 puentes de dos carreteras del país (carretera CA01 y CA02), con el objeto de poner a prueba la funcionalidad del sistema.

El SIEP, priorizaba los puentes basándose en sus condiciones reales, obteniendo como resultado un Índice de Prioridad (IP), calculado a partir de datos de inspección visual, este sistema no incorporaba datos de análisis estructural para los puentes inventariados.

Con apoyo de la Universidad de El Salvador en el año 2000, el MOP contaba con el registro de datos de 98 estructuras de puentes sobre la carretera CA02, datos que se recolectaron durante la elaboración de trabajos de graduación.

Entre noviembre de 2001 y febrero de 2002, se impulsa el proyecto “Implementación de un Sistema de Gestión de la Red Vial”, el cual contempla el Sistema de Administración de Puentes (SAP), éste sería una versión mejorada del SIEP.

En agosto de 2005, el MOP en conjunto con la Unidad de Planificación Vial (UPV) realizó el “Manual de Inventario Físico de Puentes”, este se estableció para realizar inspecciones visuales en puentes.

En el año 2008, se realizó la contratación de una consultoría nacional, el Consorcio MALSA – ITYAC, el cual tenía como objetivo, actualizar el inventario del Sistema de Administración de Puentes (SAP) y formular una base de datos, que incluyera las condiciones tangibles e intangibles que afecten todas las obras inventariadas. Para ello, se debía de evaluar técnicamente cada obra afectada, tanto en sus condiciones físicas como químicas.

GUÍA DE INSPECCIÓN VISUAL EN PUENTES.

Con la implementación de la Actualización y Mejoramiento del Sistema de Administración de Puentes, se realizaron dos manuales, el primero denominado “Manual para la evaluación del estado de condición de puentes”, el cual fue realizado sobre la base del “Manual de Inventario Físico de Puentes” y el segundo fue el “Catálogo de daños”, donde se catalogaron y clasificaron todos los tipos de daños encontrados durante las inspecciones realizadas en la actualización del nuevo SAP; esta nueva versión del manual, se preparó para servir como instructivo y guía para la realización de un inventario revisado y actualizado de todos los puentes, con el objetivo de alimentar la Base de Datos de Puentes Nacionales con la que operaría la nueva versión del Sistema de Administración Puentes (SAP) en ese momento.

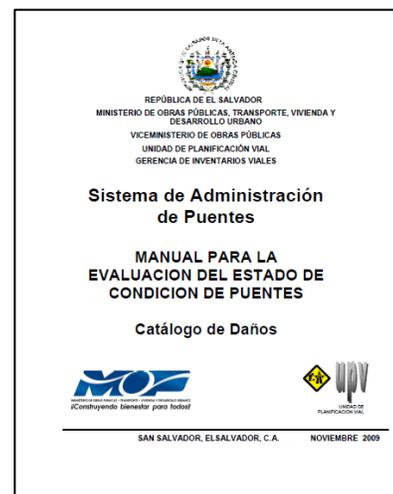
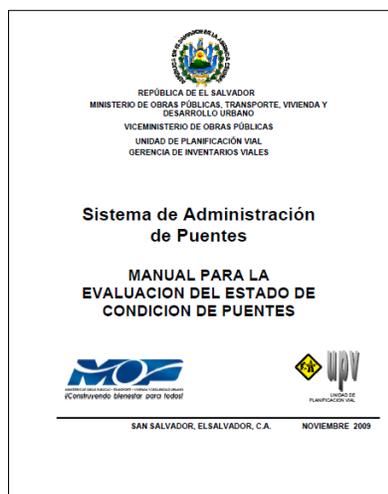


Imagen 1: Portadas del actual “Manual para la evaluación del estado de condición de puentes” y del “Catálogo de daños”.

En el año 2010, finaliza la consultoría y el Consorcio MALSA-ITYAC hace entrega del denominado “Sistema GP”, un sistema informático para la administración de puentes capaz de realizar evaluaciones de todos los puentes existentes en la base de datos y darles un índice de prioridad de mantenimiento, proporcionando a su vez un costo de reparación estimado para cada puente evaluado. Sin embargo, existía una dificultad con el ingreso de datos al sistema, este no era práctico y efectivo, y al no tener los suficientes recursos para ingresar los datos al sistema sumado al hecho de que el programa presentaba problemas de ejecución en el software y no contar con el código fuente de programación del mismo, provocó el total desuso del Sistema GP, quedando toda inspección en documentación física sin analizar.

Durante el periodo de 2013-2014 se coordinó la puesta en marcha del SAP - WEB”, el cual tenía como objetivo facilitar la recolección de datos de las inspecciones de puentes realizadas por personal contratado por el Fondo de Conservación Vial (FOVIAL), evitando así, la acumulación de documentación física difícil de procesar y la reducción en los tiempos de envío y recepción de la misma. La plataforma es habilitada para los usuarios en el año.



GUÍA DE INSPECCIÓN VISUAL EN PUENTES.

Actualmente el personal del Fondo de Conservación Vial (FOVIAL) autorizado para el uso del sistema “SAP-WEB”, ingresa los datos de las inspecciones de puentes al sistema, este funciona como un colector de datos, que facilita la creación de una base de datos integral de todos los puentes y obras de paso existentes e inspeccionadas sobre la red vial nacional, este sistema no es capaz de brindar un resultado de priorización de estados de condición de todos los puentes.

OBJETIVO

Proveer una guía al inspector en el cual se conozcan los conceptos básicos de tipologías de puentes y sus elementos en El Salvador, estandarizando así el conocimiento o conceptos que cada profesional posee o conoce de puentes.

ALCANCE

La presente guía únicamente muestra las tipologías de puentes, los elementos, los daños posibles que puedan existir sobre estos, entre otros, de una forma general, ya que está enfocada para realizar inspecciones de tipo visual donde la evaluación de un puente para establecer su estado de condición se realizará a partir de datos estimados que los inspectores asignarán con base a su conocimiento y experiencia en el tema.

Para realizar inspecciones más precisas o detalladas a un puente, es necesario el uso de manuales más explícitos, informes o estudios a detalle que muestren la información que se requiera.

Esta guía solo muestra el concepto general de puentes y del SAP en el país para conocer más detalles de ambos de requiere una investigación y estudio más profundo para su conocimiento.



I. Sistema de Administración de Puentes (SAP).

El Sistema de Administración de Puentes (SAP) surge a partir de la necesidad de realizar mantenimiento o reparaciones adecuadas a los elementos que conforman la estructura de un puente en el momento idóneo, cuando el daño aún no se considera como inminente al puente, se puede considerar que este tipo de sistemas son de ayuda para: *“Determinar e implementar estrategias de preservación y mejoramiento de la infraestructura, que integre las actividades de capital y mantenimiento a fin de maximizar el beneficio neto para la sociedad”*. En el país el SAP actual está constituido por las siguientes actividades:

- A. **Inspección visual en puentes:** en las que se obtiene toda la información básica necesaria de los puentes.
- B. **Inventario o base de datos:** en esta se reúnen los datos recolectados con los formularios de Inventario básico de puentes (IBP) y de Inventario de Estado y Condición de Puentes (IECP), estas luego convergen en una plataforma WEB donde se almacenan todos los datos.
- C. **Evaluación de condición de puentes:** esta actividad se realiza a partir de los datos obtenidos en las actividades de inspección visual e inventario, es una actividad de gabinete exclusivamente de personal del MOP.
- D. **Ejecución:** en esta fase o actividad se establecen las prioridades de mantenimiento o reparación en los puentes, así como la evaluación económica de las actividades y la implementación de acciones a realizar a partir del análisis de la información.

Tipos de Inspecciones.

Una inspección, es el conjunto de acciones realizadas por el Ingeniero Inspector de inventario para recolectar todos aquellos datos que puedan ayudar al administrador de puentes a identificar o determinar la condición de estos a partir de sus registros recolectados en campo en un momento específico.

Los tipos de inspecciones establecidas para un puente, son para identificar una estructura e iniciar el registro de este en un inventario, para determinar la condición del puente a través de los daños que se encuentran en la estructura, o para verificar la condición del mismo a través de estudios o inspecciones especializadas que ayuden a determinar el estado de condición de forma más específica. Los tipos de inspección establecidas se describen a continuación:

- ✚ **Inspecciones Iniciales:** Inicialmente se determina la ubicación de la estructura del puente, y utilizando el formulario de IBP (Inventario Básico de Puentes) se debe recopilar toda aquella información que describe cada puente y que no se ve alterada por el tiempo, como la geometría, materiales y características en general.



GUÍA DE INSPECCIÓN VISUAL EN PUENTES.

Duración: 45 días calendario a partir de la fecha declarada como inicio del proyecto.

✚ **Inspecciones Rutinarias:** este tipo de inspección se realiza en dos fases en esta se debe realizar una inspección detallada de las cimentaciones de cada puente, con el fin de detectar de manera anticipada posibles problemas estructurales a causa de la socavación. Las fases de este tipo de inspección son:

➤ **Fase I:** Se realiza una vez finalizada la etapa de obtención del Inventario Básico de Puentes (IBP), en la inspección Inicial. La finalidad es detectar todos los problemas, daños o defectos que puedan presentar los puentes.

Duración: 180 días calendario, finalizado el periodo de 45 días de la inspección Inicial.

➤ **Fase II:** Con esta fase se pretende verificar la información recolectada durante la fase I, identificando la evolución de los daños ya presentes.

Duración: 90 días calendario máximo, después de la finalización de la Inspección Rutinaria fase I.

✚ **Inspecciones de Daños:** Esta inspección deberá activarse cuando un puente u obra de paso haya sido sometida a eventos naturales o accidentales, como lo son sismos, inundaciones, colisiones, u otros eventos que puedan haber generado algún tipo de daño estructural o a sus elementos accesorios. Esta inspección es de carácter obligatorio.

✚ **Inspecciones Especiales:** Esta inspección será realizada conjuntamente con el personal del FOVIAL o del MOP, previo requerimiento del Administrador de Contrato.

Instituciones que conforman el SAP.

Todas las actividades que conforman el SAP en el país se desarrollan mediante la participación de 3 entidades nacionales, las cuales realizan diferentes actividades para el funcionamiento del sistema desarrollado, ya sean para la inspección visual, el mantenimiento o la restitución de puentes en la red vial nacional; estas actividades se muestran y describen en la tabla 1.

Tabla 1: Instituciones que intervienen directamente en el SAP de El Salvador

Institución	Información que administra al sistema
Ministerio de Obras Públicas, Transporte, Vivienda y Desarrollo Urbano (MOPTVDU).	A través de la Subdirección de Administración de Obras de Paso y de Inventarios Viales (SAOPIV) y, de la Dirección de Planificación de la Obra Pública (DPOP), se asigna el personal responsable de la administración de puentes, para que estos evalúen la información del inventario y estado de condición de las estructuras con base a los datos existentes, además, asigna los puentes y obras de paso a cada una de las empresas contratadas para supervisión, ya que estas serán las responsables de la inspección visual.



GUÍA DE INSPECCIÓN VISUAL EN PUENTES.

Fondo de Conservación Vial (FOVIAL).	Administra y contrata todas las empresas para la supervisión, el mantenimiento rutinario de las vías e inspecciones de puentes, así como también, la información resultante de las inspecciones realizadas a los puentes, y el mantenimiento rutinario que estos necesiten, a través del Administrador de Red Vial (Mantenimiento Rutinario).
Empresas contratadas para la supervisión y el mantenimiento rutinario	Realiza las inspecciones de puentes. Estas obtienen toda la información de inventario y estado de condición de los puentes a través de los Inspectores de Inventario al realizar las inspecciones visuales en los puentes que les han sido asignados por la SAOPIV.



II. Conceptualizaciones.

Estas definiciones proporcionan al lector, usuario y participante de las inspecciones o evaluación de condición de puente de forma directa o indirecta a tener un lenguaje común para comprender las tipologías y elementos de un puente existentes en el país, son necesarias para producir informes bajo un marco de referencia que permita el entendimiento de todos los entes involucrados en el desarrollo. A continuación, se incluyen las definiciones principales tanto de los elementos que constituyen un puente así como sus tipologías.

Puente.

Estructura construida para salvar obstáculos que impide o dificulta el tránsito vehicular y peatonal.

En El Salvador se distinguen 2 tipos de puentes vehiculares que son:

Obra de paso menor: puente de tipo vehicular con un área hidráulica menor o igual a los 2 m², sin distinción de tipología.

Obra de paso mayor: puente de tipo vehicular con un área hidráulica mayor a los 2 m², sin distinción de tipología.

La estructura de un puente se distingue por 3 partes importantes que son:

Superestructura: Es la parte del puente que permite la continuidad de una vía. La superestructura soporta el paso de las cargas móviles que son transmitidas a la subestructura a través de los sistemas de apoyo, y está conformada por uno o más tramos dependiendo de la cantidad de elementos intermedios de la subestructura que la sustenten.

Subestructura: parte del puente donde se apoya la superestructura, y a través de la cual se transmiten las cargas al suelo de fundación. La subestructura está constituida por los estribos, que son los apoyos extremos del puente, y las pilas que son los apoyos intermedios de puentes cuando se trata de estructuras constituidas por más de un tramo.

Accesos: en general, están constituidos por las siguientes obras: terraplenes de acceso y sus obras de contención y/o protección, estructura de pavimento, barreras de protección del tráfico y losas de aproximación. Para evitar asentamientos en la entrada de los puentes, normalmente, se dispone de losas de aproximación apoyadas en los terraplenes de acceso y en ménsulas dispuestas para estos fines en las pantallas del cabezal de los estribos.

Clasificación de puentes por tipo estructural.

Existen diversas tipologías de puentes según su tipo estructural o forma de trabajo de la estructura, la forma en que esta transmite las cargas al suelo sobre el que esta cimentado, a continuación, en esta guía se presentan y describen las tipologías de puentes más usadas en el país.

GUÍA DE INSPECCIÓN VISUAL EN PUENTES.

- 1. VIGAS:** Está constituido por vigas longitudinales y transversales (diafragmas), que permiten la transmisión de las cargas que actúan sobre la superestructura a la subestructura, y a través de ella, al suelo a través de la fundación del puente.

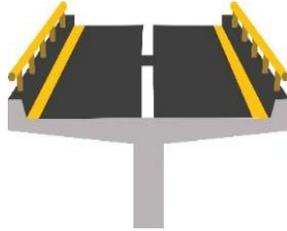


Imagen 2: Puente con viga T.

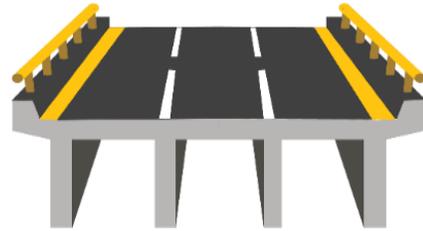


Imagen 3: Puente con vigas rectangulares de concreto armado.

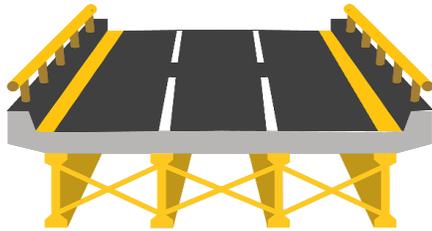


Imagen 4: Puente con vigas metálicas.

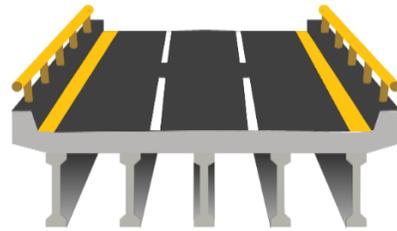


Imagen 5: Puente de vigas de concreto presforzadas.

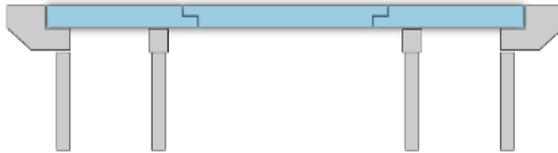


Imagen 6: Puente con vigas Gerber



Imagen 7: Puente con vigas cajón.

- 2. CERCHAS (ARMADURAS METÁLICAS):** Son puentes con celosías con postes en diagonal, vertical y horizontal de postes sobre el puente.

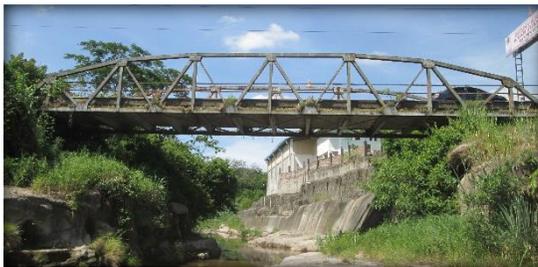


Imagen 8: Puente metálico tipo cercha.



Imagen 9: Puente metálico tipo Bailey.

GUÍA DE INSPECCIÓN VISUAL EN PUENTES.

3. **LOSA:** Puente donde el elemento principal que soporta la cargas vivas es el tablero o losa transmitiéndolas directamente desde esta a los apoyos



Imagen 10: Losa maciza de concreto.



Imagen 11: Losa aligerada.



Imagen 12: Puente tipo losa en forma de caja.

4. **ARCO:** Un puente de arco es un puente con apoyos a los extremos de la luz, entre los cuales se hace una estructura con forma de arco con la que se transmiten las cargas. Estos trabajan transfiriendo el peso propio del puente y las sobrecargas de uso hacia los apoyos mediante la compresión del arco, donde se transforma en un empuje horizontal y una carga vertical.

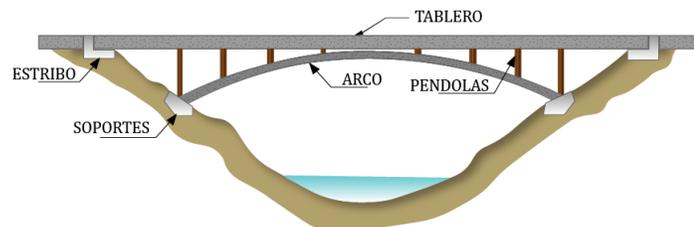


Imagen 13: Arco con tablero superior.

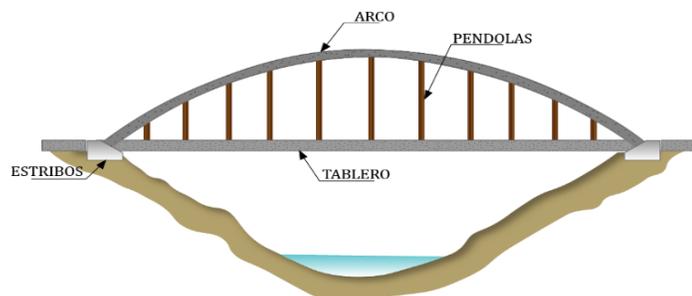


Imagen 14: Arco con tablero inferior.

GUÍA DE INSPECCIÓN VISUAL EN PUENTES.

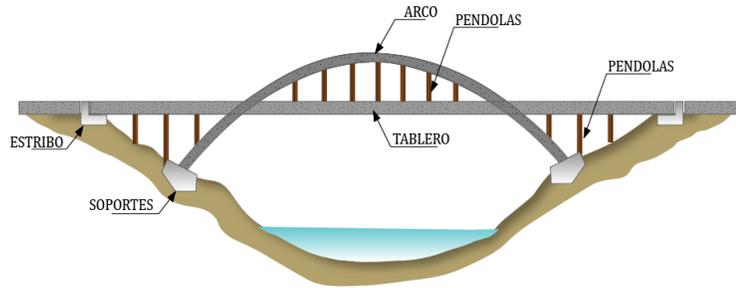


Imagen 15: Arco con tablero intermedio o Bowstring

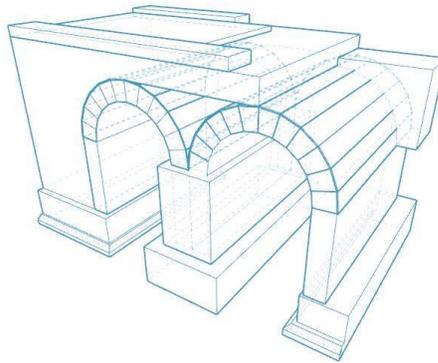


Imagen 16: Bóveda de mampostería, concreto o mixta.

5. OTROS

- **COLGANTE:** Son puentes sostenidos por un arco invertido formado por numerosos cables de acero, del que se suspende el tablero del puente mediante tirantes verticales (péndolas). Al igual que el puente de arco, es un puente que resiste gracias a su forma. Las fuerzas principales en este tipo de puentes son de tracción en los cables principales y de compresión en los pilares.

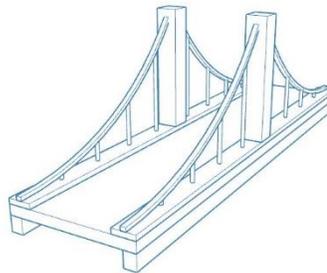


Imagen 17: Puente tipo colgante.

Condición estática del puente.

➤ Isostáticos

Se denomina puente con tramos “isostáticos” a aquellos cuyos tramos son estáticamente independientes uno de otro y, a su vez, independientes, desde el punto de vista de flexión, de los apoyos que los sostienen. Generalmente este tipo de condición se da en los puentes con luces o tramos cortos.

La forma fácil de identificar este tipo de condición estática del desarrollo longitudinal de un puente es identificando la existencia de juntas entre las vigas sobre los apoyos en pilas y a los extremos del puente, tal como se muestra en la imagen 20.



Imagen 18: Ejemplo de puente de vigas en tramos isostáticos.

➤ Continuos

Los puentes continuos o hiperestáticos son aquellos cuyos tableros son dependientes uno de otro desde el punto de vista estático, pudiendo establecerse o no una dependencia entre los tableros y sus apoyos. Son aquellos donde para determinar las solicitaciones internas y externas se deben aplicar métodos de estructuras hiperestáticas. Diseños más elaborados y más complejos. Aptos en suelos de buena capacidad portante.

Este tipo de desarrollo longitudinal o condición estática se puede dar en la mayoría de las tipologías según estructuras de puentes (arco, vigas, cerchas, entre otras) ya que pueden ser de un solo tramo con apoyos intermedios. Para identificarlo fácilmente, este tipo de condición generalmente, no posee juntas en todos o ningún apoyo intermedio.

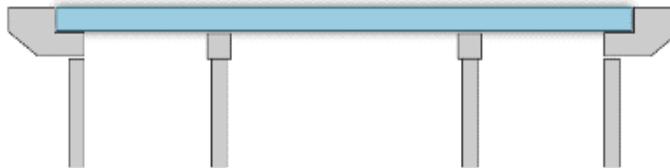


Imagen 19: Ejemplo de puente tipo viga con tramos continuos.

➤ Integrales

Un puente integral es aquel que no dispone de aparatos de apoyo ni juntas de dilatación tanto en pilas como en estribos. El concepto sirve para cualquier tipología de tablero, tanto in situ o prefabricado.

GUÍA DE INSPECCIÓN VISUAL EN PUENTES.

Si se un puente dispone de apoyos de neopreno en los estribos sin juntas de dilatación y las pilas están empotradas en el tablero se conoce como puente semi-integral.

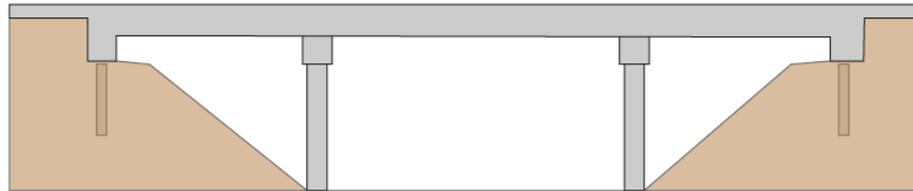
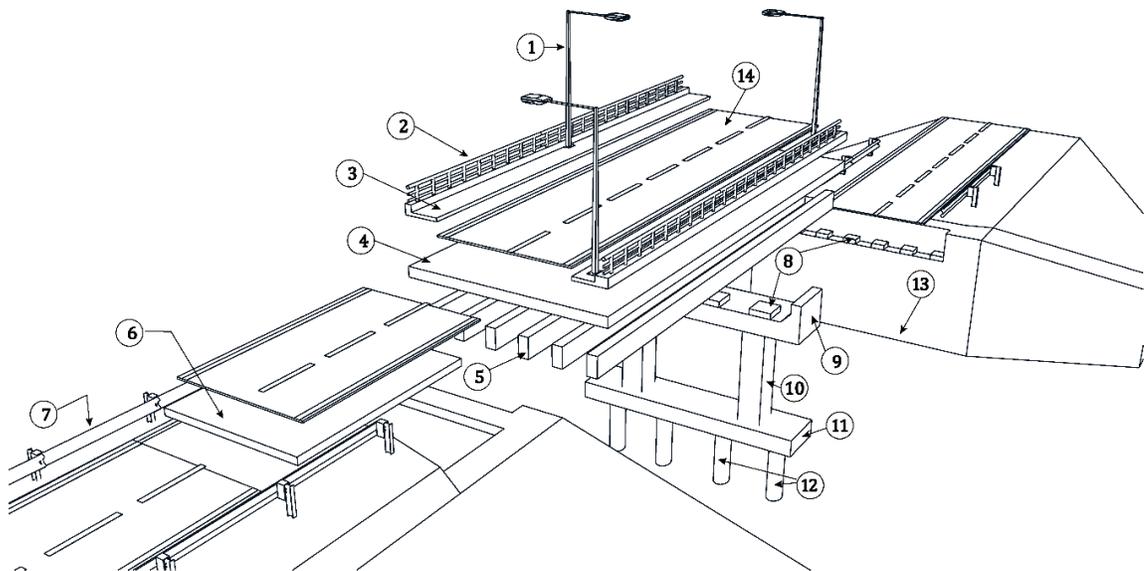


Imagen 20: Esquema de referencia de puentes integrales.

Elementos de un puente.

A continuación se describen los elementos de los puentes considerados para las tipologías existentes en el país (términos de uso habitual) y en la imagen 23, se muestran los elementos más comunes en un puente tipo vigas de concreto reforzado (no hay detalle o especificación de los elementos que se evalúan en su totalidad para determinar el estado de condición de un puente).



- | | | | |
|----|----------------------|-----|-------------------|
| 1. | Luminarias | 8. | Aparatos de apoyo |
| 2. | Barandales | 9. | Viga de apoyo |
| 3. | Aceras | 10. | Columnas/pilas |
| 4. | Losa | 11. | Zapata |
| 5. | Vigas | 12. | Pilotes |
| 6. | Losa de Aproximación | 13. | Estribo |
| 7. | Defensa vehicular | 14. | Capa de rodadura |

Imagen 21: Elementos en puente tipo viga.

GUÍA DE INSPECCIÓN VISUAL EN PUENTES.

Aleros: es la prolongación de los estribos hacia los laterales, estos retienen el terraplén de acceso o relleno estructural. Estos son diferentes a los aletones de los estribos en que no forman parte del estribo

Aparatos de apoyos: dispositivos mecánicos encargados de transmitir las cargas (reacciones verticales y horizontales) desde la superestructura a las pilas.



Imagen 22: Ejemplos de aparatos de apoyos en puentes.

Arriostramiento diagonal: elementos colocados en forma diagonal en un puente para asegurar estabilidad en los demás elementos que se conectan entre sí, generalmente este tipo de arriostramiento se coloca en puentes metálicos.

Barandal: elementos del puente instalado a lo largo del borde de las estructuras cuando existe paso peatonal, para protección de los usuarios. La altura de las barandas es entre los rangos de 1.10 m y 1.80 m. Una baranda puede ser diseñada para usos múltiples (caso de barandas combinadas para peatones y vehículos) y resistir al choque con o sin la acera. (imagen 25, ejemplo de barandal)



Imagen 23: Ejemplo de barandal en puente.

Bordillos y Aceras: los bordillos, cordón o cordón cuneta, es el lugar de unión entre la acera transitable para peatones y la calzada transitable para vehículos permitiendo que el área de tránsito peatonal quede ligeramente más elevada que la calzada, conociéndose esta como acera, ambos se colocan en los laterales de un puente.

Cabezal de pilotes: Elemento tipo viga o placa de gran espesor, en el cual se fijan las cabezas de los pilotes de una fundación.

Cable principal: es el elemento básico de la estructura resistente del puente colgante. Su montaje debe salvar el vano entre las dos torres y para ello hay que tenderlo en el vacío.

GUÍA DE INSPECCIÓN VISUAL EN PUENTES.

Calzada (Ancho de vía): Espacio libre entre barreras (separadores New Jersey) y/o cordones.

Cercha: es una celosía de canto variable a dos aguas. Una celosía es una estructura reticular de barras rectas interconectadas en nudos formando triángulos planos (en celosías planas) o pirámides tridimensionales (en celosías espaciales).

En la imagen 26, se muestra la cercha de un puente marcado por las flechas sobre la misma imagen.

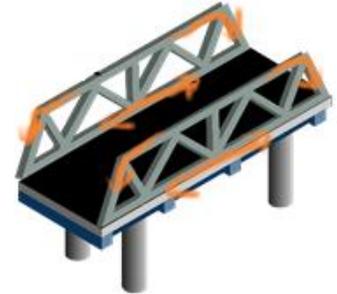


Imagen 24: Ejemplo de cercha en puentes metálicos.

Cono de derrame: parte del terraplén con forma de una fracción de cono invertido, generalmente está presente en los puentes que son para cruzar otras vías, conocido como paso a desnivel.

Dados de apoyo: Dados de hormigón sobre los cuales se colocan o disponen los dispositivos de apoyo.

Defensas de tráfico: Defensas para impacto de vehículos, su propósito principal es controlar el tránsito que circula por la estructura, tomando en cuenta otros factores, como son la protección de los ocupantes del vehículo en caso de colisión, proteger a los vehículos próximos a colisión, así como a los demás vehículos y peatones que circulan por el camino, además de la buena apariencia y la suficiente visibilidad para los vehículos que los transitan.



Imagen 25: Ejemplo de defensa de tráfico tipo Flex beam.

Drenaje: en la calzada de un puente, son los elementos que tienen la función de desalojar el agua que cae por precipitación pluvial, la que invade el camino a consecuencia de las crecidas de ríos, arroyos y lo que pudiera llegar por inundaciones. Se considera como drenaje el bombeo en la calzada del puente y las cunetas, el agua se desaloja usualmente por tuberías en las cunetas.



Imagen 26: Ejemplo de drenaje para desalojo de agua en un puente.

Emplantillado: Recubrimiento de piedras adheridas con mortero que protege una fundación de la socavación.

GUÍA DE INSPECCIÓN VISUAL EN PUENTES.

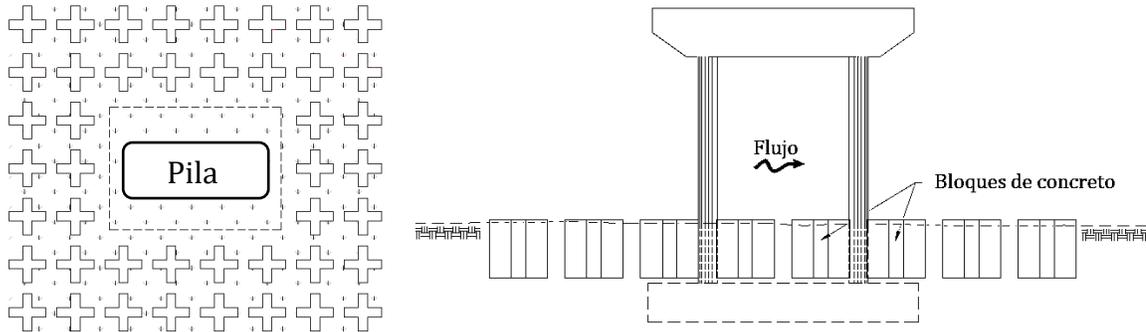


Imagen 27: Ejemplo de emplantillado en puentes.

Esviaje: se considera al desarrollo en planta de un puente cuando este se encuentra girado en sus extremos, los estribos no están ubicados perpendicularmente a la vía, se encuentran ubicados en un ángulo diferente a 90°.

Estribos: Son los apoyos en los extremos del puente, que transfieren parte de las cargas que actúan sobre la estructura al terreno. También funcionan para sostener el relleno de los accesos al puente.



Imagen 28: Ejemplo de estribo en un puente.

Fundaciones: Parte de los puentes que se encarga de transmitir las cargas que este soporta al suelo que lo sustenta, cumpliendo con los requisitos de resistencia a la falla (seguridad), las exigencias de servicio.

Fuste: se refiere al sector del cuerpo de la pila comprendido entre la fundación y las vigas de apoyo, en el país es conocido como columna pantalla o muro, estos se identifican según la forma que poseen, tal como se muestra en la imagen 31.



Imagen 29: ejemplos de fuste en pilas de puentes.

GUÍA DE INSPECCIÓN VISUAL EN PUENTES.

Gálidos: Los gálidos horizontal y vertical para puentes urbanos serán el ancho y la altura necesarios para el paso del tráfico vehicular. El galibo bajo el puente es la distancia entre apoyos (galibo horizontal) y la distancia libre entre la estructura y el flujo normal de fluido o tránsito vehicular (galibo vertical)

Juntas: es la división en la superestructura del puente, específicamente en el tablero ya que estas permiten el movimiento del mismo y sus posibles deformaciones (de expansión o contracción) que evitan daños por movimiento del tablero, permitirán deformaciones controladas (de diseño). Las juntas de dilatación/contracción del tablero del puente son para evitar sobre esfuerzos debidas a las deformaciones por los cambios de temperatura. En la imagen 32, se muestran ejemplos de 2 tipos de juntas en puentes.



Imagen 30: Ejemplos de juntas en puentes

Losa de aproximación: Losa rígidamente articulada en el estribo, descansa sobre el suelo compactado del terraplén en el resto de su superficie, su función es evitar hundimientos en los accesos al puente.

Murete al pie del talud: Viga de fundación ejecutada al pie del revestimiento a modo de fundación del mismo.

Muro inferior: Muro ubicado por debajo de la viga de apoyos en estribos.

Muros laterales o aletones: muros ubicados a los costados del estribo de forma paralela o no, estos ayudan a retener el suelo del talud de acceso en los puentes.

Muro superior: Muro ubicado arriba de la viga de apoyos o espalda del estribo, para contención del suelo.

Péndolas: son las varillas o cables verticales que sostienen el piso de un puente colgante o cualquier otro tipo de obra.

GUÍA DE INSPECCIÓN VISUAL EN PUENTES.

Pilas: Son los apoyos intermedios, que reciben reacciones verticales de dos tramos del puente, transmitiendo las cargas del terreno natural a través de las placas de apoyo, comúnmente se amplían hacia abajo obteniendo mayor superficie de sustentación, la pila a su vez se divide en apoyos, fuste y fundaciones.



Imagen 31: Ejemplo de pila en puentes.

Pilotes: Son elementos de fundación (o cimentación) profunda, dan lugar en un puente cuando el suelo sobre el que se necesita colocar la estructura no posee el esfuerzo admisible, por lo tanto se trasladan las cargas hasta un estrato resistente del suelo, cuando este se encuentra a una profundidad tal que hace inviable, técnica o económicamente, una cimentación más convencional mediante zapatas o losas.

Tiene forma de columna colocada en vertical en el interior del terreno sobre la que se apoya el elemento que le trasmite las cargas y que trasmite la carga al terreno por rozamiento del fuste con el terreno, apoyando la punta en capas más resistentes o por ambos métodos a la vez.

Revestimiento: es el material que se utiliza a cubrir de sustrato, estos son realizados para mejorar propiedades o cualidades de la superficie del sustrato, tales como aspecto, adhesión, resistencia al desgaste, erosión entre otras.



Imagen 32: Ejemplo de revestimiento de concreto en cono de derrame.

Señalamiento horizontal: Señales de tráfico o de advertencia pintadas en la calzada, como dobles líneas, líneas, flechas de giro, cruces peatonales, etc.



Imagen 33: Ejemplo de pintura para señalización horizontal en puentes.

Señalamiento vertical: Señales con tablero pintado soportados por marcos o postes.



Imagen 34: Ejemplo de señal vertical en el acceso de un puente.

Superficie de rodadura: Carpeta o superficie colocada sobre la losa estructural, su objetivo principal es proveer protección adicional a la losa contra el clima y el tráfico. El pavimento no es un miembro estructural, sin embargo, genera carga muerta al puente, por lo tanto, el espesor del pavimento debe ser el mínimo.



Imagen 35: Ejemplo de superficie de rodadura en puente.

Talud: se denomina así al suelo o fragmentos de rocas en la base o extremos de un puente que ha quedado luego de un corte en el terreno natural.

Terraplenes: tierra con que se rellena el terreno de acceso al puente para levantar su nivel y formar un plano de apoyo adecuado de unión entre el puente y la vía.

Topes Antisísmicos: Dispositivos para soporte de la superestructura frente a cargas sísmicas.

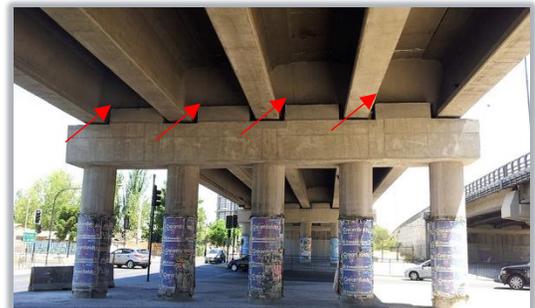


Imagen 36: Ejemplos de topes antisísmicos en pilas.

Viga de amarre: Viga que vincula las bases de fundación cuando estas son independientes para cada pila (columna o contrafuerte).

GUÍA DE INSPECCIÓN VISUAL EN PUENTES.

Viga de apoyo o dintel: Viga, dintel o refuerzo (en las pantallas), sobre las cuales se colocan los dispositivos de apoyo. En los estribos esta es la Viga en falsos estribos, espesamiento o refuerzo en muros frontales, sobre las cuales se colocan los dispositivos de apoyo.



Imagen 37: Ejemplo de viga de apoyo en pilas.

Viga Gerber: Es una estructura simplemente apoyada sobre voladizos que sobresalen de las pilas, con lo cual se pueden obtener luces más amplias.

Vigas transversales: son aquellas vigas que estabilizan el movimiento de las vigas longitudinales, permitiendo que la estructura sea más estable. Estas pueden ser metálicas o de concreto, dependiendo de la constitución de los elementos principales de las vigas longitudinales.



Imagen 38: Ejemplo de viga transversal o viga riostra en puentes.



III. Equipos y herramientas para la ejecución de inspecciones.

Para realizar la inspección adecuadamente cada grupo de inspección deberá contar con el equipo necesario tanto para la seguridad personal como para la recolección de datos. Por lo que será necesario que previo a la realización de las inspecciones, el grupo seleccione los equipos que utilizara conforme a los requerimiento que presenten cada uno de los puentes programados dentro de su itinerario de inspección, a excepción de los equipos de seguridad, los cuales se consideran como de uso obligatorio en para todas las inspecciones.

A continuación, se listan los diferentes equipos para realizar las inspecciones de campo:

Tabla 2: Equipos y herramientas para la ejecución de inspecciones

Equipo de uso	Descripción de uso de equipo
Equipo de seguridad.	
Casco	Se utiliza para proteger la cabeza de quien lo usa de peligros y golpes mecánicos. También puede proteger frente a otros riesgos de naturaleza 5térmica o eléctrica
Chaleco reflectante de seguridad.	Los chalecos, camisas o chaquetas, pueden ser en tonos fluorescentes como naranja, amarillo o verde- amarillento. Estos son utilizados para mejoran notablemente la visibilidad e identificar al portador en situaciones de riesgo en lugares de poca iluminación
Gafas de protección.	Son usadas para evitar la entrada de objetos, agua o productos químicos en los ojos. Estos deberán ser de color transparente de manera que no dificulte la visibilidad.
Guantes de hule y guantes de cuero de seguridad.	Utilizados para cubrir las manos de rasguños y riesgos mecánicos
Máscara de polvo / respirador	Se usan para proteger contra la inhalación en condiciones de polvo o para evitar los excrementos de animales.
Arnés de seguridad y cordón de seguridad	Se utilizaran en aquellos trabajos que se realicen a más de dos metros de altura.
Equipo para acceso.	
Escaleras (en caso sea necesaria)	Utilizadas para las subestructuras y diversas áreas de la superestructura
Botas altas de hule	Utilizado para corrientes poco profundas
Equipo para Limpieza.	
Escobilla	Se usa para eliminar la suciedad suelta y la suciedad.



GUÍA DE INSPECCIÓN VISUAL EN PUENTES.

Cepillo de alambre	Se usa para eliminar la pintura suelta y la corrosión de los miembros de acero.
Pala	Se usa para eliminar la suciedad y la suciedad de las áreas de los cojinetes
Cinturón de herramientas con bolsa de herramientas	Se usa para sostener y acceder de forma conveniente a herramientas pequeñas
Equipo para ayuda visual	
Binoculares	Utilizados para pre visualizar áreas antes de la actividad de inspección y para examinar a distancias
Linterna (de mano y de casco)	Se usa para iluminar áreas oscuras
Equipo para medir	
Cinta de bolsillo (regla de seis pies)	Se usa para medir deficiencias y dimensiones de miembros y articulaciones
Cinta de 25 pies y 100 pies	Utilizada para medir las dimensiones de los componentes
Equipo para documentación	
Formularios de inspección, portapapeles y lápices	Se utilizan para guardar registros en la mayoría de los puentes
Cuadernos	Utilizados para el mantenimiento de registros adicionales para estructuras complejas
Equipo de uso	Descripción de uso de equipo
Cámara digital	Se usa para proporcionar imágenes digitales de deficiencias que se pueden descargar y enviar por correo electrónico para una evaluación instantánea
Crayola o tiza, colores o marcadores	Se utilizan para la identificación de miembros y defectos para una mejor organización y documentación fotográfica
Otros equipos	
Repelente de insectos	Reduce el ataque de mosquitos, garrapatas y garrapatas
Botiquín de primeros auxilios	Se usa para cortes pequeños, mordeduras de serpientes y picaduras de abejas



IV. Guía de llenado para formulario de Inventario Básico de Puentes (IBP).

El formulario de inventario básico de puentes (IBP) funciona para realizar la inspección inicial de un puente, donde empiece de los registros del mismo en el inventario de puentes del país.

Las inspecciones de este tipo, se hacen una sola vez para recolectar toda la información que en este formulario se solicita para el registro inicial, tomando en cuenta que el tipo de inspección que se realiza es únicamente visual. La única forma en que debe realizarse este tipo de inspección a los puentes en las vías nacionales es cuando un puente ya registrado se le realizó una reconstrucción de algunos elementos en los que cambien sus características originales de forma total o parcial o en todo caso el puente haya sido modificado de manera significativa el diseño original de un puente existente en la reparación y rehabilitación del paso vehicular y peatonal.

En su mayoría, los ítems solicitados en este formulario podrían llenarse con base a planos como construidos e informes de cada puente, sin embargo, cuando no se cuenta con estos y la mayoría de información se desconoce, es necesario realizar este tipo de inspección para recolectar la mayor cantidad de datos posibles.

La recolección de datos generales y básicos de cada puente, se realiza mediante el llenado de las siguientes 4 hojas:

- ✚ **IBP - 1:** Localización, tipo de puente y sus componente.
- ✚ **IBP - 2:** Características generales y geométricas.
- ✚ **IBP - 3:** Estribos, accesos y juntas.
- ✚ **IBP - 4:** Representación esquemática transversal y longitudinal del puente.

Para el registrar cada dato que se solicita en el formulario de IBP y que el inspector tenga idea de que dato debe colocar, cada ítem del formulario posee un número que es con el que se identifica en la presente guía de llenado, por ejemplo, si el inspector desconoce qué tipo de información debe colocar en la fila o sección 12 del formulario, debe ir a la presente guía y verificar que es lo que se solicita en esa sección con respecto a lo que aquí se indica.

Los formularios de IBP se muestran en las siguientes imágenes, en las cuales al costado izquierdo se encuentra el número del ítem al que corresponden y al costado derecho se encuentra la sección de la información que se requiere para dicho ítem.



GUÍA DE INSPECCIÓN VISUAL EN PUENTES.

FORMULARIO: INVENTARIO BÁSICO DE PUENTES - 1 (IBP-1)

(1)	INSPECTOR:	FECHA:																																																
	TÉCNICO DE CONTROL DE CALIDAD:																																																	
LOCALIZACIÓN																																																		
(2)	ZONA:	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 25%;">OCCIDENTAL</th> <th style="width: 25%;">CENTRAL</th> <th style="width: 25%;">ORIENTAL</th> <th style="width: 25%;">PARACENTRAL</th> </tr> </table>	OCCIDENTAL	CENTRAL	ORIENTAL	PARACENTRAL																																												
OCCIDENTAL	CENTRAL	ORIENTAL	PARACENTRAL																																															
(3)	DEPTO:	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">01</td> <td style="width: 30%;">AHUACHAPÁN</td> <td style="width: 15%;">06</td> <td style="width: 30%;">SAN SALVADOR</td> <td style="width: 10%;">11</td> <td style="width: 10%;">USulután</td> </tr> <tr> <td>02</td> <td>SANTA ANA</td> <td>07</td> <td>CUSCATLÁN</td> <td>12</td> <td>SAN MIGUEL</td> </tr> <tr> <td>03</td> <td>SONSONATE</td> <td>08</td> <td>LA PAZ</td> <td>13</td> <td>MORAZÁN</td> </tr> <tr> <td>04</td> <td>CHALATENANGO</td> <td>09</td> <td>CABAÑAS</td> <td>14</td> <td>LA UNIÓN</td> </tr> <tr> <td>05</td> <td>LA LIBERTAD</td> <td>10</td> <td>SAN VICENTE</td> <td colspan="2" style="text-align: right;">MUNICIPIO:</td> </tr> </table>	01	AHUACHAPÁN	06	SAN SALVADOR	11	USulután	02	SANTA ANA	07	CUSCATLÁN	12	SAN MIGUEL	03	SONSONATE	08	LA PAZ	13	MORAZÁN	04	CHALATENANGO	09	CABAÑAS	14	LA UNIÓN	05	LA LIBERTAD	10	SAN VICENTE	MUNICIPIO:																			
01	AHUACHAPÁN	06	SAN SALVADOR	11	USulután																																													
02	SANTA ANA	07	CUSCATLÁN	12	SAN MIGUEL																																													
03	SONSONATE	08	LA PAZ	13	MORAZÁN																																													
04	CHALATENANGO	09	CABAÑAS	14	LA UNIÓN																																													
05	LA LIBERTAD	10	SAN VICENTE	MUNICIPIO:																																														
(4)	RED:	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">01</td> <td style="width: 30%;">ESPECIAL</td> <td style="width: 15%;">05</td> <td style="width: 30%;">TERCIARIA</td> <td style="width: 10%;">09</td> <td style="width: 10%;">URBANA</td> </tr> <tr> <td>02</td> <td>PRIMARIA</td> <td>06</td> <td>RURAL MODIF</td> <td>10</td> <td>OTRA</td> </tr> <tr> <td>03</td> <td>SECUNDARIA</td> <td>07</td> <td>RURAL</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>04</td> <td>TERCIARIA MODIF</td> <td>08</td> <td>VECINAL</td> <td colspan="2" style="text-align: right;">ruta:</td> </tr> </table>	01	ESPECIAL	05	TERCIARIA	09	URBANA	02	PRIMARIA	06	RURAL MODIF	10	OTRA	03	SECUNDARIA	07	RURAL	-	-	04	TERCIARIA MODIF	08	VECINAL	ruta:																									
01	ESPECIAL	05	TERCIARIA	09	URBANA																																													
02	PRIMARIA	06	RURAL MODIF	10	OTRA																																													
03	SECUNDARIA	07	RURAL	-	-																																													
04	TERCIARIA MODIF	08	VECINAL	ruta:																																														
(5)	TRAMO:	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">DESDE:</td> <td style="width: 50%;"></td> </tr> <tr> <td>HASTA:</td> <td></td> </tr> </table>	DESDE:		HASTA:																																													
DESDE:																																																		
HASTA:																																																		
(6)	NOMBRE DEL PUENTE:	ID DEL PUENTE:																																																
	DESIGNACIÓN DEL PASO:																																																	
(7)	PROPIETARIO:	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">MOP</td> <td style="width: 33%;">MUNICIPAL</td> <td style="width: 34%;">PARTICULAR</td> </tr> </table>	MOP	MUNICIPAL	PARTICULAR																																													
MOP	MUNICIPAL	PARTICULAR																																																
(8)	UBICACIÓN:	ESTACIÓN:																																																
	LATITUD:																																																	
	LONGITUD:																																																	
TIPO Y SECCIONES DEL PUENTE																																																		
(9)	TIPO DE PUENTE	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 15%;">VIGAS LOSA</th> <th style="width: 15%;">CERCHA ARCO</th> <th style="width: 15%;">SUPER SPAN</th> <th style="width: 15%;">OTRO:</th> </tr> </table>	VIGAS LOSA	CERCHA ARCO	SUPER SPAN	OTRO:																																												
VIGAS LOSA	CERCHA ARCO	SUPER SPAN	OTRO:																																															
(10)	TIPO DE DESARROLLO LONGITUDINAL:	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">ISOSTÁTICO</td> <td style="width: 33%;">CONTÍNUO</td> <td style="width: 34%;">INTEGRAL</td> </tr> </table>	ISOSTÁTICO	CONTÍNUO	INTEGRAL																																													
ISOSTÁTICO	CONTÍNUO	INTEGRAL																																																
(11)	LONGITUD TOTAL (m):	N° DE TRAMOS:																																																
(12)	LONGITUDES DE LOS TRAMOS:	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 12.5%;">1</th> <th style="width: 12.5%;">2</th> <th style="width: 12.5%;">3</th> <th style="width: 12.5%;">4</th> <th style="width: 12.5%;">5</th> <th style="width: 12.5%;">6</th> <th style="width: 12.5%;">7</th> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7																																									
1	2	3	4	5	6	7																																												
(13)	TIPO DE TRAMO:																																																	
(14)	SECCIÓN TRANSVERSAL:																																																	
(15)	DESARROLLO EN PLANTA:																																																	
(16)	N° DE VIGAS LONGITUDINALES:																																																	
(17)	N° DE VIGAS TRANSVERSALES:																																																	
(18)		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">TIPOS DE TRAMOS</th> <th colspan="2">TIPOS DE SECCIÓN TRANSVERSAL</th> <th colspan="2">DESARROLLO EN PLANTA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>VIGAS</td> <td>1</td> <td>LOSA</td> <td>1</td> <td>RECTO</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>CONTINUO</td> <td>2</td> <td>LOSA CON VIGAS DE Conc. Ref.</td> <td>2</td> <td>ESVIAJADO</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>ARCO</td> <td>3</td> <td>LOSA y VIGAS DE ACERO A. LL.</td> <td>3</td> <td>CURVO, VIGAS RECTAS DE IGUAL LONGITUD</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>OTRO</td> <td>4</td> <td>LOSA y VIGAS DE ACERO Cerch</td> <td>4</td> <td>CURVO, VIGAS RECTAS DIFERENTE LONGITUD</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>5</td> <td>LOSA CON VIGAS DE Conc. Pre</td> <td>5</td> <td>CURVO CON VIGAS CURVAS</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>6</td> <td>SECCIÓN CAJÓN CONSTANTE</td> <td>6</td> <td>PLANTA TRAPEZIAL</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>7</td> <td>SECCIÓN CAJÓN VARIABLE</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	TIPOS DE TRAMOS		TIPOS DE SECCIÓN TRANSVERSAL		DESARROLLO EN PLANTA		1	VIGAS	1	LOSA	1	RECTO	2	CONTINUO	2	LOSA CON VIGAS DE Conc. Ref.	2	ESVIAJADO	3	ARCO	3	LOSA y VIGAS DE ACERO A. LL.	3	CURVO, VIGAS RECTAS DE IGUAL LONGITUD	4	OTRO	4	LOSA y VIGAS DE ACERO Cerch	4	CURVO, VIGAS RECTAS DIFERENTE LONGITUD			5	LOSA CON VIGAS DE Conc. Pre	5	CURVO CON VIGAS CURVAS			6	SECCIÓN CAJÓN CONSTANTE	6	PLANTA TRAPEZIAL			7	SECCIÓN CAJÓN VARIABLE		
TIPOS DE TRAMOS		TIPOS DE SECCIÓN TRANSVERSAL		DESARROLLO EN PLANTA																																														
1	VIGAS	1	LOSA	1	RECTO																																													
2	CONTINUO	2	LOSA CON VIGAS DE Conc. Ref.	2	ESVIAJADO																																													
3	ARCO	3	LOSA y VIGAS DE ACERO A. LL.	3	CURVO, VIGAS RECTAS DE IGUAL LONGITUD																																													
4	OTRO	4	LOSA y VIGAS DE ACERO Cerch	4	CURVO, VIGAS RECTAS DIFERENTE LONGITUD																																													
		5	LOSA CON VIGAS DE Conc. Pre	5	CURVO CON VIGAS CURVAS																																													
		6	SECCIÓN CAJÓN CONSTANTE	6	PLANTA TRAPEZIAL																																													
		7	SECCIÓN CAJÓN VARIABLE																																															
ELEMENTOS COMPONENTES																																																		
(19)	BARANDAL IZQUIERDO (m)	CAPA DE RODAMIENTO (m)	BARANDAL DERECHO (m)																																															
	CONCRETO REFORZADO	ASFÁLTICA	CONCRETO REFORZADO																																															
	POSTES DE CONCRETO Y TUBO	CONCRETO	POSTES DE CONCRETO Y TUBO																																															
	POSTES DE HIERRO Y TUBOS	GRAVA o TIERRA	POSTES DE HIERRO Y TUBOS																																															
	PLETINAS METÁLICAS	ACERO	PLETINAS METÁLICAS																																															
	OTRO (DESCRIBIR)	OTRO (DESCRIBIR)	OTRO (DESCRIBIR)																																															
(20)	DEFENSA VEHICULAR IZQUIERDA (m)	TIPO DRENAJES DE CALZADA (m)	DEFENSA VEHICULAR DERECHA (m)																																															
	NEW JERSEY	TUBOS EN CALZADA	NEW JERSEY																																															
	POSTES Y HORIZ. DE Conc. Ref.	CAJA PARRILLILLA	POSTES Y HORIZ. DE Conc. Ref.																																															
	METÁLICA FLEX BEAM	CUNETETA	METÁLICA FLEX BEAM																																															
	CONCRETO	OTRO (DESCRIBIR)	CONCRETO																																															
	OTRO (DESCRIBIR)		OTRO (DESCRIBIR)																																															
(21)	OTROS COMPONENTES																																																	
	ANCHO DE ACERA U HOMBROS:	LADO IZQUIERDO	m	ILUMINACIÓN	SI	NO																																												
		LADO DERECHO	m	SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL	SI	NO																																												
	ALTURA DEL BORDILLO:	LADO IZQUIERDO	m	SEÑALIZACIÓN VERTICAL	SI	NO																																												
		LADO DERECHO	m																																															
(22)	COMENTARIOS:																																																	

Imagen 39: Formulario de IBP-1.

GUÍA DE INSPECCIÓN VISUAL EN PUENTES.

FORMULARIO: INVENTARIO BÁSICO DE PUENTES - 2 (IBP-2)

CARACTERÍSTICAS GENERALES Y GEOMETRÍA.									
(23)	AÑO DE CONSTRUCCIÓN:				ANCHO DE CALZADA:			CONSTANTE	VARIABLE
(24)	ESVIAJE:	SI	NO		CURVATURA:	SI	NO		
(25)	CURVA ENTRADA:	SI	NO		CURVA SALIDA:	SI	NO		
(26)	GÁLIBO VERT BAJO EL PTE:			m	GÁLIBO HORIZ BAJO EL PTE:			m	
(27)	GÁLIBO VERT SOBRE EL PTE:			m	GÁLIBO HORIZ SOBRE EL PTE:			m	
(28)	VISIBILIDAD EN EL INGRESO	BUENA	REG	MALA	VISIBILIDAD EN LA SALIDA:	BUENA	REG	MALA	
(29)	PEND. ENTRADA:	SI	NO		PEND. SALIDA:	SI	NO		
(30)	PENDIENTE TRANSVERSAL:	SI	NO	PERALTE:	SI	NO	BOMBEO:	SI	NO
PILA QUE SOPORTA LOS TRAMOS									
		1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	
(31)	TIPO DE PILA:								
(32)	TIPO DE FUSTE:								
(33)	NÚMERO DE COLUMNAS:								
(34)	TIPO DE BASE:								
(35)	TIPO DE FUNDACIÓN:								
(36)	APOYOS TRAMO QUE LLEGA:								
(37)	APOYOS TRAMO QUE SALE:								
(38)	TIPO DE JUNTA:								
(39)	TOPES ANTISÍSMICOS (SI/NO):								
TIPOS DE PILA		TIPOS DE FUSTE				TIPOS DE BASE			
(40)	1	MARCO	1	COLUMNAS CIRCULARES	1	BASE CONCRETO			
	2	PANTALLA	2	COLUMNAS ELÍPTICAS	2	CABEZAL DE PILOTES			
	3	MARTILLO	3	COLUMNAS RECTANGULARES	3	GAVIONES			
	4	SECCIÓN CAJÓN	4	PANTALLA SECCIÓN CONSTANTE					
	5	MASIVA	5	PANTALLA SECCIÓN VARIABLE					
	6	PILA-PILOTE	6	MASIVA DE MAMPOSTERÍA					
	7	METÁLICA PERFILES	7	MASIVA DE CONCRETO SIMPLE					
	8	METÁLICA TUBOS	8	MASIVA DE GAVIONES					
			9	SECCIÓN CAJÓN					
			10	COLUMNAS DE ACERO					
TIPO DE FUNDACIÓN		CANTIDAD		DIMENSIONES		COTA DE FUNDACIÓN			
(41)	1	DIRECTA							
	2	PROFUNDA							
	3	OTRA:							
DISPOSITIVOS DE APOYO									
(42)	1	NO VISIBLES	5	NEOPRENO Y TEFLÓN	9	FIJO DE ACERO			
	2	LÁMINA DE ASFALTO	6	CHAPA DE ACERO	10	PÉNDOLA DE CONCRETO			
	3	COLUMNAS RECTANGULARES	7	CHAPA DE PLOMO	11	MÓVIL DE ACERO			
	4	NEOPRENO	8	RODILLO DE ACERO	12	OTRO			
TIPOS DE JUNTAS									
(43)	1	PERFIL DE ACERO Y SELLO NEOPRENO	4	PERFILES DE ACERO	7	PEINE DE ACERO			
	2	LABIO POLÍMERO Y SELLO NEOPRENO	5	ASFALTO POLIMERIZADO	8	NO VISIBLES			
	3	JUNTA ABIERTA SIN ELEMENTO	6	NEOPRENO ARMADO	9	OTRA			
(44)	COMENTARIOS:								

Imagen 40: Formulario de IBP-2.

GUÍA DE INSPECCIÓN VISUAL EN PUENTES.

FORMULARIO: INVENTARIO BÁSICO DE PUENTES - 3 (IBP - 3)

ESTRIBOS										
(45)	ESTRIBO INICIAL	L=	A=	H=	ESTRIBO INICIAL	L=	A=	H=		
	CERRADO				CERRADO					
	ABIERTO				ABIERTO					
	DE GRAVEDAD	MAMPOSTERÍA			DE GRAVEDAD	MAMPOSTERÍA				
	CONCRETO				CONCRETO					
	GAVIONES				GAVIONES					
(46)	ALEROS	A. ARRIBA	PARALELO		ALEROS	A. ARRIBA	PARALELO			
			INCLINADO				INCLINADO			
	A. ABAJO	PARALELO		A. ABAJO	PARALELO					
		INCLINADO			INCLINADO					
(47)	ALETONES	A. ARRIBA	PARALELO		ALETONES	A. ARRIBA	PARALELO			
			INCLINADO				INCLINADO			
	A. ABAJO	PARALELO		A. ABAJO	PARALELO					
		INCLINADO			INCLINADO					
(48)	DISPOSITIVOS DE APOYO				DISPOSITIVOS DE APOYO					
	NO VISIBLE		CHAPA DE ACERO		NO VISIBLE		CHAPA DE ACERO			
	LÁMINA DE ASFALTO		CHAPA DE PLOMO		LÁMINA DE ASFALTO		CHAPA DE PLOMO			
	NEOPRENO		RODILLO METÁLICO		NEOPRENO		RODILLO METÁLICO			
	NEOPRENO CONFINADO		BIELA		NEOPRENO CONFINADO		BIELA			
NO EXISTE		OTRO		NO EXISTE		OTRO				
(49)	TOPES ANTISISMICOS		HAY	NO HAY	TOPES ANTISISMICOS		HAY	NO HAY		
(50)	FUNDACIONES				FUNDACIONES					
	TIPO	CANTIDAD	DIMENSIÓN	COTA	TIPO	CANTIDAD	DIMENSIÓN	COTA		
	DIRECTA				DIRECTA					
	PROFUNDA				PROFUNDA					
	OTRA				OTRA					
ACCESOS										
(51)	MATERIALES DE REVESTIMIENTO	SUELO	PIEDRA	GAVIÓN	LOSA DE CONCRETO	GRAMA	OTRO			
(52)	ACCESO INICIAL				ACCESO FINAL					
	TIPO DE ELEMENTO		MATERIAL		TIPO DE ELEMENTO		MATERIAL			
	TALUD DERECHO				TALUD DERECHO					
	CONO DE DERRAME				CONO DE DERRAME					
	TALUD FRONTAL				TALUD FRONTAL					
	TALUD IZQUIERDO				TALUD IZQUIERDO					
	FUNDACIÓN DE REVESTIMIENTO				FUNDACIÓN DE REVESTIMIENTO					
	LOSA DE APROXIMACIÓN:		NO HAY		LOSA DE APROXIMACIÓN:		NO HAY			
			SI HAY	L= m			SI HAY	L= m		
	DRENAJE EXTREMO		NO HAY	DERRAMADERO	DRENAJE EXTREMO		NO HAY	DERRAMADERO		
		CANAL	CAJA OTRO			CANAL	CAJA OTRO			
DEFENSAS EN ACCESOS		NO HAY	FLEX BEAM Hº Aº	DEFENSAS EN ACCESOS		NO HAY	FLEX BEAM Hº Aº			
		MADERA	OTRO			MADERA	OTRO			
(60)	TIPOS DE JUNTAS				TIPOS DE JUNTAS					
	JUNTA ABIERTA SIN ELEMENTO				NEOPRENO ARMADO					
	PERFILES DE ACERO				PEINE DE ACERO					
	PERFIL DE ACERO Y SELLO DE NEOPRENO				ASFALTO POLIMERIZADO					
	LABIO POLIMERO Y SELLO DE NEOPRENO				OTRA					
(61)	TIPO DE JUNTA AL INICIO									
(62)	TIPO DE JUNTA AL FINAL									
(63)	COMENTARIOS:									

Imagen 41: Formulario de IBP-3.

GUÍA DE INSPECCIÓN VISUAL EN PUENTES.

<p>(64)</p>	<p>ESQUEMA DE SECCIÓN TRANSVERSAL</p>
<p>(65)</p>	<p>ESQUEMA DE SECCIÓN LONGITUDINAL DEL PUENTE</p>

Imagen 42: Formulario de IBP-4.

FORMULARIO: INVENTARIO BÁSICO DE PUENTES 1 (IBP - 1).

En esta primera hoja se registran datos referentes a: ubicación del puente, tipo de puente, su sección transversal, así como los elementos componentes del mismo. A continuación, se explica cada uno de los numerales comprendidos en esta hoja del formulario y su respectiva forma de registro:

- (1) Se debe registrar, nombre y apellido del **inspector jefe**, nombre y apellido del **técnico de control de calidad** y la **fecha** en que se realiza la inspección del puente.

(1)	INSPECTOR:	Ing. Daniel Perez	FECHA:	19/2/2018
	TÉCNICO DE CONTROL DE CALIDAD:	Ing. Laura Lopez		

Imagen 43: Identificación de responsables de la inspección.

- (2) Encerrar con un círculo como se indica en la Imagen 44, la **zona** en donde se encuentra ubicado el puente a inventariar, de acuerdo a la división zonificada en la República de El Salvador, descrita en la Tabla 3 y representada en la Imagen 47.

(2)	ZONA:	OCCIDENTAL	CENTRAL	ORIENTAL	PARACENTRAL
-----	-------	------------	---------	----------	-------------

Imagen 44: Ejemplo de marcación para la identificación de la zona de ubicación del puente.



Imagen 45: Divisiones zonificadas y departamentos de la Republica de El Salvador.

Tabla 3: Divisiones zonificadas de la Republica de El Salvador

CÓDIGO	ZONA	DEPARTAMENTOS DE CADA ZONA
OC	Occidental	Ahuachapán, Santa Ana y Sonsonate.
CE	Central	Libertad, Chalatenango y San Salvador.
PC	Paracentral	Cuscatlán, Cabañas, San Vicente y La Paz.
OR	Oriental	Usulután, San Miguel, Cabañas y La Unión.



GUÍA DE INSPECCIÓN VISUAL EN PUENTES.

- (3) Encerrar con un círculo como se indica en la imagen 48, el número de **departamento**, y en la parte inferior derecha colocar el nombre de **municipio** al que pertenece el puente.

(3)	DEPTO:	01	AHUACHAPÁN	06	SAN SALVADOR	11	USulután
		02	SANTA ANA	07	CUSCATLÁN	12	SAN MIGUEL
		03	SONSONATE	08	LA PAZ	13	MORAZÁN
		04	CHALATENANGO	09	CABAÑAS	14	LA UNIÓN
		05	LA LIBERTAD	10	SAN VICENTE	MUNICIPIO:	

Imagen 46: Ejemplo de señalización del Departamento al que pertenece el puente.

- (4) Encerrar o marcar el tipo de **red vial** a la que pertenece el puente y registrar el **nombre de la ruta o eje vial** por sobre el que este pasa. De acuerdo al Sistema de Gestión Vial, se ha generado un código que identifica las carreteras en Vías Interurbanas y un código que identifica los ejes en Vías Urbanas, en el que se encuentra el puente, para obtener este código, comprobar el inventario vial y posteriormente escriba el nombre de la ruta o eje, en el campo indicado.
- (5) Para registrar el tramo en el que está comprendido el puente, se coloca el nombre la calle o avenida desde donde se **origina el tramo hasta la finalización del tramo**.
- (6) Registrar el **nombre del puente**, con el que eventualmente se lo identifique, en caso de tenerlo. Por lo general cuando un puente pasa sobre un río, este suele tomar el nombre del río. Para esto también puede auxiliarse de las placas de identificación que se encuentran en algunas de las estructuras.

Registrar la **designación del paso**, colocando el tipo de elemento que este atraviesa, de los cuales pueden ser:

- Río
- Quebrada
- Arroyo
- Carretera
- Vía férrea

Registrar el **número del puente**, este número de puente se asigna con base a la ruta y el número de puente en inspección en dicha ruta, este número no se modifica una vez asignado.

- (7) Encerrar con un círculo el **propietario** del puente que se está inspeccionando. Los puentes que se inspeccionan, son parte de la Red Vial Nacional y no se toman en cuenta las municipales, pero en ciertos casos los puentes que se encuentran en vías municipales y privadas que al colapsar obstaculizarían una vía de importancia a nivel nacional (vías con mantenimiento gubernamental) si deben ser inspeccionados.
- (8) Registrar la ubicación del puente, colocando la **latitud** y la **longitud** del punto de intersección del eje del puente con la junta que marca el inicio de la estructura, obtenida con GPS configurado según norma NAD 27, anotando como mínimo ocho 8 decimales.

Registrar la **estación** del punto de intersección del eje del puente con la junta que marca el inicio de la estructura. Este es un valor compuesto de dos números cada uno de tres cifras, enlazados por el signo de agrupación “+” el primer número corresponde a kilómetro y el segundo a los metros, se omiten los decimales puesto que no se requiere mucha precisión. Cuando haya hitos en la carretera, se fijará esta estación con el odómetro; de lo contrario se determinará en la oficina con cartografía y

GUÍA DE INSPECCIÓN VISUAL EN PUENTES.

relevamiento de puntos de paso marcados con el GPS. En la Imagen 47, se ejemplifica los puntos de referencia para la toma de datos.

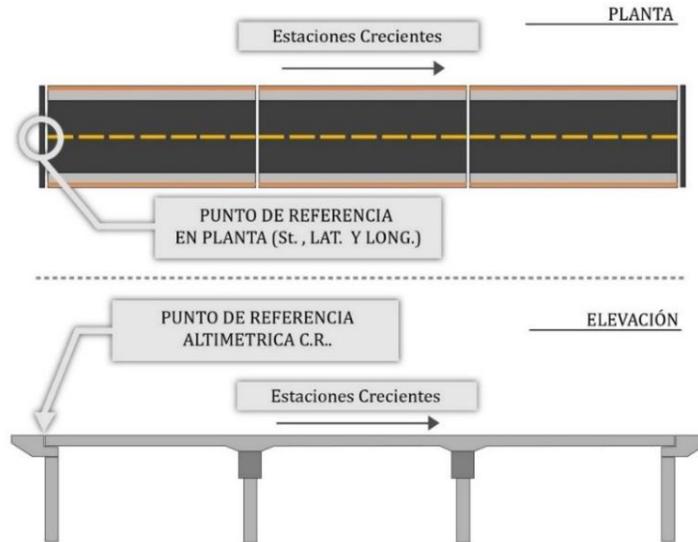


Imagen 47: esquema ejemplo para ubicación de puntos de referencia.

- (9) Encerrar con un círculo el tipo que corresponde al puente que se está inspeccionando, de acuerdo a la clasificación indicada en este numeral.
- (10) Encerrar con un círculo el tipo de continuidad del puente, sea este de tramos isostáticos, continuos o un puente integral.
- (11) Se registrará **la Longitud total** del puente, medida con cinta, entre juntas extremas del puente, sobre el eje del mismo, expresada en metros y decimales, como se indica en la Imagen 48. También en este numeral se registrará el **número de tramos** de los que está compuesta la estructura.
- (12) Se colocarán las **longitudes de los tramos** (vanos), medidas con cinta sobre el eje del puente, entre juntas del pavimento cuando las hubiere o entre ejes de pilas o apoyos sobre los estribos, las unidades de medida serán en metros.

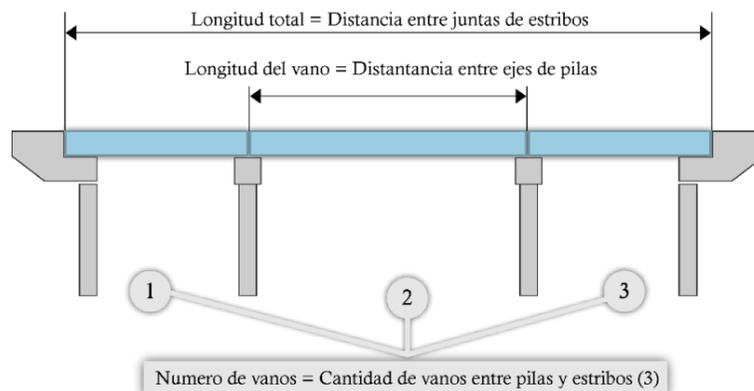


Imagen 48: Ubicación de medida para longitud y numero de vanos del puente.

GUÍA DE INSPECCIÓN VISUAL EN PUENTES.

(13) En esta sección, se coloca el número correspondiente, como se indica en la imagen 51, al tipo de tramo de acuerdo a las primeras 2 columnas de la tabla del numeral (18) **tipos de tramos** (tal como se muestra en la imagen 49), los cuales se especifican con base a la sección longitudinal del puente. El número que corresponde al tipo de tramo se traslada a la columna correspondiente.

(12)	LONGITUDES DE LOS TRAMOS:		1	2	3	4	5	6	7
(13)	TIPO DE TRAMO:								
(14)	SECCIÓN TRANSVERSAL:								
(15)	DESARROLLO EN PLANTA:								
(16)	N° DE VIGAS LONGITUDINALES:								
(17)	N° DE VIGAS TRANSVERSALES:								
(18)	TIPOS DE TRAMOS		TIPOS DE SECCIÓN TRANSVERSAL			DESARROLLO EN PLANTA			
	1	VIGAS	1	LOSA	1	RECTO			
	2	CONTINUO	2	LOSA CON VIGAS DE Conc. Ref.	2	ESVIAJADO			
	3	ARCO	3	LOSA y VIGAS DE ACERO A. LL.	3	CURVO, VIGAS RECTAS DE IGUAL LONGITUD			
	4	OTRO	4	LOSA y VIGAS DE ACERO Cerch	4	CURVO, VIGAS RECTAS DIIFERENTE LONGITUD			
			5	LOSA CON VIGAS DE Conc. Pre	5	CURVO CON VIGAS CURVAS			
			6	SECCIÓN CAJÓN CONSTANTE	6	PLANTA TRAPECIAL			
		7	SECCIÓN CAJÓN VARIABLE						

Imagen 49: Listados de selección de tipo de tramo, ítem (18) del formulario de inspección.

El número de cada vano se cuenta comenzando por el 1 en la junta del estribo inicial en el sentido de las estaciones crecientes.

(14) Escribir el número que corresponda al tipo de sección transversal del vano, de acuerdo a la tabla del numeral (18) del formulario **tipo de sección transversal**, como se indica en la Imagen 52.

(12)	LONGITUDES DE LOS TRAMOS:		1	2	3	4	5	6	7
(13)	TIPO DE TRAMO:								
(14)	SECCIÓN TRANSVERSAL:								
(15)	DESARROLLO EN PLANTA:								
(16)	N° DE VIGAS LONGITUDINALES:								
(17)	N° DE VIGAS TRANSVERSALES:								
(18)	TIPOS DE TRAMOS		TIPOS DE SECCIÓN TRANSVERSAL			DESARROLLO EN PLANTA			
	1	VIGAS	1	LOSA	1	RECTO			
	2	CONTINUO	2	LOSA CON VIGAS DE Conc. Ref.	2	ESVIAJADO			
	3	ARCO	3	LOSA y VIGAS DE ACERO A. LL.	3	CURVO, VIGAS RECTAS DE IGUAL LONGITUD			
	4	OTRO	4	LOSA y VIGAS DE ACERO Cerch	4	CURVO, VIGAS RECTAS DIIFERENTE LONGITUD			
			5	LOSA CON VIGAS DE Conc. Pre	5	CURVO CON VIGAS CURVAS			
			6	SECCIÓN CAJÓN CONSTANTE	6	PLANTA TRAPECIAL			
		7	SECCIÓN CAJÓN VARIABLE						

Imagen 50: Selección de tipo de sección transversal, ítem (18) del formulario de inspección.

(15) Escribir el número que corresponda a la forma que presente el vano correspondiente, en planta, de acuerdo a la tabla del numeral (18) del formulario en **desarrollo en planta**, como se indica en la Imagen 51.

(12)	LONGITUDES DE LOS TRAMOS:		1	2	3	4	5	6	7
(13)	TIPO DE TRAMO:								
(14)	SECCIÓN TRANSVERSAL:								
(15)	DESARROLLO EN PLANTA:								
(16)	N° DE VIGAS LONGITUDINALES:								
(17)	N° DE VIGAS TRANSVERSALES:								
(18)	TIPOS DE TRAMOS		TIPOS DE SECCIÓN TRANSVERSAL			DESARROLLO EN PLANTA			
	1	VIGAS	1	LOSA	1	RECTO			
	2	CONTINUO	2	LOSA CON VIGAS DE Conc. Ref.	2	ESVIAJADO			
	3	ARCO	3	LOSA y VIGAS DE ACERO A. LL.	3	CURVO, VIGAS RECTAS DE IGUAL LONGITUD			
	4	OTRO	4	LOSA y VIGAS DE ACERO Cerch	4	CURVO, VIGAS RECTAS DIIFERENTE LONGITUD			
			5	LOSA CON VIGAS DE Conc. Pre	5	CURVO CON VIGAS CURVAS			
			6	SECCIÓN CAJÓN CONSTANTE	6	PLANTA TRAPECIAL			
		7	SECCIÓN CAJÓN VARIABLE						

Imagen 51: Listados de selección de tipo de desarrollo en planta, ítem (18) del formulario de inspección.

GUÍA DE INSPECCIÓN VISUAL EN PUENTES.

- (16) Indicar el **número de vigas longitudinales** para los **tipos de sección transversal: 2, 3, 4, 5 y 6**, de la tabla en la sección 18. Poner un guion (-) para los demás casos.
- (17) Colocar el **número de vigas transversales**, incluyendo las vigas transversales ubicadas en los extremos, para todos los casos de sección transversal. En el caso de sección tipo 1 (sección tipo Losa), se indicarán, si las hubiere, vigas transversales de refuerzo en los apoyos extremos.
- (18) La tabla especifica los posibles tipos de tramos existentes para los puentes en El Salvador, los tipos de sección transversal y el desarrollo en planta de estos mismos.
- (19) Tomar nota de la medida de **barandal izquierdo, cada de rodamiento y barandal derecho**, cada medida para estos elementos se colocarán en la celda junto del tipo de material con el que están hecho, como se indica en la imagen 52, cada medida tomada debe estar en m para los barandales y en m² para la capa de rodadura. Los elementos a tomar en consideración se encuentran representados en la imagen 53.

BARANDAL IZQUIERDO (m)		CAPA DE RODAMIENTO (m ²)		BARANDAL DERECHO (m)		
(19)	CONCRETO REFORZADO	175	ASFÁLTICA	25	CONCRETO REFORZADO	
	POSTES DE CONCRETO Y TUBO	↑	CONCRETO		POSTES DE CONCRETO Y TUBO	
	POSTES DE HIERRO Y TUBOS		GRAVA o TIERRA		POSTES DE HIERRO Y TUBOS	
	PLETINAS METÁLICAS		ACERO		PLETINAS METÁLICAS	
	OTRO (DESCRIBIR)		OTRO (DESCRIBIR)		OTRO (DESCRIBIR)	
DEFENSA VEHICULAR IZQUIERDA (m)		TIPO DRENAJES DE CALZADA (m)		DEFENSA VEHICULAR DERECHA (m)		
(20)	NEW JERSEY		TUBOS EN CALZADA	25	NEW JERSEY	
	POSTES Y HORIZ. DE Conc. Ref.	↑	CAJA PARRILLA		POSTES Y HORIZ. DE Conc. Ref.	
	METÁLICA FLEX BEAM		25		CUNETA	METÁLICA FLEX BEAM
	CONCRETO		OTRO (DESCRIBIR)		CONCRETO	
	OTRO (DESCRIBIR)				OTRO (DESCRIBIR)	

Imagen 52: Ejemplo de llenado de la sección de elementos componentes, para el ítem (19) y (20).

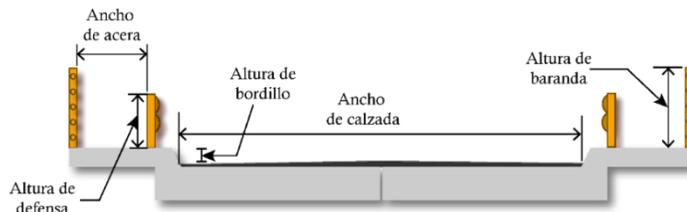


Imagen 53: Ubicación de medida para longitud y alturas.

- (20) Tomar nota de la medida de **defensa vehicular izquierda, tipo de drenaje en la calzada y defensa vehicular derecha**, cada medida para estos elementos se colocarán en la celda junto del tipo de material con el que están hecho, tal como se indica en la imagen 52, cada medida tomada debe estar en m, en el caso de los tipos de drenaje, al tener tuberías en la calzada o cajas se deben colocar adicional a las medidas de la cuneta (si estas existen).
- (21) En este ítem como se indica en la imagen 54, se especificarán para cada carril del puente las siguientes medidas:
 - Ancho de acera
 - Altura de bordillo

Cada una de las dimensiones se especificará en metros, en caso de no existir alguno de estos elementos, la dimensión a colocar será 0 m. En el caso de iluminación y señalización vertical u horizontal, se señalara la existencia de estas sobre el puente,

GUÍA DE INSPECCIÓN VISUAL EN PUENTES.

encerrando con un círculo, como se indica en la imagen 54. La altura de bordillos es medido desde la superficie de rodadura hasta el nivel superior, en metros y decimales.

		OTROS COMPONENTES					
(21)	ANCHO DE ACERA:	LADO IZQUIERDO	0.6	m	ILUMINACIÓN	SI	NO
		LADO DERECHO	0.6	m	SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL	SI	NO
	ALTURA DEL BORDILLO:	LADO IZQUIERDO	0.2	m	SEÑALIZACIÓN VERTICAL	SI	NO
		LADO DERECHO	0.2	m			

Imagen 54: Ejemplificación de llenado de la sección de otros elementos componentes, para el ítem (21) del formulario de inspección IBP - 1.

(22) En esta área de comentarios, se colocan las observaciones o especificaciones de elementos, materiales, tipo de puente u otro que no están considerados en el formulario pero que existen están presentes en la estructura.

FORMULARIO: INVENTARIO BÁSICO DE PUENTES - 2 (IBP-2)

En esta hoja del formulario, se especifican todos los datos estructurales importantes del puente, esvajes, ancho de calzada, pilas, fundaciones, entre otros.

(23) Se consignará el **año de construcción** cuando pueda determinarse por la existencia de una placa que lo indique o por referencia de pobladores o autoridades. Si el puente ha tenido una obra de reconstrucción, se registrará la fecha (año) de la reconstrucción.

Se registrará el **ancho de la calzada**, medido entre bordillos, como se indica en la imagen 55, en forma perpendicular al eje del puente y en el centro del mismo, en metros y decimas de metros.

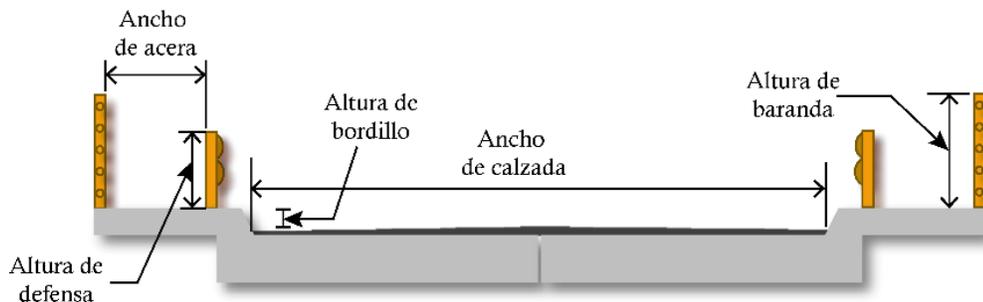
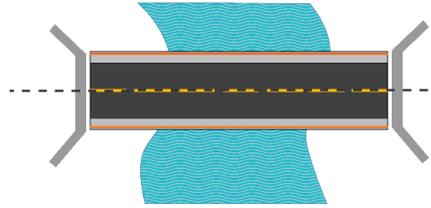


Imagen 55: Ubicación de medida para ancho de calzada.

Indicar si el puente es de ancho **constante**, cuando a simple vista se trate de un puente de ancho de calzada uniforme y **variable**, cuando a simple vista se trate de un puente cuyo ancho varía por ingreso o salida de una calzada adicional, tal como se muestra en la Imagen 56.

GUÍA DE INSPECCIÓN VISUAL EN PUENTES.

ANCHO DE CALZADA CONSTANTE



ANCHO DE CALZADA CONSTANTE

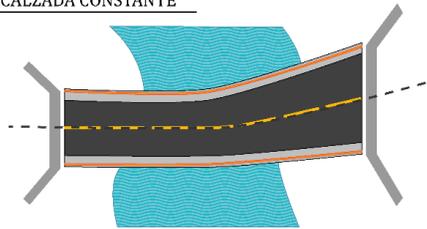


Imagen 56: Tipos de continuidad de sección de calzada.

- (24) Encerrar con un círculo si la estructura es **esviajada** o no. Se identifica el esviaje en el tablero de un puente, cuando la planta del tablero no es rectangular con respecto a la vía, esto quiere decir que la horizontal de los apoyos del tablero forman un ángulo distinto a 90 grados, con el eje longitudinal del tablero, similar a como se observa en la imagen A - 4.35.

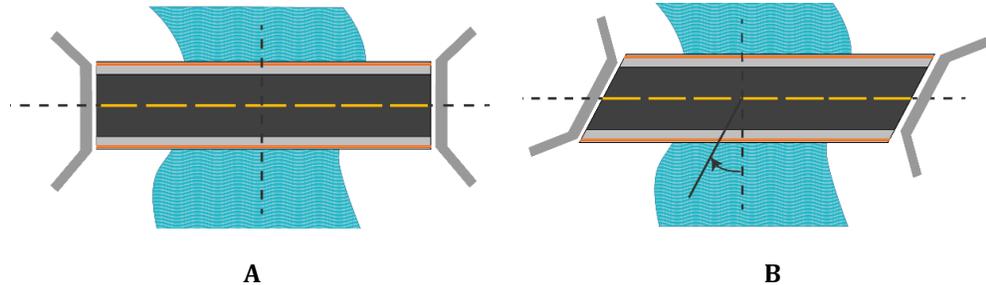


Imagen 57: Esviaje en puentes, A. Planta de puente sin esviaje, B. Planta de puente con esviaje

Indicar si la estructura posee **curvatura** en planta o no, cuando un puente presente características similares a la imagen 58.

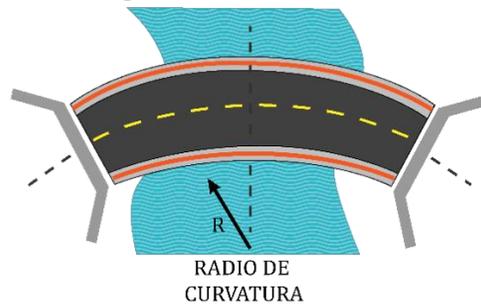


Imagen 58: Puente con estructura curva.

GUÍA DE INSPECCIÓN VISUAL EN PUENTES.

- (25) Indicar si existe **curva a la entrada y a la salida** del puente, considerando la dirección de las estaciones crecientes haciendo un círculo en la opción correcta. En caso afirmativo, indicar su radio aproximado, en metros.
- (26) Se colocará la medida del **gálibo vertical bajo el puente**, las unidades en que se tomará la medida es en metros.

Colocar la medida del **gálibo horizontal bajo el puente**, medido entre caras internas de pilas o estribos del puente, en metros y decimales (Ver imagen 59), en caso contrario, registrar con un (-).

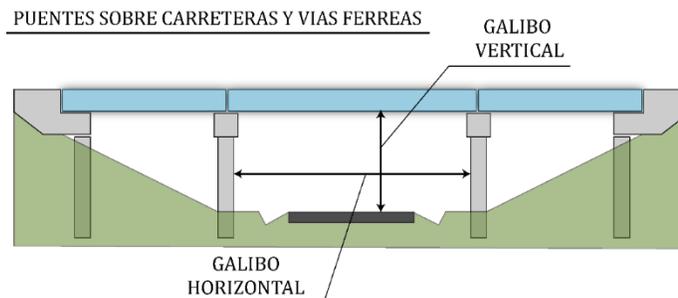


Imagen 59: Gálibo horizontal y vertical bajo el puente.

- (27) Se colocará la medida del **gálibo vertical sobre el puente**. En caso de disponer altura infinita por no haber obstáculos arriba, registrar con un (-).

Se colocará la medida del **gálibo horizontal, sobre el puente**, medido entre caras internas de vigas o cerchas principales o entre caras internas de defensas vehiculares o barandas peatonales, en metros y decimales. (Ver imagen 60)

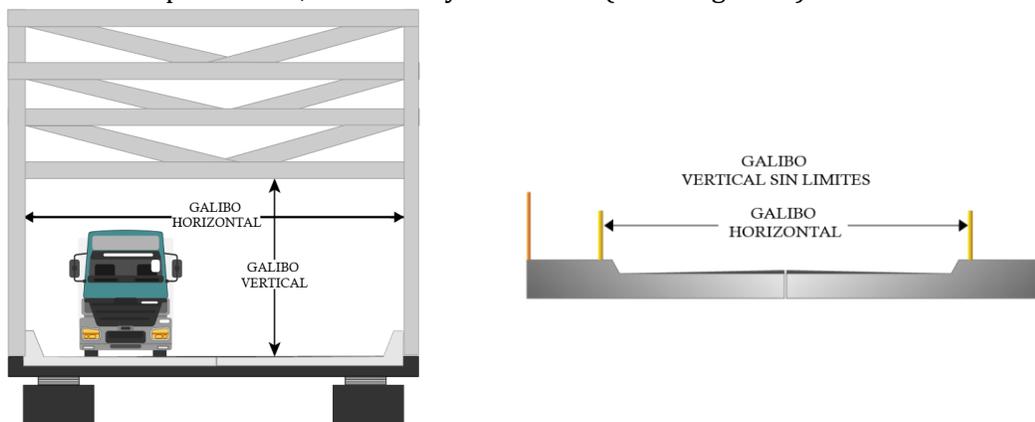


Imagen 60: Ejemplos de gálibo horizontal y vertical sobre un puente

- (28) Evaluar las condiciones de **visibilidad en el ingreso y visibilidad a la salida**, para un conductor que ingresa o sale del puente en el sentido creciente de las Estaciones y en el sentido contrario al creciente de las Estaciones. Encerrando con un círculo seleccionar la opción más adecuada según su criterio calificar si esta es “BUENA, REGULAR O MALA”.

GUÍA DE INSPECCIÓN VISUAL EN PUENTES.

(29) Indicar si la calzada tiene **pendiente en el ingreso** al puente encerrando con un círculo **SI** o **NO**.

Indicar si la calzada tiene **pendiente en la salida** del puente encerrando con un círculo **SI** o **NO**.

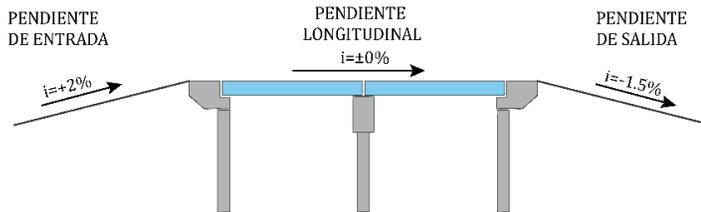


Imagen 61: Puente con alineamiento vertical recto.

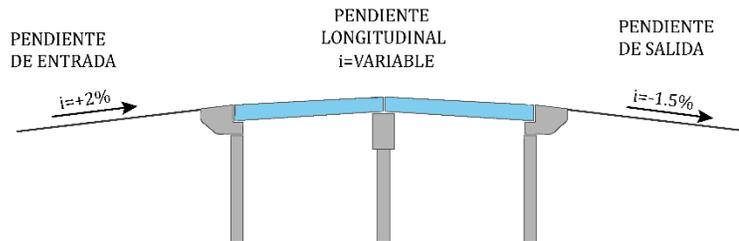


Imagen 62: Puente con alineamiento en curva convexa.

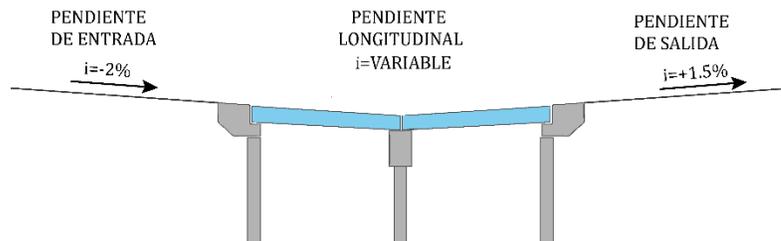


Imagen 63: Puente con alineamiento en curva cóncava.

(30) Indicar si la calzada tiene **pendiente transversal** del puente haciendo un círculo en la opción adecuada y así de igual manera encerrar con un círculo si posee o no **peralte** y si es que posee o no **bombeo**.

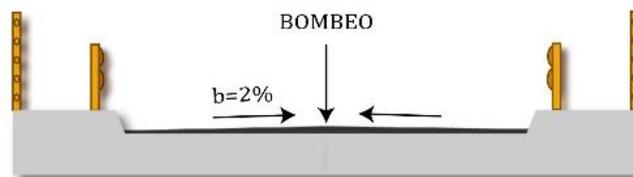


Imagen 64: Pendiente transversal de sección de puente. Pendiente por bombeo.

GUÍA DE INSPECCIÓN VISUAL EN PUENTES.

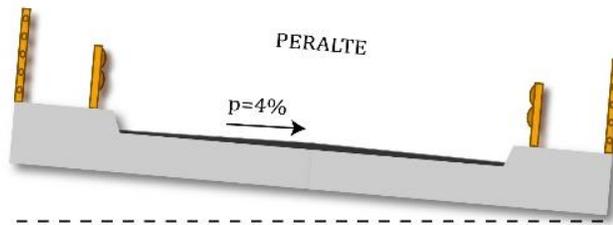


Imagen 65: Pendiente transversal de sección de puente. Pendiente por peralte.

- (31) Se debe colocar el número correspondiente al tipo de pila que existe entre el tramo saliente y entrante del puente, de acuerdo al listado que se muestra en el numeral (40) **tipo de pila**, como se indica en la imagen 67.
- (32) Registrar el número correspondiente al tipo de fuste, de acuerdo al listado del numeral (40) **tipo de fuste**, tal como se muestra en la imagen 67 para TIPO DE PILA.
- (33) Registrar el **número de columnas** para los tipos de pilas 1, 6, 7 y 8 del listado del numeral (40) Tipo de pila.

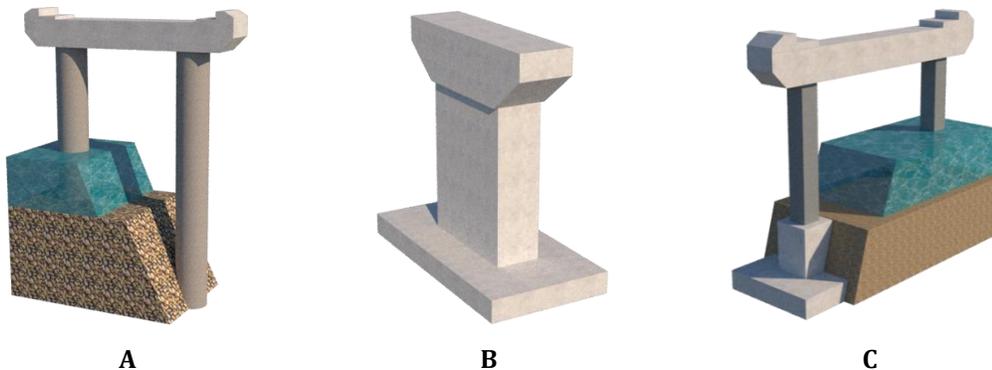


Imagen 66: Ejemplo de fustes que conforman las pilas, en columnas o pantallas. A- columnas circulares, B- pantalla, C- Columnas cuadradas

		1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8
(31)	TIPO DE PILA:	-						
(32)	TIPO DE FUSTE:	-						
(33)	NÚMERO DE COLUMNAS:	-						
(34)	TIPO DE BASE:	-						
(35)	TIPO DE FUNDACIÓN:	-						
(36)	APOYOS TRAMO QUE LLEGA:	-						
(37)	APOYOS TRAMO QUE SALE:	-						
(38)	TIPO DE JUNTA:	-						
(38)	CANTIDAD DE JUNTAS SEGUN TIPO:	-						
(39)	TOPES ANTISISMICOS (SI/NO):	-						

(40)	TIPOS DE PILA		TIPOS DE FUSTE			TIPOS DE BASE	
	1	MARCO	1	COLUMNAS CIRCULARES	1	BASE CONCRETO	
	2	PANTALLA	2	COLUMNAS ELÍPTICAS	2	CABEZAL DE PILOTES	
	3	MARTILLO	3	COLUMNAS RECTANGULARES	3	GAVIONES	
	4	SECCIÓN CAJÓN	4	PANTALLA SECCIÓN CONSTANTE			
	5	MASIVA	5	PANTALLA SECCIÓN VARIABLE			
	6	PILA-PILOTE	6	MASIVA DE MAMPOSTERÍA			
	7	METÁLICA PERFILES	7	MASIVA DE CONCRETO SIMPLE			
	8	METÁLICA TUBOS	8	MASIVA DE GAVIONES			
			9	SECCIÓN CAJÓN			
			10	COLUMNAS DE ACERO			

Imagen 67: Ejemplo de llenado de la sección de tipo de pila del formulario de inspección.

GUÍA DE INSPECCIÓN VISUAL EN PUENTES.

- (34) Registrar el número correspondiente al tipo de base que posea la pila de acuerdo al listado del numeral (40), **Tipos de base**.
- (35) Registrar el número correspondiente al tipo de fundación según se muestra en el listado del numeral (41) **Tipo de fundación**, tal como se indica en la imagen 68.

PILA QUE SOPORTA LOS TRAMOS							
	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8
(31) TIPO DE PILA:	-						
(32) TIPO DE FUSTE:	-						
(33) NÚMERO DE COLUMNAS:	-						
(34) TIPO DE BASE:	-						
(35) TIPO DE FUNDACIÓN:	-						
(36) APOYOS TRAMO QUE LLEGA:	-						
(37) APOYOS TRAMO QUE SALE:	-						
(38) TIPO DE JUNTA:	-						
(38) CANTIDAD DE JUNTAS SEGUN TIPO:	-						
(39) TOPES ANTISÍSMICOS (SI/NO):	-						

	TIPO DE FUNDACIÓN	CANTIDAD	DIMENSIONES	COTA DE FUNDACIÓN
(41)	1 DIRECTA	1	2.00 x 8.00 x 1.50 m	2.50 m
	2 PROFUNDA			
	3 OTRA:			

Imagen 68: Ejemplo de llenado de la sección de tipo de fundación del formulario de inspección.

- (36) Registrar el número correspondiente al tipo de dispositivos de **apoyo del tramo que llega** del tramo que llega a la pila en el sentido de las estaciones crecientes, de acuerdo al listado del numeral (42) **Dispositivos de apoyo** y de manera similar a la indicada en la imagen 68. En el caso de vanos isostáticos, serían los apoyos en cada tramo.

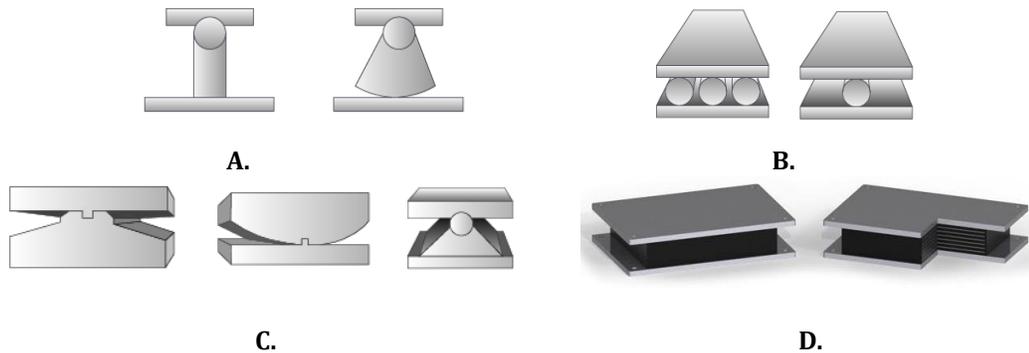


Imagen 69: Tipo de apoyos en puentes. A- Apoyo tipo balancín, B- Apoyo tipo rodillo, C- Apoyo fijo, D- Placas de neopreno.

- (37) Registrar el número correspondiente al tipo de dispositivos de **apoyo del tramo que sale** de la pila en el sentido de las Estaciones crecientes, de acuerdo a listado del numeral (42) **Dispositivos de apoyo** y de manera similar a la indicada en la imagen 70.

GUÍA DE INSPECCIÓN VISUAL EN PUENTES.

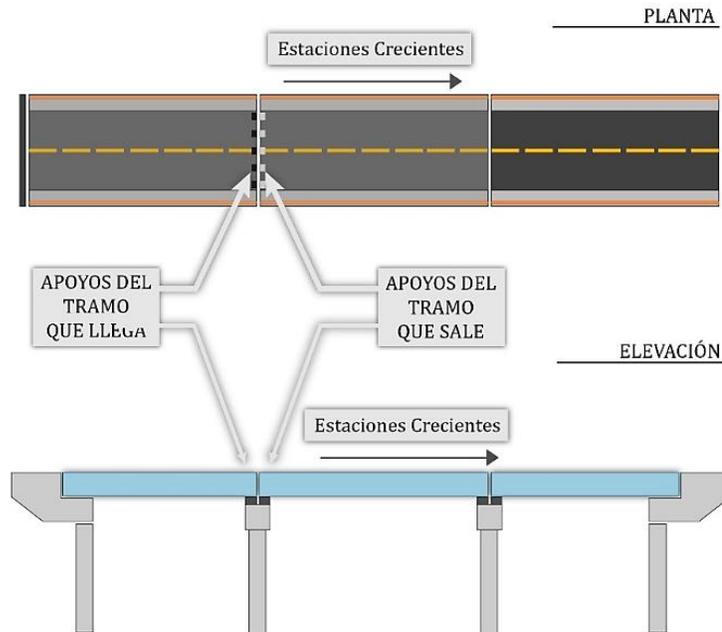


Imagen 70: Ubicación de dispositivos de apoyo por tramo.

- (38) Registrar el número correspondiente al tipo de junta, de acuerdo al listado del numeral (43) **tipos de juntas** y de manera similar a la indicada en la imagen 68.
- (39) Indicar con **SI** o **NO**, la existencia de topes antisísmicos en la viga de apoyo de la pila.
- (40) Listado de correlativos de identificación para **tipos de pilas, tipos de fuste y tipos de base**, para completar los numerales (31), (32) y (34).
- (41) Listado del tipo de fundación, en esta se debe registrar la cantidad de elementos por tipo (en caso de existir más de un tipo fundación para un puente), se debe de colocar las dimensiones de estas y su respectiva cota de fundación.
- (42) Listado de correlativos de identificación para tipos de dispositivos de apoyo, para completar el numeral (36) y (37).
- (43) Listado para **tipos de juntas**, con este se complementa el numeral (38).
- (44) Comentarios: en este se incluyen todos los comentarios que desee incluir el Inspector para indicar cualquier situación no contemplada en esta hoja del formulario.

FORMULARIO: INVENTARIO BÁSICO DE PUENTES - 3 (IBP - 3)

- (45) Registra medidas de longitud (L), ancho(A) y altura (H), de los estribos, inicial y final en la celda correspondiente.

ESTRIBO FINAL	L= 12 m	A= 10 m	H= 6 m
----------------------	---------	---------	--------

Imagen 71: Ejemplo de llenado de la sección de dimensiones de estribo del formulario de inspección.

GUÍA DE INSPECCIÓN VISUAL EN PUENTES.

Encerrar con un círculo el **TIPO DE ESTRIBO** que corresponde a la estructura del puente tanto al inicio como al final del puente (algunos ejemplos son mostrados en la imagen 72), como se indica en la imagen 73. En el caso de tener un tipo de estribo de gravedad, se debe de encerrar con un círculo el tipo de material con el que está construido.

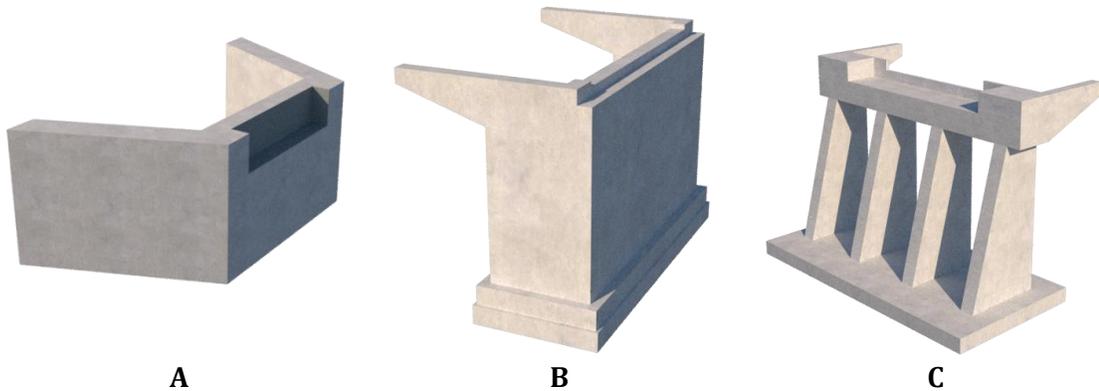


Imagen 72: A- Estribo masivo o de gravedad, B- Estribo cerrado, aleros paralelos, C- Estribo abierto o falso estribo.

ESTRIBO INICIAL		L= 12 m	A= 10 m	H= 6 m	ESTRIBO FINAL		L= 12 m	A= 10 m	H= 6 m
45		CERRADO					CERRADO		
		ABIERTO					ABIERTO		
			MAMPOSTERÍA				MAMPOSTERÍA		
		DE GRAVEDAD		CONCRETO			DE GRAVEDAD		CONCRETO
		GAVIONES					GAVIONES		

Imagen 73: Ejemplo de llenado de estribo de gravedad en el formulario de inspección.

(46) En este ítem se especificará encerrando con un círculo, como se indica en la imagen 74, la geometría de los **aleros**, (monolíticos con la parte frontal del estribo) si son paralelos o inclinados, para cada extremo del puente. Si se tratase de puentes sobre vías o carreteras, se utilizará el campo aguas arriba para el lado derecho considerado en el sentido de avance de las estaciones y aguas abajo, el lado izquierdo.

(46)	ALEROS	A. ARRIBA	PARALELO	ALEROS	A. ARRIBA	PARALELO
			INCLINADO			INCLINADO
		A. ABAJO	PARALELO		A. ABAJO	PARALELO
		INCLINADO			INCLINADO	
(47)	ALETONES	A. ARRIBA	PARALELO	ALETONES	A. ARRIBA	PARALELO
			INCLINADO			INCLINADO
		A. ABAJO	PARALELO		A. ABAJO	PARALELO
		INCLINADO			INCLINADO	

Imagen 74: Ejemplificación de llenado de tipo de aleros y aletones del formulario de inspección IBP - 3.

(47) Se encerrará con un círculo como se indica en la imagen 74, las características de los **aletones**, estos son constituidos por muros de sostenimiento o encauzamiento,

GUÍA DE INSPECCIÓN VISUAL EN PUENTES.

construidos en forma independiente con respecto al estribo. En caso de no existir aletones, los espacios no se llena ninguno de los espacios.

- (48) Encerrar con un círculo el tipo de dispositivo de apoyo dispuesto en el estribo considerado, en caso de poder identificarse durante la inspección. Se han listado los tipos de apoyo que pueden llegar a encontrarse, aun cuando varios de ellos no han tenido aplicación hasta el momento en el país. En el caso de no existir, registrar NO HAY en Observaciones

DISPOSITIVOS DE APOYO		DISPOSITIVOS DE APOYO		
(48)	NO VISIBLE	CHAPA DE ACERO	NO VISIBLE	CHAPA DE ACERO
	LÁMINA DE ASFALTO	CHAPA DE PLOMO	LÁMINA DE ASFALTO	CHAPA DE PLOMO
	<u>NEOPRENO</u>	RODILLO METÁLICO	NEOPRENO	RODILLO METÁLICO
	NEOPRENO CONFINADO	BIELA	NEOPRENO CONFINADO	BIELA
	NO EXISTE	OTRO	<u>NO EXISTE</u>	OTRO

Imagen 75: Ejemplo de llenado de tipo dispositivos de apoyo para estribos en ambos extremos de un puente en el formulario de inspección.

- (49) Encerrar en un círculo si el estribo tiene o no tiene topes antisísmicos.
- (50) Colocar la cantidad de fundación, dimensiones y cotas (en caso de conocerlas o poderlas determinar) por tipo existente en el puente inspeccionado.
- (51) El ítem muestra los posibles materiales de los que se encuentran revestidos los taludes en los estribos
- (52) en la casilla de la columna “material”, se debe de colocar el tipo de material existente en el talud derecho de los estribos (tanto inicial como final), de acuerdo con el listado del numeral (51) Materiales de revestimiento.

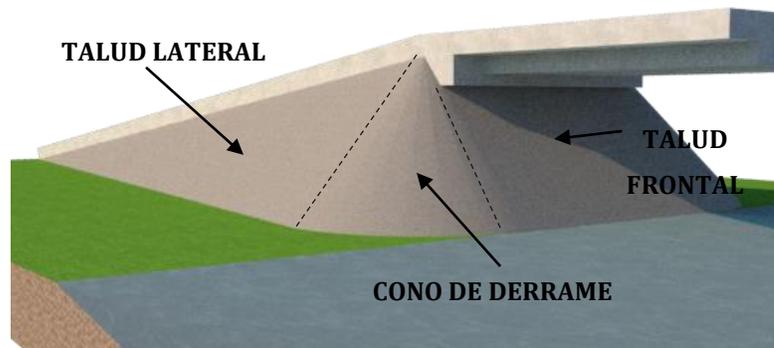


Imagen 76: Revestimiento en taludes y conos de derrame.

- (53) En este ítem en la casilla de material, se debe de colocar el tipo de material con el que se encuentra revestido el cono de derrame, de acuerdo con el listado del numeral (51) **materiales de revestimiento**, cuando este existe.
- (54) En este ítem en la casilla de material se debe de colocar el tipo de material con el que se encuentra revestido el talud frontal, de acuerdo con el listado del numeral (51) **materiales de revestimiento**, cuando este existe.

GUÍA DE INSPECCIÓN VISUAL EN PUENTES.

- (55) En la casilla de la columna “material”, se debe de colocar el tipo de material existente en el talud izquierdo de los estribos (tanto inicial como final), de acuerdo con el listado del numeral (51) **materiales de revestimiento**.
- (56) En la casilla de la columna “material”, se debe de colocar de tipo de material con el que está construida la fundación del revestimiento (tanto inicial como final), de acuerdo con el listado del numeral (51) **materiales de revestimiento**.

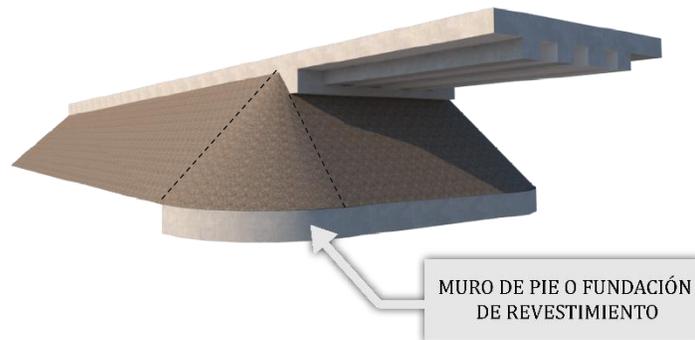


Imagen 77: Ubicación de muro de pie o fundación de revestimiento.

- (57) En esta sección, se indica **si existe** losa de aproximación en los accesos tanto al inicio como al final de puente, se debe de colocar la longitud de la losa en metros.
- (58) Encerrar en un círculo el tipo de drenaje existente en el estribo según los tipos indicados en este ítem.
- (59) Encerrar en un círculo, el tipo de defensa vehicular en el acceso al puente del lado del estribo considerado.
- (60) En esta sección del formulario, se muestra una tabla con el listado de diferentes tipos se juntas que pueden existir en el puente.
- (61) Indicar el tipo de junta existente al inicio del puente, de acuerdo a la tabla mostrada en el numeral (60).
- (62) Indicar el tipo de junta existente al final del puente, de acuerdo con la tabla mostrada en el numeral (60).
- (63) Comentarios: Se agregan todos los comentarios que desee el Inspector para indicar cualquier situación que no se encuentre contemplada en esta hoja del formulario.

FORMULARIO: INVENTARIO BÁSICO DE PUENTES - 4 (IBP - 4)

Esta hoja del formulario está destinada a proporcionar esquemas representativos de las estructuras inspeccionadas.

GUÍA DE INSPECCIÓN VISUAL EN PUENTES.

- (64) En este ítem se deben de realizar esquemas de la sección transversal acotado del puente inspeccionado, tomando como base a las dimensiones tomadas a cada elemento del puente, indicando materiales y elementos visibles en caso de tener planos, se registran los planos.

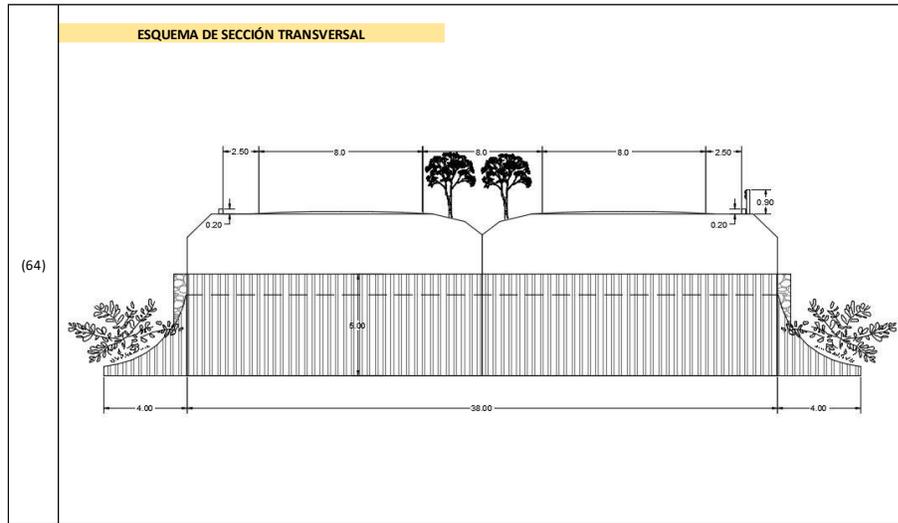


Imagen 78: Ejemplo de esquema de sección transversal de un puente Súper Span.

- (65) En esta sección se deben de realizar esquemas tanto de la sección longitudinal a escala, en caso de tener planos, se registran los planos, pero si estos no se poseen, se debe de hacer los esquemas del puente con base a las dimensiones tomadas a cada elemento del puente, indicando materiales y elementos visibles.

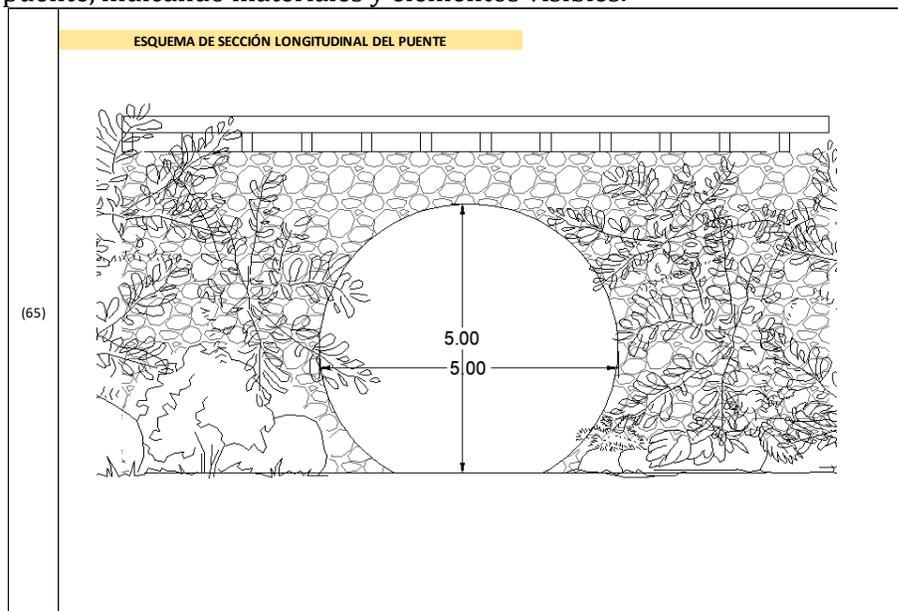


Imagen 79: Ejemplo de esquema de sección longitudinal de un puente Súper Span.



V. Guía de llenado para formulario de Inventario de Estado de Condición de Puentes (IECP).

A continuación, en esta sección se presentan los lineamiento importantes para poder realizar una inspección visual de puentes en la que se califique un daño con respecto a la apreciación y experiencia del inspector, ya que esta apreciación es de mucha importancia para determinar el estado de condición de un puente en un momento específico y a partir de este determinar acciones futuras para ese puente.

FORMULARIO: INVENTARIO DE ESTADO DE CONDICIÓN DEL PUENTE

Con este formulario, se evaluará cada daño presente en la estructura del puente para cada elemento que conforman el mismo, por lo tanto, el inspector primeramente debe identificar el tipo de puente y en base al formulario de IECP (mostrado en la imagen 80) identificar cada elemento y marcarlo en la casilla de identificación del mismo.

La primera sección está destinada a registrar la identificación del puente evaluado para lo cual se deben de registrar los siguientes ítems:

- ✚ Registrar el **número del puente, tipo de puente, ruta y departamento** en el que se encuentra ubicado el puente evaluado, conforme a lo registrado en el formulario IBP.
- ✚ Se debe registrar la **fecha** en la cual se está llevando a cabo la inspección. Nombre y apellido del inspector jefe, nombre y apellido del técnico de control de calidad.
- ✚ Para registrar el tramo en el que está comprendido el puente, se coloca el nombre la calle o avenida desde donde se **origina el tramo hasta la finalización del tramo**.

La segunda sección corresponde a la evaluación de daños presentes en los elementos del puente, con apoyo de la sección de catálogo de daños, se debe de identificar el código ID del daño observado y colocarlo en la casilla correspondiente, para el elemento que lo posee y con cada daño se deberá calificar con base a los siguientes términos:

- Consecuencia del daño.
- Severidad del daño.

Consecuencias del daño.

La consecuencia de un daño se considera como todo **aquellos que resulta afectado por causa de ese daño, es un efecto o resultado de la presencia de estos en un elemento del puente**. En la evaluación de consecuencia del daño en un elemento se realiza una división en 3 grupos:

1. **Daños que afectan la estructura/capacidad de carga del puente:** Se consideran todos aquellos daños que el inspector detecte en el puente y que a su criterio profesional, este afecta la estructura y capacidad de carga del puente, y que a corto o largo plazo generarán inestabilidad en la estructura.



GUÍA DE INSPECCIÓN VISUAL EN PUENTES.

2. **Daños que afectan la seguridad en el tránsito vehicular y/o peatonal:** Se consideraran todos aquellos daños donde se ve afectada la seguridad y comodidad de los usuarios, tanto peatones como de paso vehicular.
3. **Daños que afectan la estética del puente:** Se asigna todo tipo de daño que genere mal aspecto al área superficial del puente.

Nota: Los daños que se detecten durante una inspección de puentes, pueden afectar o influir en más de una de las consecuencias de daño catalogadas anteriormente, esto indica que, un daño puede afectar de igual o diferente forma en las tres categorías descritas (estructura, seguridad y estética), puede afectar o influir en dos categorías o solamente en una, todo depende del tipo de daño, la apreciación del inspector de puentes.

Severidad del daño.

Para lograr una calificación apropiada para las consecuencias de daño, se asignará un grado de severidad a cada consecuencia por daño, es decir que cada daño identificado con la consecuencia en cada elemento, se le deberá asignar la gravedad del estado del mismo, indicando el grado de deterioro de un elemento, por apreciación y experiencia del inspector.

Para la asignación del nivel de severidad, se consideran cuatro grados, leve (L), moderado (M), grave (G) y crítico (C); cada nivel de severidad indica:

Leve (L): daños con poca influencia en el desempeño de los elementos del puente; empieza la existencia del daño en un elemento, por tanto la existencia de este no afecta el desempeño, pero que a largo o corto plazo hay que tratarlos para evitar el avance del deterioro en el elemento.

Moderado (M): es la calificación indica que debe realizarse una intervención de mantenimiento en el puente para que el daño no se siga desarrollando o avanzando, ya que el desarrollo de este podría generar daños o tener consecuencias más graves al no tratarlos.

Grave (G): para un daño que se encuentra en un elemento de forma muy avanzada, donde la presencia de este afecta gravemente la estabilidad del puente cuando se trata de la estructura, mientras que en la seguridad vial y la estética el daño se considera como grave cuando el deterioro es muy avanzado.

Crítico (C): para un daño muy avanzado que indica deterioro muy elevado en un elemento y afecta mucho a la estructura, estética o seguridad vial en el puente, el daño requiere de atención especial o inmediata porque podría indicar falla estructural, o compromete mucho la seguridad del usuario del puente.

Porcentaje de área dañada.

Para terminar la evaluación de un elemento para un daño, en la misma fila de la descripción de ID del daño, consecuencia del daño y severidad, se debe indicar el porcentaje de área que se considera afectada para el elemento con respecto al 100 % de su área total; es decir, si un puente de vigas tiene únicamente 5 vigas longitudinales, el área superficial de esas 5 vigas son el 100% de ese elemento, y, si solo la mitad de 1 de las 5 vigas muestra daño (para un ID de daño identificado), este equivaldría al 10% del área dañada en el elemento "Vigas longitudinales" (elemento primario en un puente de tipo vigas).



GUÍA DE INSPECCIÓN VISUAL EN PUENTES.

FORMULARIO IECP-1 INVENTARIO DE ESTADO DE CONDICIÓN DEL PUENTE

ID de PUENTE:		RUTA:		FECHA:					
TIPO DE PUENTE:		DEPARTAMENTO:		DESDE:					
INSPECTORES:		TRAMO:		HASTA:					
ESTRUCTURA	ELEMENTOS ESTRUCTURALES	1 Elementos Principales	Exist. de elemento	ID DE DAÑO	ESTRUCTURAL	ESTÉTICA	SEGURIDAD VIAL	% ÁREA DAÑADA	
		2 Elementos Secundarios							
		3 Elementos Terciarios							
		4 Elementos de 4to Nivel							
	ELEMENTOS FUNCIONALES	5 Superficie de Rodamiento							
		6 Defensas de Tráfico							
		7 Barandales							
		8 Bordillos y Aceras							
		9 Juntas							
		10 Drenales							
		11 Señalamiento Horizontal							
		12 Luminarias							
APOYOS	13 Aparatos de Apoyo								
	14 Dados de Apoyo								
PILAS	15 Vigas de Apoyos								
	16 Trabes Antisísmicas								
	17 Columnas								
	18 Viga Transversal Intermedia								
	19 Muros								
	20 Arriostramiento Diagonal								
SUB ESTRUCTURA	21 Viga de Apoyos								
	22 Trabes Antisísmicas								
	23 Muro Superior								
	24 Muro Inferior								
	25 Columnas								
	26 Aleros								
	27 Alerones								
	28 Drenaje								
FUNDACIONES	29 Zapata								
	30 Viga de Amarre								
	31 Cabeza de Pilotes								
	32 Pilotes								
TERRAPLENES	33 Emplantillado								
	34 Revestimiento Frontal								
	35 Revestimiento de Cono de Derrame								
	36 Revestimiento Lateral								
	37 Murete al Pie del Talud								
	38 Losa de Aproximación								
ACCESOS	39 Drenajes de Accesos								
	40 Defensas en Accesos								
	41 Terraplenes								
	42 Señalamiento Vertical								
SEÑALES	43 Señalamiento Horizontal								

Imagen 80: Formulario IECP para evaluación de daños en la estructura de un puente.

GUÍA DE INSPECCIÓN VISUAL EN PUENTES.

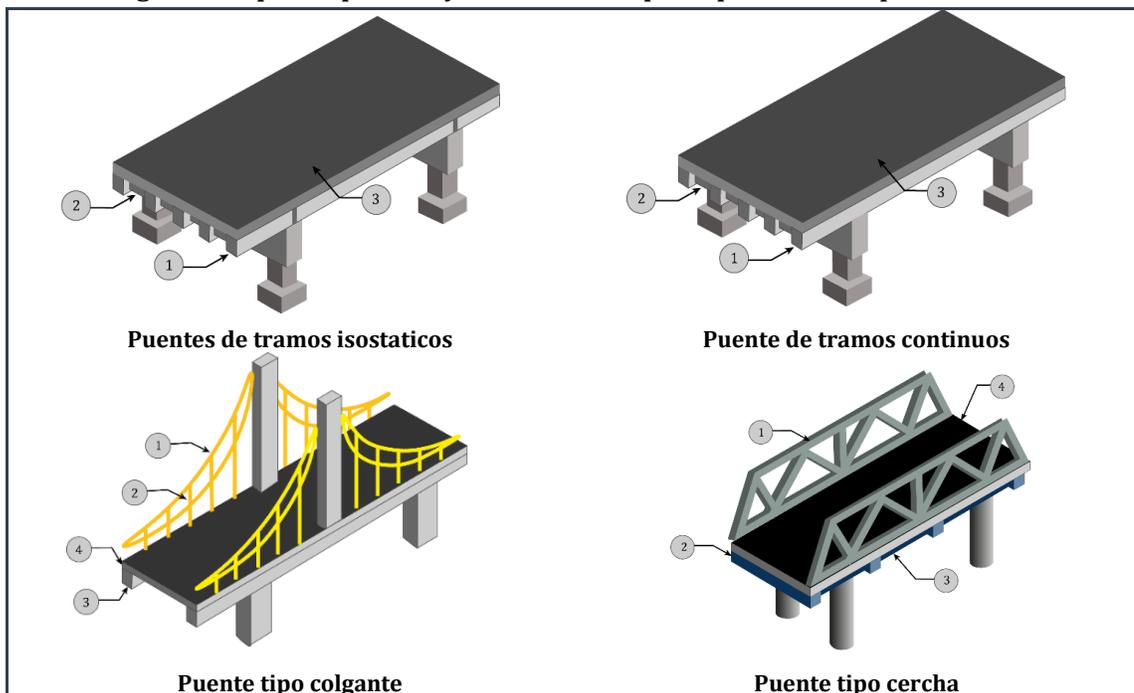
Para una fácil y práctica identificación de cuáles son los elementos principales, secundarios, terciarios y de 4^{to} nivel de un puente en cada tipología, se tiene la tabla 3, en la cual se indica para cada tipo que elemento que conforma la estructura del puente se consideran en ese orden jerárquico.

Tabla 1: Elementos establecidos de acuerdo a su función en la estructura.

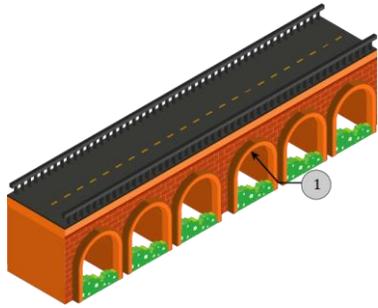
Elementos Tipo de puente		Principales ①	Secundarios ②	Terciarios ③	De 4to nivel ④
VIGAS	<i>Tramos isostáticos</i>	Vigas longitudinales	Vigas transversales	Losas	
	<i>Tramos continuos</i>	Vigas longitudinales	Vigas transversales	Losas	
	<i>Viga cajón</i>	Viga cajón	Vigas transversales	Losas	
OTROS	<i>Colgante</i>	Cables principales	Tirantes	Vigas de rigidez	Losas
METÁLICOS	<i>Cercha</i>	Cercha	Vigas transversales/ Arriostramiento	Largueros	Losas
	<i>Bailey</i>	Cercha	Vigas transversales/ Arriostramiento	Largueros	Losas
LOSA	<i>Losa</i>	Losa			
	<i>Caja</i>	Losa	Refuerzos de borde		
ARCOS	<i>Arcos de mampostería</i>	Arco	Muros laterales		
	<i>Arco tablero superior</i>	Arco	Pendolas	Vigas de rigidez	Losas
	<i>Arco tablero inferior</i>	Arco	Pendolas	Vigas de rigidez	Losas
	<i>Bóveda</i>	Arco	Muros verticales		
Súper spam		Arco chapa	Muros laterales		

A continuación en la imagen 81, se indican los elementos descritos en la tabla 3, señalando con un número (1) el tipo de elemento primario, (2) para secundario, (3) para terciario y (4) si es de cuarto nivel.

Imagen 81: Tipos de puentes y sus elementos principales en la superestructura.



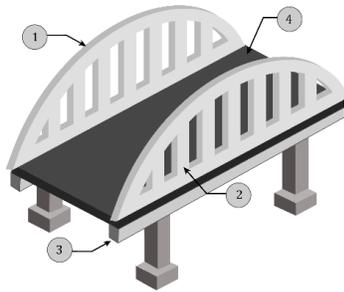
GUÍA DE INSPECCIÓN VISUAL EN PUENTES.



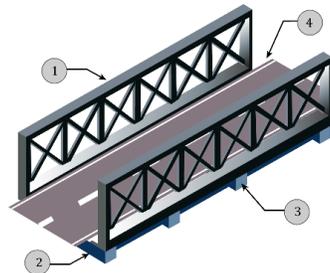
Puente de arco de mampostería



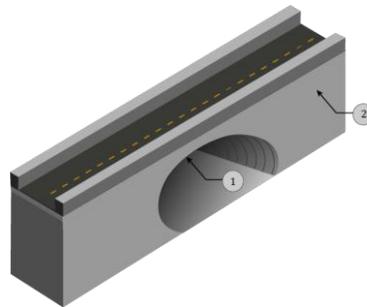
Puente de arco de tablero superior



Puentes de arco de tablero inferior



Puentes tipo bailey



Puente tipo súper span

VI. Catálogo de daños en estructura de puentes.

Para comprender cada uno de los daños que forman el catálogo propuesto, mismos que pueden ocurrir en un puente indistintamente la tipología que presentan, se muestra en este catálogo la identificación de cada daño, en dos partes;

- Primera hace mención directa de la clasificación de los daños por tipo de elemento o material con el cual los puentes fueron construidos, mostrando la información necesaria para poder comprender que produce el daño y como se puede identificar así como el listado de posibles daños que puede tener el elemento sometido a evaluación;
- Segunda parte muestra el detalle de cada tipo de daño individualmente mostrando tanto concepto como imágenes que sirven para realizar una evaluación del elemento en cuestión.

Listado de daños y su codificación

ID DAÑO	TIPO DE DAÑO
D-001	Ahuellamiento
D-002	Piel de cocodrilo.
D-003	Grieta de reflexión de junta (de losas de concreto de cemento portland)
D-004	Grietas longitudinales y transversales (no son de reflexión de losas de concreto de cemento Portland).
D-005	Desgaste superficial
D-006	Meteorización/ Desprendimiento de agregados
D-007	Baches en el pavimento
D-008	Parcheo.
D-009	Grieta de esquina.
D-010	Grietas lineales (Grietas longitudinales, transversales y diagonales).
D-011	Parche
D-012	Señales Confusas
D-013	Señales ilegibles (Horizontal y vertical)
D-014	Defensas y Barandales Deformadas
D-015	Faltante o deformación de elemento de Junta
D-016	Obstrucción en Junta de dilatación
D-017	Deformación en el apoyo
D-018	Apoyos Desplazados
D-019	Apoyos Mal Orientados
D-020	Grieta o fractura en el apoyo
D-021	Sumidero Sobre elevado
D-022	Drenajes con Tubos Cortos
D-023	Fisuras y grietas de Contracción o Retracción
D-024	Fisuras y grietas de Corte
D-025	Fisuras y grietas de Flexión



GUÍA DE INSPECCIÓN VISUAL EN PUENTES.

D-026	Fisuras y grietas de Torsión
D-027	Filtraciones
D-028	Eflorescencias
D-029	Contaminación del concreto
D-030	Delaminación
D-031	Desprendimiento de Concreto
D-032	Recubrimiento inadecuado y Exposición del acero de refuerzo
D-033	Corrosión de piezas de acero de refuerzo en el Concreto
D-034	Colmenas
D-035	Oxidación del piezas metálicas
D-036	Corrosión de Piezas metálicas
D-037	Anclaje Suelto o Desprendido
D-038	Anclaje Deficiente
D-039	Cables Corroídos
D-040	Falta de Pintura
D-041	Ampollas
D-042	Descascaramiento
D-043	Abolladura
D-044	Rotura de pernos
D-045	Pernos Flojos
D-046	Remaches Flojos
D-047	Pernos Faltantes
D-048	Remaches Faltantes
D-049	Losa de Aproximación Hundida
D-050	Losa de Aproximación No Visible
D-051	Losa de Aproximación Rotada
D-052	Socavación en la fundación
D-053	Fundaciones Cedidas
D-054	Asentamientos
D-055	Estribos desplazados
D-056	Revestimiento Perforado
D-057	Pérdidas de material
D-058	Huecos
D-059	Crecimiento de Vegetación
D-060	Suciedad
D-061	Elementos Faltantes
D-062	Deformación Excesiva
D-063	Deformación Permanente
D-064	Vibración Excesiva
D-065	Destrucción
D-066	Fijaciones Deficientes
D-067	Elemento Ineficiente
D-068	Impactos



Clasificación de daños típicos en estructuras de puentes por tipo de elemento evaluado y/o tipo de material.

La lista mostrada anteriormente con los diferentes tipos de daños que pueden existir en las estructuras de puentes en El Salvador, está destinada a ayudar en la evaluación de la importancia de cualquier daño a los puentes individuales de manera adecuada y correcta.

Esta lista se ha dividido en secciones que tratan los tipos de daños por materiales, elementos y accesorios habituales que se encuentran en un puente, con el objetivo de mostrar la descripción de las posibles causas de forma general para cada sección, además de mostrar una agrupación de daños para un tipo de elemento o material que permita una identificación de la presencia de estos en los elementos de forma más fácil, aunque existan daños que pueden estar en dos o más secciones diferentes. Las secciones son:

- ✚ Daños en capa de rodadura.
- ✚ Daños en drenajes, accesos, defensas y barandales.
- ✚ Daños en juntas de dilatación y apoyos.
- ✚ Daños en elementos de concreto.
- ✚ Daños en elementos metálicos.
- ✚ Daños en elementos de mampostería.
- ✚ Daños en elementos de fundaciones.

Cada una de estas secciones se dividen en diferentes tipos de daños que pueden afectarlos, estos tipos de daños se mostraron en el listado inicial, pero en estas secciones se han clasificado los daños para cada una de ellas según el tipo de daño en el material, elemento o accesorio.

✚ Daños en capa de rodadura.

Son aquellos daños que ocurren en la capa de rodadura, ya que es quien recibe directamente la combinación de ataques físicos durante el uso diario de la vía; estos ataques corresponden a Ataques químicos, Ataques mecánicos y Abrasión, los cuales debido a su presencia ocasionan daños significativos en la misma, por lo que pueden comprometer tanto la durabilidad como la funcionalidad requerida para este elemento si no son tratados a la brevedad posible.

Pavimentos asfálticos o flexibles.

En general, para tableros de puentes muy flexibles no se diseñan pavimentos de espesores superiores a 10 cm, incluso podrían ser menores, donde no se emplean espesores de pavimento superiores a 5 cm. Los tipos de deterioro que normalmente se dan a este tipo de pavimento pueden corresponder a desgaste superficial, falla en el material asfáltico, desprendimiento del material entre otros.



GUÍA DE INSPECCIÓN VISUAL EN PUENTES.

Pavimentos de concreto o rígidos.

Se trata de una solución monolítica (en algunos casos en conjunto con la losa del puente, y en otros solo la capa que se considerará como capa de rodadura del puente) en que los 5 cm superiores se consideran como capa de rodadura. Ello exige un concreto resistente y textura superficial adecuada. Los tipos de deterioro que generalmente se dan a este tipo de pavimento son el desgaste superficial, grietas o fracturas, entre otros.

Posibles causas de deterioro

- ✓ Deficiencia en el diseño cuando la vía está sometida a cargas de tránsito muy altas.
- ✓ Proceso constructivos deficientes.
- ✓ Contaminación de la capa de rodadura con derivados del petróleo
- ✓ Obras de drenaje deficiente.
- ✓ Obras de construcción, mantenimiento y reparación mal ejecutadas
- ✓ Acción intensa de agua o de agentes abrasivos

Posibles daños en la capa de rodadura

D-001 Ahuellamiento	D-008 Parcheo.
D-002 Piel de cocodrilo.	D-009 Grieta de esquina.
D-003 Grieta de reflexión de junta (de losas de concreto de cemento portland).	D-010 Grietas lineales (Grietas longitudinales, transversales y diagonales).
D-004 Grietas longitudinales y transversales (no son de reflexión de losas de concreto de cemento portland).	D-011 Parche.
D-005 Desgaste superficial.	D-059 Crecimiento de Vegetación.
D-006 Meteorización/ Desprendimiento de agregados.	D-060 Suciedad.
D-007 Baches en el pavimento.	D-065 Destrucción.

✚ Daños en drenajes, accesos, defensas y barandales.

Defensas de tránsito y barandales.

Consiste en fallas o desperfectos de las partes principales (pasamanos, postes, anclajes, etc.) de las barandas y defensas de tránsito de los puentes, cuyos daños no permiten que cumplan con su función principal.

Posibles causas del deterioro.

- ✓ Impactos producidos por accidentes de camiones y vehículos, que afectan a cualquier tipo de baranda (metálicas, de concreto o mixta).
- ✓ Procesos de construcción deficientes, lo cual se evidencia por la presencia de colmenas y aceros expuestos de los componentes de las barandas en concreto.
- ✓ Deficiencias en la durabilidad del concreto producida por carbonatación u otros daños que generan que su recubrimiento no logre proteger el acero de refuerzo y lo hace vulnerable a fenómenos de corrosión. También su deterioro se puede deber a un alto contenido de sulfatos y cloruros en puentes construidos especialmente en zonas costeras.



GUÍA DE INSPECCIÓN VISUAL EN PUENTES.

- ✓ Corrosión de elementos metálicos por falta de pintura de protección, para el caso de barandas de acero o mixtas. Este tipo de deficiencia se da con más frecuencia en las zonas costeras.
- ✓ Desniveles generalizados en diferentes zonas producto de asentamientos o socavación de las pilas o estribos de los puentes.
- ✓ Acumulación de maleza o basura, que afectan la durabilidad de los materiales de barandales o defensas.

Aceras y bordillos.

Consisten en fallas o desperfectos del concreto de las aceras y bordillos del puente, lo cual afecta el cumplimiento de sus funciones principales. De esta forma dificultan el paso de los peatones.

Posibles causas del deterioro:

- ✓ Colmenas en el concreto combinado con aceros expuestos, producto de deficiencias en su proceso constructivo y/o mal diseño.
- ✓ Grietas estructurales. Muchas veces estas fallas estructurales pueden estar asociadas al impacto de los vehículos.
- ✓ Grietas no estructurales producidas por contracción, retracción de fraguado, etc.
- ✓ Daños por deficiencias en la durabilidad del concreto, producida en algunos casos por carbonatación (baja de pH), sulfatos, materia orgánica y cloruros.
- ✓ Aceros expuestos acompañados con óxido e indicios de corrosión.

Drenajes.

En función de la tipología estructural, la detección de los posibles fallos ya sea de diseño de los sistemas de drenaje y desagüe de la estructura o de falta de mantenimiento en los mismos, son de suma importancia durante la evaluación del puente ya que de no identificarse y por ende no brindarle la atención que requieren, pueden producir daños tales como infiltraciones hacia los elementos de la infraestructura los cuales eventualmente producen daños más específicos como corrosión en piezas de acero o manchas en el concreto, entre otros. Es por ello que el buen diseño y serviciabilidad de los drenajes generalmente están directamente relacionados con las patologías futuras que pueda desarrollar un puente, cuando estos han sido bien construidos, de lo contrario, serán necesarias actividades de conservación, para poder mantener en buen estado los elementos del puente.

Posibles causas del deterioro

- ✓ Diseño deficiente de sistema de drenaje del puente
- ✓ Falta de mantenimiento en los elementos de drenaje del puente.
- ✓ Suciedad excesiva en los elementos de drenaje del puente

Posibles daños en drenajes, accesos, defensas y barandales de un puente.

D-012	Señales Confusas.	D-045	Pernos Flojos.
D-013	Señalización ilegible (Horizontal y vertical).	D-046	Remaches Flojos



GUÍA DE INSPECCIÓN VISUAL EN PUENTES.

D-014	Defensas y Barandales Deformadas.	D-047	Pernos faltantes.
D-021	Sumidero Sobre elevado	D-048	Remaches Faltantes.
D-022	Drenajes con Tubos Cortos.	D-049	Losa de Aproximación Hundida.
D-035	Oxidación de piezas metálicas.	D-050	Losa de Aproximación no visible
D-036	Corrosión de piezas metálicas.	D-051	Losa de Aproximación Rotada.
D-037	Anclaje Suelto o Desprendido.	D-058	Huecos.
D-038	Anclaje Deficiente.	D-059	Crecimiento de Vegetación.
D-040	Falta de Pintura.	D-060	Suciedad.
D-041	Ampollas.	D-065	Destrucción.
D-042	Descascaramiento.	D-066	Fijaciones Deficientes.
D-043	Abolladura.	D-067	Elemento Ineficiente
D-044	Rotura de pernos.		

Daños en juntas de dilatación y apoyos.

Juntas de dilatación.

Son daños en las juntas que limitan la capacidad de absorber los movimientos relativos (deformaciones verticales, horizontales, contracción, asentamientos, etc.) entre la superestructura y subestructura de un puente, producidas por cargas actuantes. Estos movimientos se generan entre el terraplén de acceso y el tablero del puente (Juntas externas en zona de estribos) como en las partes del tablero (Juntas intermedias en zona de pilas).

Posibles causas del deterioro.

- ✓ Asentamientos en los terraplenes de acceso que producen un desnivel con el tablero de la superestructura del puente.
- ✓ Deficiencias de diseño, que implica que dicho componente no tenga la capacidad de absorber las deformaciones verticales y horizontales entre la zona de acceso y el tablero del puente. Esto sucede cuando el tipo de junta seleccionado no es el adecuado, lo cual depende del tipo de puente, su tipología y longitud.
- ✓ Juntas que no están adecuadamente ancladas a los componentes del puente (funcionamiento no solidario), tales como los diafragmas del estribo, la losa, etc. Este problema se refleja en el deterioro y desprendimiento de sus partes por la inadecuada conformación combinada con un aumento de impacto.
- ✓ Inadecuado diseño de la zona alrededor de las juntas, donde se generan problemas de empozamiento de agua y posterior afectación de los componentes de este dispositivo. A causa de este se generan problemas de infiltración que acelera la degradación y deterioro de los componentes del puente adyacentes a este dispositivo (apoyos, losa en concreto reforzado, etc.).
- ✓ Corrosión en ángulos y platinas que hacen parte de los tipos de juntas de acero.
- ✓ Inadecuada conexión soldada entre los ángulos y las platinas, la cual es generalmente intermitente con diversos defectos de fabricación que generan una concentración de esfuerzos y posterior deterioro, desprendimiento y falla de los elementos de la junta
- ✓ Falla de los anclajes que unen los componentes del dispositivo de las juntas con las partes adyacentes del puente (losa, diafragma, etc.). Aumento de las cargas legales



GUÍA DE INSPECCIÓN VISUAL EN PUENTES.

- previstas, producen un inevitable deterioro y posterior falla parcial o total de la junta.
- ✓ Caída de agentes químicos inadmisibles que afectan la masilla empleada para su instalación.

Apoyos

Los aparatos de apoyo, como los demás elementos del equipamiento del puente (aceras, barreras, juntas, barandales, entre otros), son susceptibles a degradarse a lo largo de la vida útil del mismo por causas como: mala colocación, calidad defectuosa de los materiales, diseño incorrecto de los aparatos de apoyo, filtraciones desde las juntas del tablero, entre otros.

Posibles causas del deterioro.

1. Diseño inadecuado que se convierte en una vulnerabilidad sísmica de los apoyos en estribos y pilas, que no lo hacen competente estructuralmente en el momento de un sismo y que ponen en riesgo la estabilidad general del puente. Esta vulnerabilidad que se generan en los apoyos al puente, se identifica por:
 - ✓ Holguras entre la cara superior del aparato de apoyo y el tablero, lo que normalmente es debido a una mala nivelación. Se originan de esta manera descentramientos de las reacciones verticales transmitidas por el tablero y se sobrecargan los apoyos por encima de sus tensiones de trabajo admisibles, por su forma y dimensiones inadecuadas.
 - ✓ Ausencia de elementos de restricción transversal o topes sísmicos, que garanticen estabilidad lateral de la superestructura del puente ante un evento sísmico y provoquen desplazamientos del apoyo desde su posición original; deformaciones, tanto verticales como horizontales excesivas.
2. Deterioros en el elemento manifestados por:
 - ✓ Deformación y distorsión de apoyos de neopreno, degradaciones en el elastómero tales como despegues en la unión goma-metal debida a mala calidad de los materiales.
 - ✓ Roturas locales debajo de los apoyos provocados por falla por aplastamiento del concreto en los estribos y las pilas.
 - ✓ Corrosión generalizada en los apoyos de acero
 - ✓ Falta de anclajes o tornillos en apoyos de acero móviles
 - ✓ Suciedad en general acumulación de maleza o basura que afecta a mediano plazo la durabilidad el material y el funcionamiento correcto de aparato de apoyo
 - ✓ Degradaciones de las partes metálicas a causa de los procesos de corrosión. En este sentido, es muy importante prestar especial atención a la correcta evacuación del agua.
 - ✓ Degradaciones del material elastomérico por la entrada en la misma de agentes contaminantes debida a filtraciones en el apoyo.



GUÍA DE INSPECCIÓN VISUAL EN PUENTES.

- ✓ Asimismo, los pernos y tornillos de anclaje al tablero y a la subestructura pueden presentar daños como roturas o pérdidas en los sistemas de anclaje al tablero y a la subestructura.

Daños en elemento de juntas y apoyos de un puente.

D-015	Faltante o deformación de elemento de Junta.	D-041	Ampollas.
D-016	Obstrucción en junta de dilatación.	D-042	Descascaramiento.
D-017	Deformación en el apoyo.	D-043	Abolladura.
D-018	Apoyos Desplazados.	D-059	Crecimiento de Vegetación.
D-019	Apoyos mal Orientados	D-060	Suciedad.
D-020	Grieta o fractura en el apoyo.	D-061	Elementos Faltantes.
D-035	Oxidación de piezas metálicas.	D-062	Deformación Excesiva.
D-036	Corrosión de piezas metálicas.	D-063	Deformación Permanente.
D-040	Falta de Pintura.	D-065	Destrucción.

Daños en elementos de concreto.

El concreto puede sufrir deterioros, defectos o daños, durante su vida, estos alteran su estructura interna y comportamiento. Algunos defectos pueden ser congénitos por estar presentes desde su concepción y/o construcción; otros pueden haber surgido durante alguna etapa de su vida útil; y otros pueden ser consecuencia de sucesos impredecibles como lo son los accidentes. Los indicios que indican que se está produciendo daño en la estructura incluyen manchas, cambios de color, hinchamientos, fisuras, pérdidas de masa u otros.

Posibles causas del deterioro.

Las fisuras y grietas, son algunos de los daños más comunes en los elementos de concreto, estas son el resultado de los esfuerzos que actúan sobre los elementos estructurales se presenta como una fractura lineal del concreto, puede extenderse parcial o completamente a través del elemento, y estas se diferencian por el tamaño de la abertura que presentan. Normalmente cualquier elemento de concreto reforzado es propenso a que presente fisuraciones bajo las cargas normales de servicio, sin embargo, cuando el ancho de las fisuras producidas es muy grande se convierte en una grieta y se considera como una manifestación patológica que pueden afectar el funcionamiento de la estructura. Se considerarán como grietas a aquellas fisuras que se aprecian a simple vista desde la distancia, su abertura suele ser mayor que 1 o 2 milímetros.

Existen dos tipos básicos de fisuras y grietas:

- ✓ **Fisuras o grietas estructurales:** son causadas por cargas muertas y tensiones con cargas vivas y se subdividen en dos tipos, las cuales son fisuras o grietas de flexión y corte
- ✓ **Fisuras o grietas no estructurales:** Son causadas por cambios dimensionales debidos a la contracción y/o retracción del concreto o la temperatura.

La fisura se considera normal para el concreto reforzado convencionalmente siempre que las fisuras sean pequeñas y no haya manchas de óxido u otros signos de deterioro. La grieta



GUÍA DE INSPECCIÓN VISUAL EN PUENTES.

estructural más grande indica problemas potencialmente graves, porque están directamente relacionados con la capacidad estructural del miembro.

La evaluación de fisuras o grietas presentes en un elemento de concreto, generalmente se describen mediante las siguientes dimensiones: el espesor, la longitud, la dirección de la fisura y la distancia entre éstas; anotando las observaciones que se consideren relevantes sobre el elemento en el cual se presentan las fallas. Por lo que la orientación de la fisura o grieta con respecto a las cargas y los miembros de soporte son características importantes que se debe registrar con precisión para garantizar la evaluación adecuada de estas.

Las fisuras o grietas estructurales generalmente están orientadas perpendicularmente a sus esfuerzos (es decir, tensión o corte). Las grietas no estructurales, como las grietas de temperatura y contracción, pueden ocurrir en las direcciones transversal y longitudinal. En muros de contención y pilas, estas fisuras o grietas suelen ser verticales, y en vigas de concreto, estas grietas se producen vertical o transversalmente en el elemento; Sin embargo, dado que existen tensiones de temperatura y contracción en todas las direcciones, por lo que las grietas podrían tener otras orientaciones, las cuales generalmente pueden ser descritas por una de las siguientes cinco categorías:

- Fisuras y Grietas transversales: se presentan rectas, aproximadamente perpendiculares a la línea central del puente o un elemento de puente.
- Fisuras y Grietas longitudinales: se presentan rectas, y son paralelas a la línea central del puente o a un elemento del puente.
- Fisuras y Grietas en diagonal: estas grietas se observan inclinadas (en ángulo) hacia la línea central del puente o un elemento del puente, ya sea vertical u horizontalmente.
- Fisuramiento o agrietamiento de patrón o mapa: se trata de fisuras y/o grietas interconectadas que forman redes de diferentes tamaños. Varían en anchura, desde Microfisuras apenas visibles hasta grietas con una abertura bien definida.

Posibles daños en elementos de concreto.

D-023 Fisuras y grietas de Contracción y/o Retracción.	D-041 Ampollas.
D-024 Fisuras y grietas de Corte	D-042 Descascaramiento.
D-025 Fisuras y grietas de Flexión.	D-056 Revestimiento Perforado.
D-026 Fisuras de Torsión.	D-057 Pérdidas del material.
D-027 Filtraciones.	D-058 Huecos.
D-028 Eflorescencias	D-059 Crecimiento de Vegetación.
D-029 Concreto manchado.	D-060 Suciedad.
D-030 Delaminación	D-062 Deformación Excesiva.
D-031 Desprendimiento de Concreto.	D-063 Deformación Permanente.
D-032 Recubrimiento inadecuado y Exposición del acero de refuerzo.	D-064 Vibración Excesiva.
D-033 Corrosión de piezas de acero de refuerzo en el Concreto.	D-065 Destrucción.
D-034 Colmenas.	D-068 Impactos.
D-040 Falta de Pintura.	



GUÍA DE INSPECCIÓN VISUAL EN PUENTES.

✚ Daños en elementos metálicos.

Para inspeccionar adecuadamente un puente que posea elementos metálicos en su estructura, se debe reconocer los diversos tipos de deficiencias y deterioro del acero, así como la comprensión de las causas de deficiencias y cómo evaluarlas. El tipo de deficiencia de acero más reconocible es la corrosión. Los inspectores de puentes deben estar familiarizados con la corrosión, ya que puede conducir a una reducción sustancial de la sección que resulta en una menor capacidad de los elementos. La corrosión es la causa principal de la pérdida de la sección en los elementos de acero y es más comúnmente causada por los ciclos de secado al húmedo del acero expuesto.

Algunos de los tipos comunes de corrosión incluyen:

- ✓ **Corrosión por medio ambiente:** afecta principalmente los metales en contacto con el suelo o el agua, ésta es causada por la formación de una celda de corrosión debido al contenido de humedad, de oxígeno y de residuos acumulados, como escombros en las carreteras
- ✓ **Corrosión bacteriológica:** los organismos que se encuentran en pantanos, ciénagas, arcillas pesadas, aguas estancadas y aguas contaminadas pueden contribuir a la corrosión de los metales.
- ✓ **Corrosión por tensión:** se produce cuando las fuerzas de tracción exponen una porción aumentada del elemento metálico, lo que lleva a la corrosión y finalmente a la fractura.
- ✓ **Corrosión por fricción:** ocurre en piezas estrechamente ajustadas que están bajo vibración, como maquinaria y accesorios metálicos, y se puede identificar por picaduras y un depósito rojo de óxido de hierro en la conexión.

La oxidación es otro daño muy significativo en las piezas metálicas de un puente, una reacción química que se produce en el acero al estar en contacto con el agua, ya sea dulce o salada, o por la humedad del medio ambiente, puede producir daños en el refuerzo de los elementos. La oxidación se observa como una capa de color rojizo-café que se va formando en la superficie del acero.

Posibles causas del deterioro.

- ✓ Deterioro causado por sobrecargas
- ✓ Deterioro causado por falta de refuerzos
- ✓ Deterioro causado por efectos térmicos
- ✓ Deterioros causados por efecto del fuego
- ✓ Deterioro causado por fatiga y/o concentración de esfuerzos
- ✓ Deterioro causado por excesiva vibración, entre otros.

Posibles daños en elementos metálicos de un puente.

D-027	Filtraciones.	D-047	Pernos faltantes.
D-035	Oxidación de piezas metálicas.	D-048	Remaches Faltantes.
D-036	Corrosión de piezas metálicas.	D-058	Huecos.
D-037	Anclaje Suelto o Desprendido.	D-059	Crecimiento de Vegetación.
D-038	Anclaje Deficiente.	D-060	Suciedad.
D-039	Cables Corroídos.	D-061	Elementos Faltantes.



GUÍA DE INSPECCIÓN VISUAL EN PUENTES.

D-040	Falta de Pintura.	D-062	Deformación Excesiva.
D-041	Ampollas.	D-063	Deformación Permanente.
D-042	Descascaramiento.	D-064	Vibración Excesiva.
D-043	Abolladura.	D-065	Dstrucción.
D-044	Rotura de pernos.	D-066	Fijaciones Deficientes.
D-045	Pernos Flojos.	D-067	Elemento Ineficiente.
D-046	Remaches Flojos	D-068	Impactos.

Daños en elementos de mampostería.

Los daños que se presentan en los elementos de mampostería de un puente generalmente vienen dados por movimientos verticales u horizontales que generan deformaciones o desprendimiento del mismo, ya sea por falla en el elemento de junta o de la roca/elemento de mampostería.

Posibles causas del deterioro.

- ✓ Falla de diseño: las cargas concentradas no se han tenido suficientemente en cuenta.
- ✓ Falla de los materiales: material de unión o de junta con resistencia insuficiente.
- ✓ Construcción inadecuada.
- ✓ Cargas excesivas debido a tráfico o presión ejercida por el suelo.
- ✓ Colisiones.

Posibles daños en elementos de mampostería.

D-023	Fisuras y grietas de Contracción y/o Retracción.	D-058	Huecos.
D-024	Fisuras y grietas de Corte.	D-059	Crecimiento de Vegetación.
D-025	Fisuras y grietas de Flexión.	D-060	Suciedad.
D-026	Fisuras de Torsión.	D-061	Elementos Faltantes.
D-027	Filtraciones.	D-062	Deformación Excesiva.
D-028	Eflorescencias	D-063	Deformación Permanente.
D-030	Delaminación	D-064	Vibración Excesiva.
D-056	Revestimiento Perforado.	D-065	Dstrucción.
D-057	Pérdidas de material.	D-068	Impactos.

Daños en elementos de fundaciones.

Los daños en las fundaciones de un puente, generalmente ocurren debido a la socavación cuando el puente esta sobre un cauce. La socavación, es el resultado de la acción erosiva del flujo de agua sobre los ríos que arranca y acarrea el material del fondo del lecho y de las bancadas laterales. Se debe diferenciar entre la erosión general y la local. La primera es debida al arrastre de las partículas sólidas del lecho del cauce producida por el paso del agua a una velocidad elevada lo que conlleva el arrastre de estas partículas.

La socavación se clasifica como: socavación general y socavación local.

Socavación general: Es la que se produce en lechos aluviales o cohesivos por efecto de la dinámica de la corriente y está relacionada con la conformación del nivel de base. Es un fenómeno a largo plazo, aunque eventos catastróficos pueden acelerarlo.



GUÍA DE INSPECCIÓN VISUAL EN PUENTES.

Socavación local: Esta se presenta en sitios particulares de la corriente y es ocasionada por el paso de crecientes y por la acción de obras civiles, como obras de encauzamiento, bancos guías, puentes con pilas o estribos dentro del cauce, obras transversales de control, entre otros.

Posibles causas del deterioro.

La erosión local se produce en presencia de obstáculos en los cauces por ejemplo, el derrumbe de un talud que deja a la vista la fundación de un estribo, alrededor de las pilas o estribos, generando el colapso de estas junto con sus respectivas fundaciones. El agua al chocar frontalmente y a gran velocidad contra estos obstáculos, produce un flujo de partículas descendentes que al chocar con el fondo del cauce, producen una serie de vórtices que arrastran violentamente el material del fondo de la fundación, produciendo fosas de socavación, de grandes dimensiones que pueden llegar a afectar a la cimentación del elemento, poniendo en riesgo la estabilidad de la estructura. Los mayores daños por socavación se producen durante las avenidas, períodos en los que la velocidad de la corriente del agua es máxima, produciendo los mayores daños sobre las fundaciones de pilas y estribos.

Daños en elementos de fundación del puente.

D-052	Socavación en la fundación.	D-061	Elementos Faltantes.
D-053	Fundaciones Cedidas.	D-062	Deformación Excesiva.
D-054	Asentamientos.	D-063	Deformación Permanente.
D-055	Estribos desplazados.	D-065	Destrucción.
D-056	Revestimiento Perforado.	D-067	Elemento Ineficiente.
D-057	Pérdidas de material.	D-068	Impactos.
D-058	Huecos.		

Descripción daños en las estructuras de puentes.

En esta sección se muestra la descripción para cada uno de los daños mostrados en el listado al inicio del catálogo. Estos daños se evalúan en consecuencia y severidad de acorde los mostrado en la escala ilustrativa, que se muestra a continuación:

Funcionamiento estructural	L	M	G	C
Seguridad vial	L	M	G	C
Estética	L	M	G	C

Esta escala indica las posibles calificaciones que puede tener cada daño al estar presente en un elemento. Mientras un daño sea más leve u obtenga una calificación como “EL” (daño estético en condición leve) este tiene un nulo impacto en el desempeño de la estructura, mientras que un daño calificado como “FEC” (daño que afecta la gravemente a un elemento de la estructura, mostrando a este en estado muy deteriorado) sería una calificación a asignar a un elemento en condiciones precarias, a punto de sedimento en la estructura.

D-001

Ahuellamiento

Es una depresión o deformaciones transversales de la calzada o superficie de rodamiento en el pavimento, específicamente en la zona de paso de las ruedas de los vehículos.

Puede presentarse el levantamiento del pavimento a lo largo de los lados del ahuellamiento, pero, en muchos casos éste sólo es visible después de la lluvia, cuando las huellas estén llenas de agua.

Un ahuellamiento importante puede conducir a una falla estructural considerable del pavimento.



D-002

Piel de cocodrilo

Las grietas de fatiga o piel de cocodrilo son una serie de grietas interconectadas cuyo origen es la falla por fatiga de la capa de rodadura asfáltica bajo acción repetida de las cargas de tránsito. El agrietamiento se inicia en el fondo de la capa asfáltica (o base estabilizada) donde los esfuerzos y deformaciones unitarias de tensión son mayores bajo la carga de una rueda. Inicialmente, las grietas se propagan a la superficie como una serie de grietas longitudinales paralelas.

La piel de cocodrilo se considera como un daño estructural importante al pavimento y usualmente se presenta acompañado por ahuellamiento.



D-003

Grieta de reflexión de junta (de losas de concreto de cemento portland)

Este daño ocurre solamente en pavimentos con superficie asfáltica construidos sobre una losa de concreto de cemento Pórtland.



Estas grietas son causadas principalmente por el movimiento de la losa de concreto de cemento Pórtland, inducido por temperatura o humedad, bajo la superficie de concreto asfáltico. Este daño no

está relacionado con las cargas; sin embargo, las cargas del tránsito pueden causar la rotura del concreto asfáltico cerca de la grieta. El conocimiento de las dimensiones de la losa subyacente a la superficie de concreto asfáltico ayuda a identificar estos daños.

D-004

Grietas longitudinales y transversales (no son de reflexión de losas de concreto de cemento portland)

Las grietas longitudinales son paralelas al eje del pavimento o a la dirección de construcción y pueden ser causadas por:

1. Una junta de carril del pavimento pobremente construida.
2. Contracción de la superficie de concreto asfáltico debido a bajas temperaturas o al endurecimiento del asfalto o al ciclo diario de temperatura.
3. Una grieta de reflexión causada por el agrietamiento bajo la capa de base, incluidas las grietas en losas de concreto de cemento Portland, pero no las juntas de pavimento de concreto.

Las grietas transversales se extienden a través del pavimento en ángulos aproximadamente rectos al eje del mismo o a la dirección de construcción. Usualmente, este tipo de grietas no está asociado con carga.



D-005

Desgaste superficial



Son Irregularidades que se observan en la superficie, en áreas aisladas o en forma generalizada.

Son el producto del desgaste de las partículas superficiales o el desprendimiento de alguna de ellas por acción del tránsito o inclemencias del tiempo.

D-006

Meteorización/ Desprendimiento de agregados

La meteorización y el desprendimiento, son la pérdida de la superficie del pavimento debida a la pérdida del ligante asfáltico y de las partículas sueltas de agregado. Este daño indica que, o bien el ligante asfáltico se ha endurecido de forma apreciable, o que la mezcla presente es de pobre calidad. El ablandamiento de la superficie y la pérdida de los agregados debidos al derramamiento de aceites también se consideran como desprendimiento.



D-007

Baches en el pavimento



Son depresiones pequeñas en la superficie del pavimento, usualmente con diámetros menores que 0.90 m y con forma de tazón. Por lo general presentan bordes aguzados y lados verticales en cercanías de la zona superior. El crecimiento de los baches se acelera por la acumulación de agua dentro del mismo.

Los baches se producen cuando el tráfico arranca pequeños pedazos de la superficie del pavimento.



La desintegración del pavimento progresa debido a mezclas pobres en la superficie, puntos débiles de la base o la subrasante, o porque se ha alcanzado una condición de piel de cocodrilo de severidad alta. Con frecuencia los baches son daños asociados a la condición de la estructura y no deben confundirse con desprendimiento o meteorización.

D-008

Parcheo

Un parche es un área de pavimento la cual ha sido remplazada con material nuevo para reparar el pavimento existente.

Este se considera un defecto no importa que tan bien se comporte (usualmente, un área parchada o el área adyacente no se comportan tan bien como la sección original de pavimento), pero para la decidir el grado de severidad se toma en consideración el nivel de abultamiento del parche sobre la calzada.



D-009

Grieta de esquina



Es una grieta que intercepta las juntas de una losa a una distancia menor o igual que la mitad de la longitud de la misma en ambos lados, medida desde la esquina.

Generalmente, la repetición de cargas combinada con la pérdida de soporte y los esfuerzos de alabeo originan las grietas de esquina.

D-010

Grietas lineales (Grietas longitudinales, transversales y diagonales)



Estas grietas, que dividen la losa en dos o tres pedazos, son causadas usualmente por una combinación de la repetición de las cargas de tránsito y el alabeo por gradiente térmico o de humedad.

Comúnmente, las grietas de baja severidad están relacionadas con el alabeo o la fricción y no se consideran daños estructurales importantes.

D-011

Parche



Un parche es un área donde el pavimento original ha sido removido y reemplazado por material nuevo.

Para evaluar la severidad de este tipo de daño se debe observar el desgaste o despostillamiento en las aristas del corte y relleno en la losa de concreto, donde se forma la junta fría.

D-012

Señales confusas

Señalización horizontal y vertical mal ubicada, con información incorrecta, o con símbolos que no responden a las normas convencionales. Las señales difieren con la realidad o pueden ser interpretadas de manera errónea.

D-013

Señalización ilegible (horizontal o vertical)

Señalización vertical u horizontal ilegible, oculta por vegetación, deteriorada o dañada, que impiden la correcta visualización de la misma.

D-014

Defensas y barandales deformadas

La deformación es el cambio en el tamaño o forma de un cuerpo debido a la aplicación de una o más fuerzas sobre el mismo o la ocurrencia de dilatación térmica. En este caso particular el daño hace referencia a defensas vehiculares y barandales peatonales que presentan pérdida de su geometría original producidas por impacto de vehículos.



D-015

Faltante o deformación de elemento de junta

Deformación o ausencia del elemento de relleno o sello de la junta, generalmente es sello de neopreno el utilizado en juntas de puentes.

Se debe prestar atención cuando la junta de expansión presenta alguna alteración en su forma o alguna parte o la totalidad de la junta se ha perdido.



D-016

Obstrucción en Junta de dilatación

Consiste en la presencia de obstáculos, basuras (sólidas), suciedad o por recapados de pavimento en las juntas de dilatación, que no permiten su adecuado funcionamiento, es decir que afecta los movimientos que deben soportar, también puede producir el deterioro del sello, lo que permite el paso del agua a través de la junta, afectando la durabilidad de los apoyos, estribos y pilas del puente.

Es de mucha importancia identificar el daño producido por los recapados de pavimento, este sucede cuando se aplica un nuevo pavimento a un puente, y se coloca una sobrecapa a las juntas de expansión sin ningún cuidado de permitir el funcionamiento apropiado de la misma. La presencia de grietas transversales puede evidenciar que las juntas están cubiertas por sobrecapas.



D-017

Deformación en el apoyo.

Las deformaciones se dan debido al movimiento entre el tablero y la pila, independientemente del material en que este compuesto los apoyos. En algunas ocasiones el apoyo se deforma por su mala colocación o por ser inadecuado para el tipo de puente debido a errores de diseño, ya que en soportan más cargas que las permisibles.



D-018

Apoyos desplazados

Los dispositivos de apoyo que se encuentran desplazados de su posición correcta, o que por su mal funcionamiento o montaje deficiente, se bloquean y se desplazan de su posición correcta.

En el caso de apoyos de neopreno, puede deberse a soportar cargas menores a la mínima recomendada por el fabricante.



D-019

Apoyos mal orientados

Dispositivos de apoyo que se encuentran en posición/dirección incorrecta. Esto podría generar que el apoyo no trabaje correctamente y se pueda deteriorar más rápido de lo esperado.

D-020

Grieta o fractura en el apoyo.

Implica grietas en una o varias secciones del apoyo, generalmente cuando son de tipo metálico, también se pueden presentar fractura en parte del apoyo debido al movimiento en la pila, como lo puede ser un pasador guía roto en un cojinete fijo debido al movimiento en el muelle.



D-021

Sumidero sobre elevado

La tubería de desagüe de aguas lluvias se encuentra de forma inadecuada en el puente, está ubicado más alto que la rasante de la superficie de rodadura y no permite que el agua fluya de forma correcta, quedando estancada.



Generalmente este tipo de daño surge por un error en la construcción del puente, cuando el sistema para desalojo de agua de la capa de rodadura queda unos centímetros más altos que la rasante del puente.

D-022

Drenajes con tubos cortos

Como su nombre lo indica son drenajes colocados con tubería de tipo metálico, PVC u otro, cuya longitud no es suficiente para el desagüe de fluidos de forma adecuada, debido a que cuando la viga, losa u otro elemento del puente (cercano al drenaje) es más peraltado que el largo del tubo que desaloja el agua, el agua toca estos elementos del puente ocasionando otros tipos de daño a largo plazo.



D-023

Fisuras y grietas de contracción y/o retracción

Fisura por contracción: La fisura por contracción del concreto ocurre cuando éste se encuentra aún en estado plástico, Generalmente se deben a la contracción de fraguado y son superficiales.

En general, se presenta en condiciones ambientales extremas, como altas temperaturas, bajas humedades y altas velocidades de viento, lo que origina la rápida evaporación del agua de la superficie de concreto. Esta evaporación de agua ocasionada por el sol y el viento, provoca la contracción en la superficie del concreto, sometiéndola a grandes esfuerzos internos en una etapa en la que aún no ha alcanzado la suficiente resistencia a la tensión para soportarlos, y por lo tanto esta superficie se fisura.

Fisura por retracción: la fisura por retracción plástica ocurre mientras el concreto está en estado fresco, generalmente se presentan en superficies horizontales, generando fisuras y microfisuras que se extienden rápidamente.

La retracción por secado y la retracción hidráulica se manifiestan mediante fisuras que surgen durante las primeras horas después del colado, producto de la pérdida de agua por evaporación y del proceso de endurecimiento del concreto, si el elemento se encuentra restringido en su movimiento por la formaleta.

Por lo que tanto las fisuras de retracción como las de contracción, raramente afectan la resistencia y durabilidad del concreto. No obstante, si a través de éstas ingresan sustancias perjudiciales pueden afectar el desempeño de la estructura y disminuir su durabilidad, como lo sería el ingreso de agua a través de esta que puede generar corrosión del acero refuerzo. Por lo tanto, es importante controlar, evaluar y evitar la aparición de fisuras por contracción y/o retracción plástica para lograr estructuras más durables que aseguren un ciclo de servicio aceptable con el menor costo de mantenimiento.



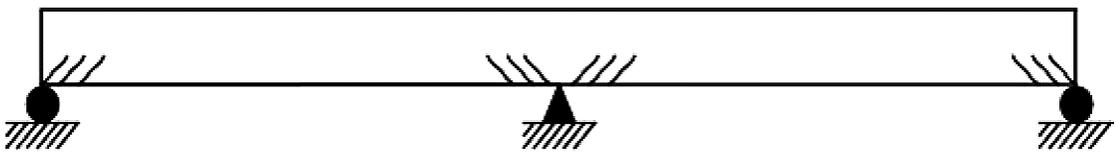
D-024

Fisuras y grietas de Corte

Las fisuras de corte se consideran fisuras estructurales y están causadas por fuerzas de tracción diagonales que normalmente se producen en la cara de un elemento que se encuentra cerca de los soportes donde el esfuerzo de corte es mayor. Normalmente, son fisuras oblicuas, generalmente en un ángulo de 45° con la dirección del acero principal (longitudinal), se inician cerca del área de apoyo, comenzando en la parte inferior del miembro y extendiéndose en diagonal hacia el centro del miembro. Las fisuras presentan un ancho variable y separación máxima correspondiente a la separación del refuerzo transversal, frecuentemente se presentan varias fisuras paralelas.

Generalmente se presentan en las zonas cercanas a los apoyos o en elementos de poca longitud como vigas transversales, vigas de concreto y dinteles de pilas, vigas de apoyos de estribos, zonas de transferencia de cargas con eventuales desplazamientos por temperatura, contracción o deformación diferida, sin embargo también pueden presentarse en el centro del claro del elemento si hay cargas puntuales, estribos insuficientes o mal posicionados durante la ejecución.

Este tipo de fisura puede llegar a darse en forma repentina, con característica frágil, y generar la rotura de la pieza o su incapacidad para tomar nuevas cargas, por lo que se deben considerar peligrosas, al no otorgar el tiempo necesario para el apuntalamiento y la reparación.

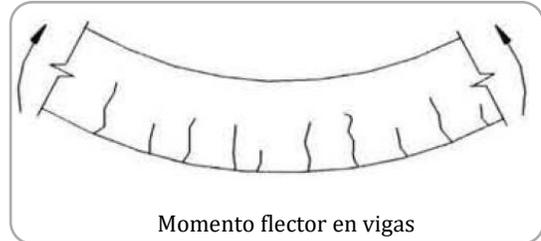


D-025

Fisuras y grietas de flexión

Las fisuras o grietas de flexión se consideran estructurales y están causadas por fuerzas de tracción, por lo tanto, se desarrollan en las zonas de tensión.

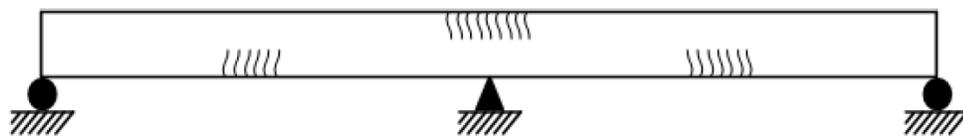
Las zonas de tensión ocurren en la parte inferior o superior de un miembro, dependiendo de la configuración del tramo, también pueden ocurrir en los componentes de la subestructura. Estas fisuras terminan cuando se acercan al eje neutral del miembro.



Las fisuras por flexión en una viga o una losa generalmente se presentan en la cara inferior de los elementos, se localizan en la zona central del claro, nacen en la fibra inferior y se extienden hasta llegar al eje neutro de la sección; al principio crecen verticalmente y luego se inclinan bajo la influencia del esfuerzo cortante cuando se aproximan a los apoyos.

El ancho de las fisuras indica el nivel del esfuerzo de tracción al que ha sido sometido el acero de refuerzo; anchos pronunciados indican altos esfuerzos por exceso de carga y/o por insuficiencia de refuerzo longitudinal principal, anclaje insuficiente.

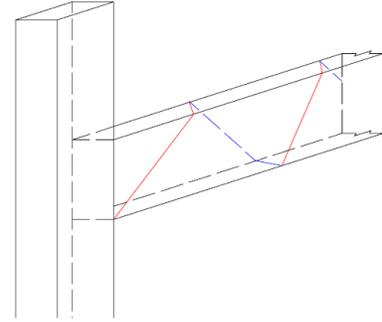
Para asignar severidades con base a la presencia de fisuras en los elementos del puente, se debe tomar en consideración la abertura de las fisuras, la longitud de estas, su posición en el elemento y la cantidad de las mismas en el elemento.



D-026

Fisuras por torsión.

Son fisuras transversales e inclinadas similares a las fisuras por cortante pero se diferencian en que las fisuras causadas por esfuerzos de torsión siguen un patrón de espiral o de tipo helicoidal que atraviesan toda la sección de los elementos.



En estructura de concreto armado los esfuerzos de torsión generan fisuras inclinadas en cada una de las caras del elemento, generalmente son continuas que van rodeando todo el elemento de concreto con una tendencia a seguir líneas a 45°, denotando armaduras de refuerzo insuficiente para contrarrestarlos o disposición inadecuada de las barras de refuerzo, por sobrecargas no previstas, y la no consideración de los esfuerzos de torsión. Suele observarse en las vigas transversales y particularmente en los puentes esviados.

D-027

Filtraciones

Filtraciones de agua a través de elementos estructurales tales como: losas, pantallas, aleros, muros, aletones, entre otros. Por lo general se originan en falta de elementos de junta, excesiva permeabilidad del concreto o suelos del terraplén en combinación con fisuras en los paramentos de concreto o arcos de las bóvedas entre otros.



D-028

Eflorescencias

Consiste en el depósito de sales que son lixiviadas fuera del concreto, las cuales se cristalizan luego de la evaporación del agua que las transportó. Normalmente se presentan como manchas oscuras o amarronadas por presencia de hongos y/o blanquecinas de carbonatos en la superficie del elemento de color blanco, blanco azulado o gris-blanco cuando el agua tiene la posibilidad de percolar a través del material en forma intermitente, continua, o cuando se presentan procesos de humedecimiento y secado alternadamente.

La eflorescencia en sí misma no constituye un problema de durabilidad de las estructuras, sin embargo, además de afectar la estética, ocasionan un incremento de la porosidad del concreto y un aumento en la permeabilidad, permitiendo que el concreto sea más vulnerable a otras patologías que deterioran la estructura.



D-029

Concreto manchado

El concreto manchado se da por la presencia de microorganismos en las estructuras que no solo afectan la estética, también puede inducir fallas de carácter físico o químico y aumentar el deterioro de daños preexistentes. La acción de organismos biológicos aumenta la permeabilidad del concreto, conduce la saturación del material y por consiguiente causa daños por acción de los procesos de humedecimiento y secado, transformando los compuestos del cemento.



D-030

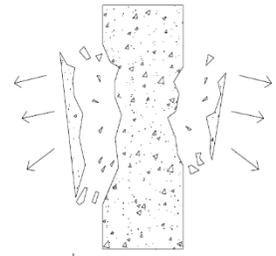
Delaminación

Este tipo de daño ocurre cuando las capas de concreto se separan cerca del nivel de la capa más externa de acero de refuerzo. La causa principal es la expansión del acero de refuerzo corrosivo que causa una ruptura en la unión entre el concreto y el refuerzo. Esto es comúnmente causado por la intrusión de cloruros o sal. Otra causa de delaminación es un estrés excesivo en un miembro. Las áreas delaminadas emiten un sonido de "chasquido" cuando se golpean con un martillo. Cuando un área se separa completamente del miembro (elemento de concreto), la depresión resultante se denomina desprendimiento de concreto.

D-031

Desprendimiento de Concreto

Los desprendimientos de concreto resultan de la separación y remoción de una porción del concreto, mostrando una fractura aproximadamente paralela a la superficie. Estos pueden ser causados por presencia de corrosión en el acero de refuerzo, fricción por movimientos térmicos y esfuerzos máximos en el elemento.



Cuando el concreto se encuentra bajo esfuerzos máximos, cede o se fractura. Con el tiempo, la fractura se abre más a causa de escombros, o más esfuerzos excesivos. Este ciclo continúa hasta que se forma un desprendimiento. La mayoría de los desprendimientos se deben a la corrosión del acero de refuerzo, pero si el desprendimiento está ubicado en una región de momento alto o cerca de ella, la causa puede ser un esfuerzo excesivo. Los ejemplos que podrían indicar que un desprendimiento fue causado por un esfuerzo excesivo incluyen:

- Un desprendimiento que está en las grietas de flexión o cerca de estas en la parte inferior de una viga en la mitad del tramo
- Un desprendimiento que se encuentra en las grietas de flexión o cerca de estas en la parte superior de un miembro continuo sobre un soporte.

De manera similar, cuando el concreto posee esfuerzos máximos de compresión, es común que la superficie se aplaste y luego se desprenda.



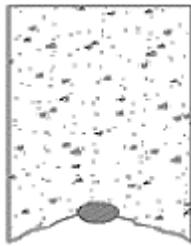
D-032

Recubrimiento inadecuado y exposición del acero de refuerzo

Se presenta en áreas localizadas de los elementos de concreto en las que hay desprendimiento en el recubrimiento, quedando el refuerzo a la vista.

Cuando, por error o malas prácticas de construcción, el recubrimiento es inadecuado, su disposición final termina afectando la durabilidad o la capacidad portante de la estructura, exponiendo el acero de refuerzo al ambiente y generando problemas de corrosión. Una falla típica es no mantener la separación adecuada de las barras de refuerzo durante la construcción del elemento.

El acero de refuerzo debe tener un recubrimiento adecuado de concreto según el ambiente al cual estarán sometidas y el tipo de elemento estructural que formen.



Para que exista exposición del acero en los elementos de concreto de un puente, debe existir muy poco o nulo recubrimiento tal como se muestra en las imágenes, sin embargo este tipo de daño no se da únicamente por escaso recubrimiento en los elementos de concreto, ya que la exposición del acero de refuerzo también se da existe un desprendimiento previo del mismo



D-033

Corrosión de piezas de acero de refuerzo en el concreto

La corrosión de las armaduras es un proceso electroquímico que causa la oxidación del acero de refuerzo en el concreto. Los factores que favorecen el proceso de corrosión se relacionan con las características del hormigón, el espesor del recubrimiento, la localización de la armadura y el medio ambiente al cual está expuesta la estructura.

Debido a la química de la mezcla de concreto, el acero de refuerzo incrustado en el concreto normalmente está protegido contra la corrosión. En el ambiente altamente alcalino del concreto, se forma una película firmemente adherida sobre el acero que lo protege de la corrosión. Sin embargo, esta protección se elimina por la intrusión de cloruros, lo que permite que el agua y el oxígeno ataquen el acero de refuerzo, formando óxido de hierro. Los iones de cloruro se introducen en el concreto y pueden alcanzar el acero de refuerzo al difundirse a través del concreto o al penetrar las grietas en el concreto.

Un inspector puede ver una mancha de óxido de varilla corrugada en las superficies externas del concreto antes de que se produzca un desprendimiento. El producto de corrosión (óxido) puede ocupar hasta 10 veces el volumen del acero corroído que reemplaza. Esta acción expansiva crea presiones internas que causarán que el concreto ceda, dando como resultado grietas, delaminaciones y desprendimientos más amplios, así como reducción de la sección del acero de refuerzo.



D-034

Colmenas

Son deficiencias de construcción causadas por una vibración inadecuada durante la colocación del concreto, lo que resulta en la separación de los agregados gruesos de los agregados finos y la pasta de cemento. Esto puede atribuirse a una vibración excesiva, en algunos casos se dan como resultado de una vibración insuficiente, donde toda la mezcla de concreto no alcanza físicamente la superficie del encofrado.

Si el concreto no se vibra correctamente, el asentamiento interno de la mezcla de concreto puede causar que la superficie se agriete por encima del acero de refuerzo a medida que la mezcla se asienta alrededor del acero; por lo que las colmenas son causadas generalmente por falta de vibrado, compactación excesiva o deficiente, prácticas inapropiadas en la colocación del concreto en zonas con alta densidad de refuerzo, dosificaciones inadecuadas de mezclas de concreto, etc.



D-035

Oxidación de piezas metálicas

Presencia de óxido en elementos metálicos (independientemente del tipo de metal, acero, hierro forjado, aluminio zinc, entre otros) fijados a elementos de concreto o entre piezas metálicas. El óxido suele hallarse en zonas que conforman nichos de almacenamiento de agua y suciedad, lado interior de ángulos, zonas de pernos, remaches, anclajes o cordones de soldadura. Generalmente los elementos metálicos son: luminarias, postes, fijaciones de ductos, barras de acero en defensas vehiculares, barandales, señales verticales, drenajes, vigas, entre otros.



D-036

Corrosión en piezas metálicas

Deterioro de elementos metálicos por corrosión o formación de óxidos de hierro en piezas de acero, hierro forjado, aluminio, aluminio zinc entre otras estructuras o elementos metálicos. En la etapa inicial de este tipo de daño, se aprecian óxidos superficiales, luego puede aparentar con la superficie como punzada o delaminada con importante pérdida de la sección resistente. El óxido suele hallarse en zonas que conforman nichos de almacenamiento de agua y suciedad, lado interior de ángulos, zonas de pernos, remaches, anclajes o cordones de soldadura.

La corrosión no se presenta únicamente en metálicos de la estructura de un puente, también pueden en elementos de tipo funcional que se anclan al concreto, tales como: luminarias, postes, fijaciones de ductos, barras de acero en defensas vehiculares, barandales, señales verticales, drenajes, entre otros.



D-037

Anclaje suelto o desprendido

Tensores en puentes colgantes o elementos suspendidos, que presentan anclajes sueltos, o desprendidos. Este tipo de daño también puede aparecer en elementos de un puente donde exista la unión entre dos o más elementos metálicos o entre un elemento metálico y concreto. Las posibles causas pueden ser: mala construcción o debido a alguna fuerza externa que haya hecho falla el anclaje.

D-038

Anclaje deficiente



Daño que generalmente se asigna a tensores y/o sus elementos de sujeción en puentes colgantes, elementos suspendidos o en la fijación de accesorios de un puente de cualquier tipología (accesorios: defensa de tráfico, luminarias, entre otros), estos generan poca estabilidad cuando se encuentran en mal estado, en algunas situaciones se pueden apreciar fuera de su posición de estabilidad. También se considera como deficiente, cuando estos se han visto sometidos bajo deterioro por el medio ambiente, con altas probabilidades de iniciar un proceso corrosivo.

D-039

Cables Corroídos

Esto tipo de daño, cubre cables rotos en cables principales y hangers en puentes colgantes o similares. Las grietas pueden extenderse varios metros desde la ruptura real a lo largo del cable, los filamentos rotos afectarán la capacidad de carga de los cables.



D-040

Falta de pintura

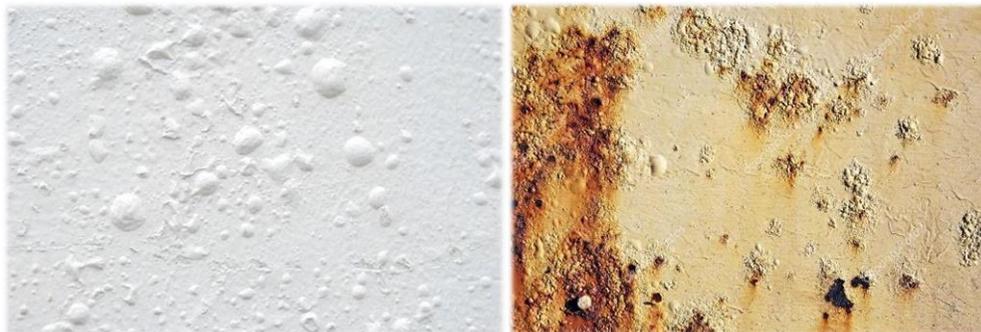
La pintura es de los medios principales utilizados para la protección de elementos metálicos contra la oxidación y la corrosión, por lo que este daño hace referencia a la falta o ausencia de pintura de protección en dichos elementos por desgaste o por no haber sido pintados. También en este daño, se consideran aquellos elementos metálicos en los cuales es evidente el deterioro o decoloración de la pintura.



D-041

Ampollas

Las ampollas son producto del levantamiento de la pintura, esto puede suceder tanto en elementos de concreto como metálicos. Generalmente la apariencia de estas se debe a la corrosión (en elementos metálicos), falta de limpieza en el área de colocación de pintura, mala calidad de la pintura, entre otros. En los elementos metálico, la corrosión atraviesa la pintura intacta, causando que se ampolle.



D-042

Descascaramiento

Es el desprendimiento o rompimiento de ampollas de pintura en los elementos metálicos o de concreto, primeramente aparece el cuarteo de la pintura y luego empieza el desprendimiento de esta.

Este tipo de daño, se da debido a la mala práctica o trabajo inadecuado en elementos que fueron pintados sin haberles retirado todo el óxido (para elementos metálicos) o no haber realizado limpieza en el área en que se colocó la pintura.



D-043

Abolladura

Las abolladuras son deformaciones en todo tipo de perfiles o piezas metálicas en general, producidas por impactos o golpes pequeños, cuando el impacto es muy grande y genera destrucción de un elemento o varios se considera como daño de destrucción.

En la evaluación de este elemento, se debe considerar la importancia del elemento que esta abollado, la magnitud y la cantidad de elementos de un mismo tipo con abolladuras.



D-044

Rotura de pernos

El perno de anclaje es una pieza de metal comúnmente enroscado y ubicado con una tuerca y una arandela en un extremo. Se utiliza para asegurar en posición fija el apoyo del puente sobre la estructura.

Se considera una rotura de pernos cuando uno o varios pernos fallan debido a fatiga (sea debido a impactos, sobrecarga en el puente, u otros posibles factores), dividiendo al pernos en dos o más secciones, generando una falla entre la conexión de dos elementos metálicos.

La evaluación de la severidad en este tipo de daño se debe realizar con base a la importancia de la conexión entre los elementos con pernos rotos y la cantidad de pernos fallados.



D-045

Pernos flojos

D-046

Remaches flojos

Uniones de estructuras metálicas en las que se observan pernos o remaches flojos. Este tipo de deficiencia en algunos casos surge desde la colocación o unión entre elementos durante la construcción del puente o debido a falla por fatiga ocasionada por una unión deficiente.

Para determinar la severidad del daño en un elemento se debe tomar en cuenta la cantidad de pernos o remaches flojos vs los existentes en el elemento, la importancia del elemento y se debe especular a futuro próximo cual sería la condición en caso de que más pernos o remaches se aflojen para un mismo tipo de elemento (tomando en cuenta que algunos pernos o remaches son elementales o claves para el buen funcionamiento del elemento).

D-047

Pernos faltantes

D-048

Remaches Faltantes



La falta de alguno de estos elementos de conexión se puede dar debido a fatiga. Los pernos o remaches en la conexión de los elementos deberán ser verificados cuidadosamente durante la inspección, sobre todo cuando la estructura principal del puente es metálica.

La severidad del daño que ocasiona la falta de estos elementos, depende de la cantidad de pernos o remaches faltantes pero sobre todo de la importancia y ubicación de/los elemento(s) ausente(s) en las conexiones.

D-049

Losa de Aproximación Hundida

Este daño se da por asentamiento del terraplén o hundimiento del extremo libre (más alejado del puente) de las losas de acceso. Suelen producirse por deficiente compactación del terraplén en la zona próxima al estribo durante la construcción, o por el hundimiento de los terraplenes de acceso debido al escurrimiento.



D-050

Losa aproximación no visible

Este daño existen en un puente, cuando existen hundimientos en los accesos del puente, y no es posible divisar la existencia de losa de aproximación ya sea porque no existe y el asentamiento es en el terraplén.

D-051

Losa de aproximación rotada

Losa de aproximación que se ha desplazado o girado respecto a su posición original.

D-052

Socavación en la fundación.

Las fundaciones por lo general se encuentran completamente enterradas y por lo tanto, no pueden ser inspeccionadas visualmente. Sin embargo, las fundaciones que están expuestas debido a la erosión del suelo u otros factores deben ser inspeccionadas.



D-053

Fundaciones cedidas



Fundaciones que han cedido o asentado. Cuando este daño se aprecia en un puente, existen desplazamientos en la estructura originados en el cedimiento de algunas fundaciones.

D-053

Asentamientos

Hace referencia a los movimientos verticales diferenciales, que se pueden presentar en las estructuras cuando no existe un diseño apropiado de la fundación.

El patrón de daño por asentamiento de las pilas de un puente, generalmente se relaciona con la presencia de fisuras en la parte superior o inferior de las vigas adyacentes, deflexiones y fracturas en los apoyos. Normalmente las fisuras por asentamiento, siguen la dirección vertical o con poca inclinación, de ancho y longitud variable.

D-055

Estribos desplazados

Estribos desplazados por empuje de suelos. Este daño surge por desplazamiento parcial del suelo sobre el que está colocado el estribo, dejándolo expuesto parte del elemento lo cual genera la facilidad de movimientos del mismo.



D-056

Revestimiento perforado

Revestimientos de taludes y conos que se encuentran con huecos o roturas con pérdida de material. Algunas veces este tipo de daño se puede dar por la falla en el tipo de revestimiento, por deterioro del mismo o por presencia de vegetación sobre este.

La cuantificación de la severidad para este daño, depende de la cantidad de área perforada y lo que la condición de este pueda significar para la seguridad del usuario.

D-057

Pérdidas de material

Pérdida del material componente de los terraplenes y conos de derrame, este tipo de daño se genera en el elemento por deterioro del mismo y en algunas ocasiones debido a vandalismo en la zona. La medida de severidad para este daño, depende de la cantidad de material desprendido o desalojado de los terraplenes o conos de derrame y la inestabilidad que este daño genere al puente.



D-058

Huecos

Vacios que afectan a todo el espesor en losas y losas de aproximación, son oquedades debidas al mal colado del hormigón o generadas a posteriori por factores externos. Debajo de las losas de acceso, suelen producirse por deficiente compactación del terraplén en la zona próxima al estribo durante la construcción, o por el hundimiento de los terraplenes de acceso debido al escurrimiento de material hacia adelante o hacia los laterales del estribo.



D-059 Crecimiento de Vegetación

Aparición o existencia de vegetación en poca o gran magnitud sobre elementos de puentes metálicos o de concreto.



D-060 Suciedad



Residuos de basura o partículas de suelo, acumulados en juntas, apoyos, drenajes, aceras, cordones, entre otros elementos del puente, generando obstrucciones.

D-061 Elementos Faltantes

Falta del elemento considerado para la evaluación. Este tipo de daño indica la ausencia de un elemento o grupo de elementos que forman parte esencial del puente. En este tipo de daño, se deben de considerar todos aquellos elementos que deberían existir como parte del puente pero no se existen, tal como los barandales, señales, defensas de tráfico entre otros.



D-062

Deformación excesiva

Deformación apreciable de vigas y losas al estar sometidas a cargas vivas, pero que se recuperan al cesar el paso de carga.

D-063

Deformación permanente

Vigas y losas que presentan una deformación apreciable. Alteración de la forma original de elementos de la estructura, de manera permanente por acción de cargas de larga duración, como el empuje de suelos o las cargas permanentes, o incluso por la pérdida de sección resistente de elementos debidos a la socavación, corrosión, acción de animales, degradación de los materiales, etc.



D-064

Vibración excesiva

Vibraciones excesivas en el sistema general o total de la estructura de puente. Este tipo de daño generalmente se puede determinar con el vibración que genera un vehículo con el paso sobre el puente.

D-065

Destrucción

Destrucción total o ausencia del elemento sometido a evaluación por rotura completa.



D-066

Fijaciones deficientes

Fijaciones rotas o en mal estado en juntas (unión entre elementos), defensas vehiculares, barandales peatonales. Roturas o desprendimiento de placas que permiten la fijación entre elementos de barandas, defensas, soportes de ductos, tubos entre otros.



D-067

Elemento ineficiente

Cualquier elemento que no esté cumpliendo adecuadamente su función. La evaluación de severidad en este tipo de daño, depende de la poca función o desempeño del elemento que se está evaluando en el puente.

D-068

Impactos.

Los impactos causados a elementos de un puente se aprecian como deformaciones, roturas o eliminación completa o parcial de cualquier elemento componente del puente, algunos impactos pueden ser concebidos por vehículos y otros por el material de arrastre sobre el lecho del cauce.



ANEXO A-6

**ENCUESTA REALIZADA Y
RESULTADOS**

El siguiente anexo tiene como finalidad, demostrar de qué forma se fundamentó la propuesta de mejora descrita en el capítulo III de este trabajo de investigación, concerniente a la metodología de evaluación de daños para la variable Estructura de los puentes en El Salvador; es por ello, que se hizo uso de una técnica de investigación cuantitativa tal como lo es la encuesta, la cual se realizó sobre una población de Ingenieros civiles profesionales que se desempeñan en el área de puentes y estructuras en el país.

Para dicha encuesta se establecieron criterios que permitiesen la obtención de datos de evaluación de puentes; esta fue realizada de manera personal por cada uno de los profesionales, tanto en formato digital como en papel según se le facilitara, respondiendo a cada interrogante con base a su criterio profesional.

La encuesta se estructuró en 3 partes, las cuales han sido denominados de la siguiente manera:

Parte I: Perfil del profesional encuestado.

Parte II: Valoración de elementos componentes de un puente.

Parte III: Valoración de daños en puentes.

De los cuales, para elaborar las propuestas se toman en consideración: la sección 2, que permite dar valoración de los elementos de un puente y la clasificación de estos; y la sección 3, que permite verificar la apreciación de los encuestados sobre la influencia de los daños en los elementos de un puente.

A continuación se describe en que consiste cada uno de los bloques de la encuesta mencionados anteriormente con el respectivo resultado estadístico de los datos obtenidos durante el desarrollo de la misma, posteriormente se muestra el formato general de la encuesta realizada.

Parte I: PERFIL DEL PROFESIONAL ENCUESTADO

El primer bloque de la encuesta plantea establecer los perfiles cada encuestado, en el cual se permita identificar lo siguiente:

- Profesión
- Área en la que se desempeña
- Experiencia como evaluador de puentes

Para lo cual se obtuvieron los siguientes resultados.

En el grafico A-6.1, se observan las profesiones ejercidas por las personas encuestadas para esta investigación. Del 100% de los profesionales encuestados, el 87.5% se desempeñan

como Ingenieros Civiles, mientras que un 12.5% de ellos además de ser ingenieros civiles tienen una especialización como ingenieros estructurales.

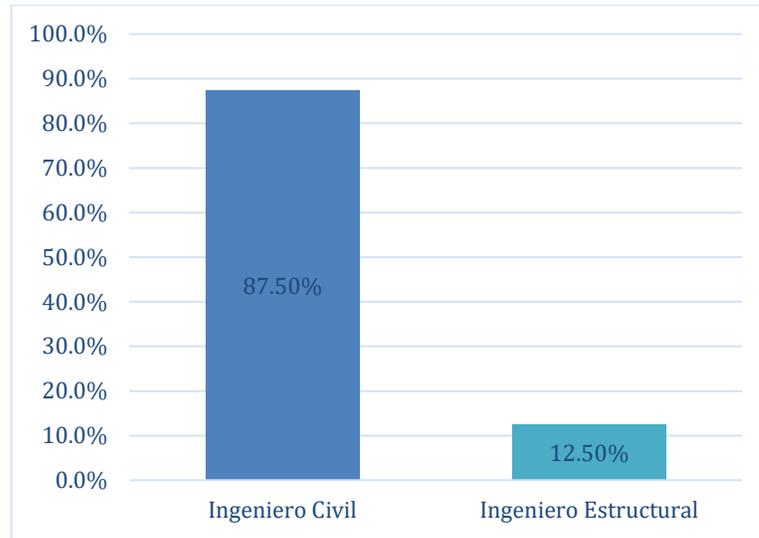


Gráfico A- 6.1 Profesión que desempeñan los encuestados

El área en que se desempeñan los profesionales que fueron encuestados, se muestran en el gráfico A-6.2, en el que se observan tres áreas de la ingeniería civil:

- Ingenieros que se dedican a la preparación académica de profesionales de Ingeniería civil;
- Ingenieros que se dedican al planeamiento y construcción de puentes, obras de paso y edificaciones en general;
- Ingenieros que poseen especialidad y que generalmente se dedica al diseño de estructuras.

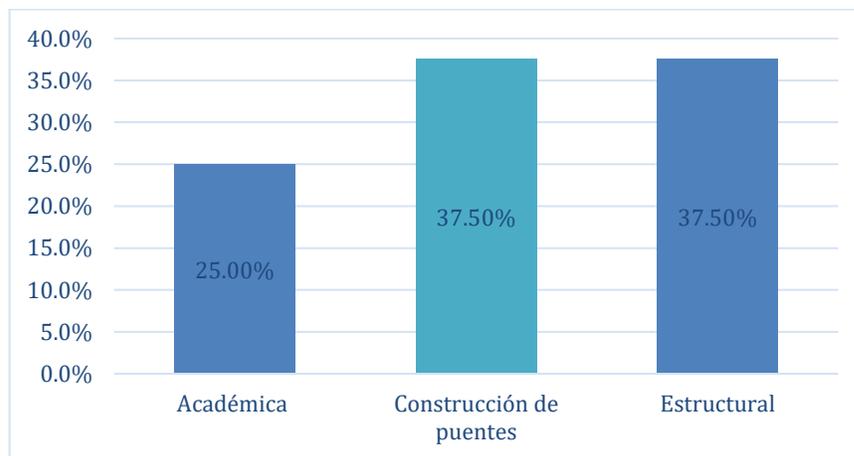


Gráfico A-6. 1 Áreas en la que se desempeñan las los profesionales encuestados.

La experiencia de los Ingenieros civiles encuestados como evaluadores de puentes es tomada en consideración y se muestran en el gráfico A-6.3, del cual el 37.50 % tiene experiencia previa en evaluación de puentes, mientras que el 62.5% no posee experiencia alguna.

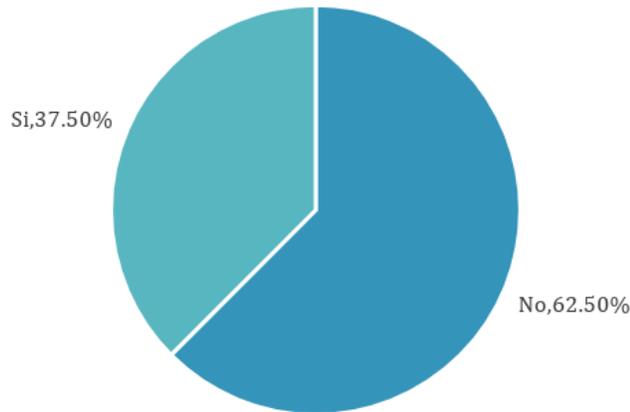


Gráfico A-6. 3 Experiencia previa en evaluación de puentes.

PARTE II: VALORACIÓN DE LOS ELEMENTOS

Esta parte como en la tercera permite considerar criterios de evaluación a partir de las experiencias de los profesionales encuestados. A continuación se muestran los resultados generales obtenidos para cada una de las pregunta que se realizaron en esta parte.

Resultados pregunta 1.

- El 100 % de los profesionales encuestados estuvieron de acuerdo que para evaluar la condición de los puentes resulta conveniente agrupar los elementos en ESTRUCTURALES y COMPLEMENTARIOS.

Comentario de más frecuentes de pregunta realizada:

- *“El análisis y comportamiento son diferentes y por lo tanto es mejor separarlo.”*
- *“La diferenciación primera ha de ser entre elementos estructurales y funcionales (no complementarios), y dentro de los elementos estructurales, hay que hacer también una priorización, entre aquellos más importantes (elementos primarios) y los menos importantes (secundarios); ahora bien, un daño leve en un elemento principal puede ser menos importante que un daño grave en un elemento secundario y ahí el criterio lo ha de poner el especialista que revise.”*

- *“Debido a que con ello se podrá analizar el puente desde dos puntos de vista, siendo el primero el tema Estructural, el cual garantiza la seguridad del usuario de la estructura y en segundo lugar la el tema de Funcionabilidad, el cual permitirá verificar si es adecuado en base al tráfico vehicular al cual se ve expuesta”*

A partir de esto se concluyó que es necesario realizar agrupaciones, ya que como indican los profesionales encuestados, tanto el comportamiento como su afectación sobre la estructura es diferente, como indica uno de los encuestados:

“Primero el tema Estructural, el cual garantiza la seguridad del usuario de la estructura y en segundo lugar la el tema de Funcionabilidad.”

Resultados pregunta 2: Valoración de los elementos

En la segunda pregunta se solicitó, que los profesionales realizaran la identificación a partir de su criterio de aquellos elementos que considerasen complementarios para un puente a partir de un listado de elementos proporcionados.

Para lo cual, el 100 % de los profesionales encuestados coincidieron que para evaluar la condición de los puentes resulta conveniente agrupar los elementos en ESTRUCTURALES y COMPLEMENTARIOS. A partir de esto se concluyó que es necesario realizar agrupaciones de elementos, que generen una mejor calificación de los elementos que conforman la estructura del puente; y tomando en cuenta las recomendaciones de los profesionales encuestados, estas agrupaciones de elementos se denominaran ELEMENTOS ESTRUCTURALES y ELEMENTOS FUNCIONALES.

Continuando con la valoración de los elementos, en la tabla A-6.1, se muestran los elementos que los profesionales encuestados han considerado como ELEMENTOS FUNCIONALES donde la columna “F” muestra la frecuencia de elección en porcentaje, por ejemplo para el elemento “Defensas de tráfico”, el 62.5 indica el porcentaje de los profesionales que escogieron ese elemento como funcional en un puente.

Tabla A-6. 1 Elección de elementos complementarios.

F	ELEMENTOS	F	ELEMENTOS
0	Elementos principales*	62.5	Defensas de tráfico
0	Elementos secundarios*	62.5	Barandales
0	Elementos terciarios*	62.5	Bordillos y aceras
0	Elementos de cuarto nivel*	37.5	Elemento de junta
37.5	Superficie de rodamiento	50	Drenajes en calzada
0	Aparatos de apoyo	50	Señalamiento horizontal
0	Dados de apoyo	50	Drenaje en estribos
0	Vigas de apoyo	37.5	Revestimiento frontal
0	Columnas (pilas)	37.5	Revestimiento de cono de derrame
0	Viga transversal intermedia	37.5	Revestimiento lateral

0	Muros	37.5	Murete al pie del talud
0	Arrostramiento diagonal	425	Drenajes en accesos
0	Viga de apoyos en estribos	37.5	Defensas en accesos
0	Muro superior	550	Señalamiento vertical
0	Muro inferior	50	Señalamiento horizontal
0	Columnas (estribos)	25	Losa de aproximación
0	Muros laterales	12.5	Pilotes
0	Zapata corrida	12.5	Emplantillado
0	Zapata aislada	25	Terraplenes
0	Viga de amarre	12.5	Topes antisísmicos en pilas
0	Cabezal de pilotes	12.5	Topes antisísmicos en estribos

PARTE III: VALORACIÓN DE LOS DAÑOS ACTUANTES EN LOS PUENTES.

Esta parte posee la finalidad de que los profesionales encuestados, con base en su experiencia y conocimiento técnico indicasen entre cuatro tipos de escalas presentadas, el rango de evaluación de severidad o avance del daño que consideran como el más indicado durante una inspección visual de puentes, de los cuales el 62.5% estuvo de acuerdo en que la mejor escala está en un rango de 1 a 5 (gráfico A-6.4), para lograr matizar la gravedad del daño presente en los elementos.

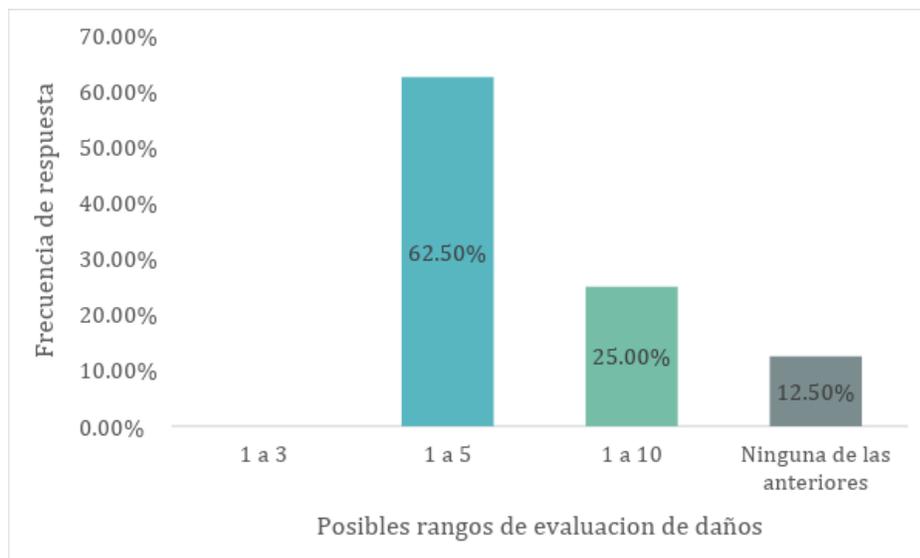


Gráfico A-6. 4 Rango de valoración de daños.

Con base en los resultados obtenidos en esta sección de la encuesta se procedió a establecer 4 rangos de severidades de daños que son: Leve, moderado, grave y crítico, los cuales fueron definidos en el desarrollo del capítulo III.

Además se consultó a los profesionales encuestados, con base a su criterio, cuáles que son los daños que consideran poseen una influencia significativa en el desempeño de un puente (basado en un listado de daños proporcionado en la encuesta), los resultados se muestran en la tabla A-6.2, donde la “F”, indica la frecuencia de selección. Los daños que se muestran en la tabla A-6.2 son parte del listado del actual catálogo de daños del MOP, donde algunos daños fueron retirados de la sección de estructura por considerarse como daños en la funcionalidad del puente, algunos daños fueron agregados, esto debido a que al revisar el catálogo y haber hecho una investigación bibliográfica eran necesarios, para la propuesta de un nuevo catálogo de daños, lo cual se explica con mayor detalle en el capítulo III.

Tabla A-6. 2 Daños que afectan significativamente en los elementos de un puente.

F(%)	TIPO DE DAÑO	F(%)	TIPO DE DAÑO
0	Ahuellamiento	25	Grieta de esquina.
0	Piel de cocodrilo.	12.5	Parche
25	Grieta de reflexión de junta (de losas de concreto de cemento portland)	25	Losa dividida
25	Grietas longitudinales y transversales (no son de reflexión de losas de concreto de cemento Portland).	62.5	Grietas lineales (Grietas longitudinales, transversales y diagonales).
12.5	Desgaste superficial	50	Punzonamiento.
25	Meteorización/ Desprendimiento de agregados	62.5	Deformación en el apoyo
0	Baches en el pavimento	62.5	Apoyos Desplazados
0	Parcheo.	37.5	Apoyos Mal Orientados
0	Señales Confusas	37.5	Apoyos Trabados
0	Señales ilegibles	0	Sumidero Sobre elevado
0	Señalización Vertical Oculta, ilegible	0	Drenajes Tapados
0	Señalización horizontal ilegible	0	Drenajes con Tubos Cortos
12.5	Defensas y Barandales Deformadas	12.5	Oxidación del equipamiento
25	Faltante o deformación de elemento de Junta	62.5	Corrosión de Piezas de Acero
12.5	Obstrucción en Junta de dilatación	62.5	Corrosión del Equipamiento
0	Perfiles Corridos	50	Anclaje Suelto o Desprendido
0	Microfisuras y fisuras menores a 0.2 mm	37.5	Anclaje Deficiente
25	Fisuras de Contracción o Retracción	62.5	Cables Corroídos
37.5	Grietas de Contracción o Retracción	0	Falta de Pintura
37.5	Fisuras de Corte	0	Decoloración en la pintura
25	Fisuras de Corte-Fricción	0	Ampollas
25	Fisuras de Flexión	37.5	Descascaramiento
25	Fisuras de Torsión	12.5	Abolladura
62.5	Grietas de Corte	50	Pernos Flojos
62.5	Grietas de Corte-Fricción	50	Pernos Faltantes
75	Grietas de Flexión	37.5	Remaches Flojos
50	Grietas de Torsión	37.5	Remaches Faltantes
25	Filtraciones	50	Rotura de pernos
25	Eflorescencias	62.5	Socavación en la fundación
37.5	Contaminación del concreto	62.5	Fundaciones Cedidas

25	Delaminación	62.5	Asentamientos
25	Desprendimiento de Concreto	37.5	Estribos desplazados
37.5	Recubrimiento inadecuado y Exposición del acero de refuerzo	25	Losa de Aproximación Hundida
50	Corrosión de piezas de acero de refuerzo en el Concreto	12.5	Losa de Aproximación No Visible
37.5	Colmenas	12.5	Losa de Aproximación Rotada
37.5	Aplastamiento local	0	Crecimiento de Vegetación
50	Oxidación en piezas de acero	0	Suciedad
37.5	Roturas Parciales	0	Ausente
25	Revestimiento Perforado	12.5	Empozamiento
25	Pérdidas de material	12.5	Elementos Faltantes
12.5	Huecos	37.5	Deformación Excesiva
25	Fijaciones Deficientes	50	Deformación Permanente
37.5	Elemento Ineficiente	37.5	Vibración Excesiva
50	Impactos	37.5	Destrucción

Parte de las recomendaciones de los Ingenieros encuestados, en esta sección resultan en clasificar los daños según tipo de afectación en los elementos, indicando que algunos daños mostrados en la encuesta afectan en la estructura del puente, otros daños afectan a la seguridad vial, entre otras clasificaciones. Por lo tanto atendiendo estas recomendaciones se ha realizado una separación de calificación de daños en elementos, tomando 3 de las agrupaciones de daños que se consideran más importantes que son: Daños que afectan la estructura, daños que afectan la seguridad del usuario del puente y daños que afectan la estética los cuales se describen específicamente en el capítulo III.

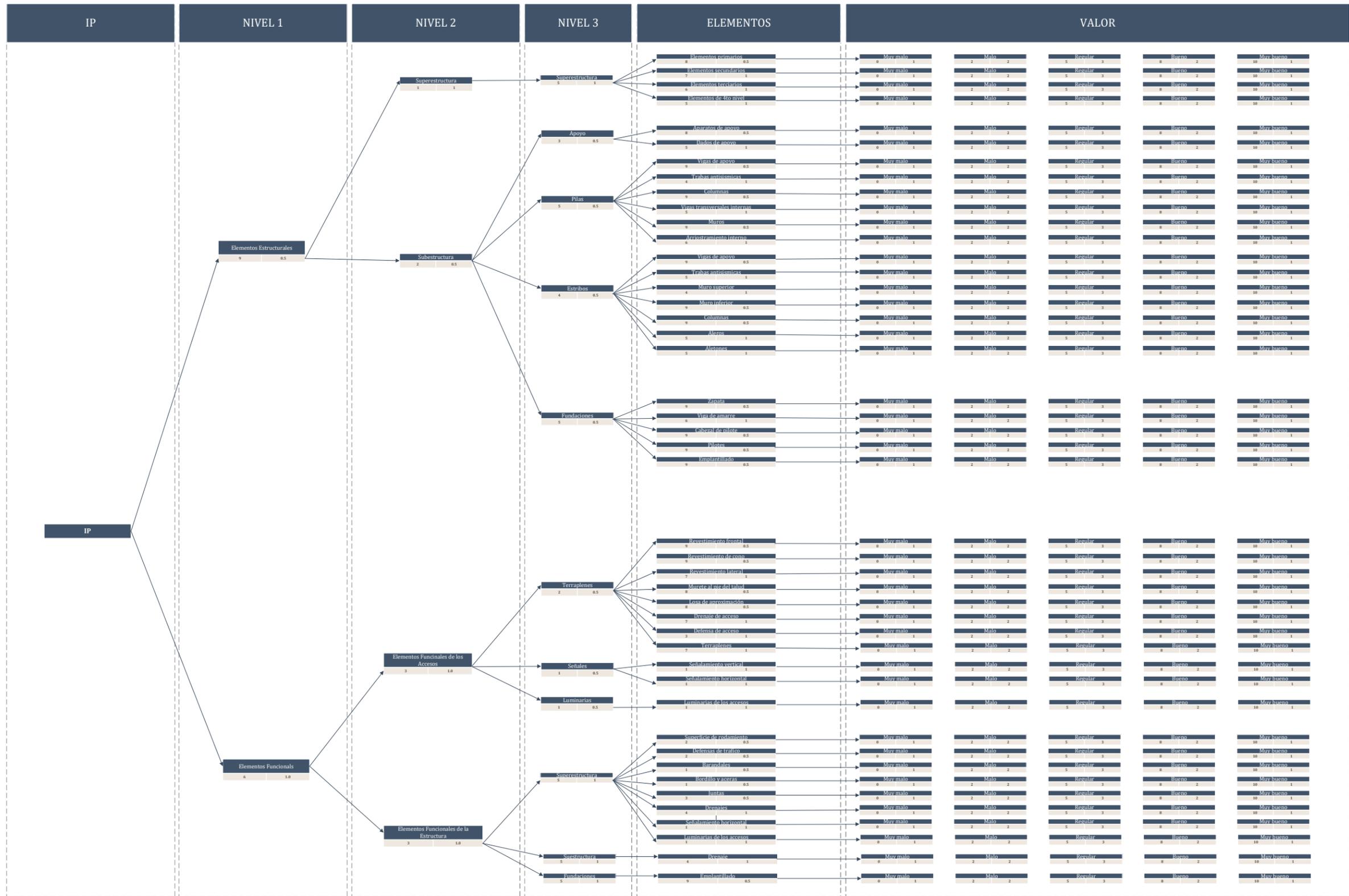
ANEXO A-7

ÁRBOL JERARQUICO PROPUESTO

ÁRBOL JERÁRQUICO DE INCERTIDUBRES E IMPORTANCIAS

DESCRIPCIÓN: ÁRBOL JERÁRQUICO DE PONDERACIONES DE IMPORTANCIA E INCERTIDUBRES, PARA LA DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE PRIORIDAD.

ELABORADO POR: KESSIA TURCIOS



ANEXO A-8

FORMULARIOS ACTUALES DE LOS PUENTES SELECCIONADOS PARA LA INVESTIGACIÓN.

ANEXO A – 8

FORMULARIOS DE INSPECCIÓN DE PUENTES ACTUALES PARA LOS PUENTES SELECCIONADOS PARA LA INVESTIGACIÓN.

En este anexo se presentan los formularios proporcionados por FOVIAL de las inspecciones realizadas a los puentes que fueron seleccionados para la aplicación de las propuestas indicadas en esta investigación (Puente Rio Grande, Puente El Obraje y Puente Santa Barbara).

Los formularios presentados son:

- Formulario IBP-01, referido a la localización, algunas geometrías básicas y características generales.
- Formulario IBP-02, referido a algunas geometrías básicas, características generales y elementos componentes (Capa de rodamiento, barandal, defensa, etc.).
- Formulario IBP-03, referido a la superestructura y sus elementos tales como, tramos, secciones transversales del puente, esquemas y fotografías representativas de la sección transversal del puente.
- Formulario IBP-04, referido a los estribos, fundaciones, apoyos, topes antisísmicos, accesos y juntas.
- Formulario IBP-05, referido a las pilas, fustes, base, dispositivos de apoyo en pilas y esquemas y fotografías representativas de la sección longitudinal del puente.
- Formulario IBP-06, referido a los datos hidráulicos de aquellos puentes que pasan por sobre cauces de ríos.
- Matriz de daños, referido a la identificación de daños por cada elemento.
- Formulario IECF, referido a los registros de daños y el estado de condición de los elementos componente del puente.

**PUENTE RIO GRANDE
FORMULARIOS IBP**



SAP MOP



FORMULARIO IBP-1 INVENTARIO BÁSICO DE PUENTES 1 de 6

(1,2) **INSPECTOR:** Ing. Wilfredo Trigueros **FECHA:** 8/1/2018

(3) **TÉCNICO DE CONTROL DE CALIDAD:** Ing. Gabriela Méndez

LOCALIZACIÓN

(4) **ZONA:** OCCIDENTAL **CENTRAL** ORIENTAL PARACENTRAL

(5) **RUTA o EJE:** CA02W A **MUNICIPIO:** LA LIBERTAD

(6)	DEPARTAMENTO	01	AHUACHAPAN	08	LA PAZ
		02	SANTA ANA	09	CABANAS
		03	SONSONATE	10	SAN VICENTE
		04	CHALATENANGO	11	USULUTÁN
		05	LA LIBERTAD	12	SAN MIGUEL
		06	SAN SALVADOR	13	MORAZÁN
		07	CUSCATLÁN	14	LA UNIÓN

(7)	RED:	01	ESPECIAL	06	RURAL MODIF
		02	PRIMARIA	07	RURAL
		03	SECUNDARIA	08	VECINAL
		04	TERCIARIA MODIF	09	URBANA
		05	TERCIARIA	10	OTRA

(8,9) **TRAMO:** DESDE: CA04S
HASTA: LD SONSONATE

(10,11) **NOMBRE DEL PUENTE:** RÍO GRANDE **NÚMERO DEL PUENTE:** CA02W-7

(12) **DESIGNACIÓN DEL PASO:** RÍO

(13) **PROPIETARIO:** MOP MUNICIPAL PARTICULAR

(14,15,16) **UBICACIÓN:** LATITUD: 13.49498000
LONGITUD: 89.37645000 **ESTACIÓN:** 7+280

GEOMETRÍA Y CARACTERÍSTICAS GENERALES

(17,18) **AÑO DE CONSTRUCCIÓN:** **AÑO DE DISEÑO:**

(19) **CARGAS DE DISEÑO:**

(20,21) **LONGITUD TOTAL:** 44.00 m **N° DE TRAMOS:** 3

(22) **LONGITUDES DE LOS TRAMOS:** 1 2 3 4 5 6 7
14.67 14.67 14.67

(23,24) **ANCHO DE CALZADA:** 8.00 m **CONSTANTE** VARIABLE

LADO IZQUIERDO			LADO DERECHO		
(25,26)	ANCHO DE ACERA:	0.60 m	ANCHO DE ACERA:	0.60 m	
(27,28)	ALTURA DEL BORDILLO:	0.20 m	ALTURA DEL BORDILLO:	0.20 m	
(29,30)	ALTURA DE DEFENSA:	m	ALTURA DE DEFENSA:	m	
(31,32)	ALTURA DE BARANDAL:	0.8 m	ALTURA DE BARANDAL:	0.8 m	

(33) **COMENTARIOS:** El barandal es de tipo peatonal - vehicular



SAP MOP



FORMULARIO IBP-2 INVENTARIO BÁSICO DE PUENTES 2 de 6

(34,35)	ESVIAJE:	SI	<input checked="" type="radio"/> NO	0 °	CURVATURA:	SI	<input checked="" type="radio"/> NO	R= m
(36,37)	GÁLIBO VERT SOBRE EL PTE:	N/A m			GÁLIBO HORIZ SOBRE EL PTE:	9.5 m		
(38,39)	GÁLIBO VERT BAJO EL PTE:	N/A m			GÁLIBO HORIZ BAJO EL PTE:	N/A m		
(40,41)	CURVA ENTRADA:	SI	<input checked="" type="radio"/> NO	R= m	CURVA SALIDA:	<input checked="" type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	R= 75m
(42,43)	VISIBILIDAD EN EL INGRESO:	<input checked="" type="radio"/> BUENA - REG - MALA			VISIBILIDAD EN LA SALIDA:	<input checked="" type="radio"/> BUENA - REG - MALA		
(44)	PENDIENTE LONGITUDINAL EN EL PUENTE:	SI	<input checked="" type="radio"/> NO	i = - 1 %				
(45,46)	PEND. ENTRADA:	<input checked="" type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	i = - 1 %	PEND. SALIDA:	SI	<input checked="" type="radio"/> NO	i = +2%
(47)	PENDIENTE TRANSVERSAL:			PERALTE p = %		<input checked="" type="radio"/> BOMBEO		i = 2 %
(48)	COTA DE RASANTE:	10 m						
(49,50)	SEÑALIZ. VERTICAL:	<input checked="" type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO		SEÑALIZ. HORIZONTAL:	<input checked="" type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
(51)	ILUMINACIÓN:	SI	<input checked="" type="radio"/> NO					
(52)	DUCTOS:	ACUEDUCTO	TELÉFONO	GAS	POLIDUCTO	ELECTRICIDAD		

ELEMENTOS COMPONENTES

(53)	TIPO DE PUENTE	<input checked="" type="checkbox"/>	TRAMOS ISOSTÁTICOS	<input type="checkbox"/>	ARCO TABL. SUPERIOR
		<input type="checkbox"/>	TRAMOS CONTINUOS	<input type="checkbox"/>	ARCO TABL. INFERIOR
		<input type="checkbox"/>	VOLADIZOS SUCESIVOS	<input type="checkbox"/>	BAILEY
		<input type="checkbox"/>	COLGANTE	<input type="checkbox"/>	BÓVEDA
		<input type="checkbox"/>	CERCHA	<input type="checkbox"/>	SUPER SPAN
		<input type="checkbox"/>	LOSA	<input type="checkbox"/>	CAJA
		<input type="checkbox"/>	ARCO DE MAMPOSTERÍA	<input type="checkbox"/>	OTRO (DESCRIBIR)

(54,55,56)	CAPA DE RODAMIENTO		BARANDAL IZQUIERDO		BARANDAL DERECHO	
	<input checked="" type="checkbox"/>	ASFÁLTICA	<input checked="" type="checkbox"/>	CONCRETO REFORZADO	<input checked="" type="checkbox"/>	CONCRETO REFORZADO
	<input type="checkbox"/>	CONCRETO SIMPLE	<input type="checkbox"/>	POSTES DE CONCRETO Y TUBO	<input type="checkbox"/>	POSTES DE CONCRETO Y TUBO
	<input type="checkbox"/>	CONCRETO REFORZ.	<input type="checkbox"/>	POSTES DE HIERRO Y TUBOS	<input type="checkbox"/>	POSTES DE HIERRO Y TUBOS
	<input type="checkbox"/>	GRAVA o TIERRA	<input type="checkbox"/>	PLETINAS METÁLICAS	<input type="checkbox"/>	PLETINAS METÁLICAS
<input type="checkbox"/>	ACERO	<input type="checkbox"/>	OTRO (DESCRIBIR)	<input type="checkbox"/>	OTRO (DESCRIBIR)	

(57,58,59)	DEFENSA VEHICULAR IZQUIERDA		DEFENSA VEHICULAR DERECHA		TIPO DRENAJES DE CALZADA	
	<input type="checkbox"/>	NEW JERSEY	<input type="checkbox"/>	NEW JERSEY	<input checked="" type="checkbox"/>	TUBOS EN CALZADA
	<input type="checkbox"/>	POSTES Y HORIZ. DE Conc. Ref.	<input type="checkbox"/>	POSTES Y HORIZ. DE Conc. Ref.	<input type="checkbox"/>	CAJA PARRILLA
	<input type="checkbox"/>	METÁLICA FLEX BEAM	<input type="checkbox"/>	METÁLICA FLEX BEAM	<input type="checkbox"/>	BOCA C/ COLECTOR
	<input type="checkbox"/>	METÁLICA BOX BEAM	<input type="checkbox"/>	METÁLICA BOX BEAM	<input type="checkbox"/>	SIN DRENAJE
	<input type="checkbox"/>	MAMPOSTERÍA	<input type="checkbox"/>	MAMPOSTERÍA	<input type="checkbox"/>	CUNETA
	<input type="checkbox"/>	CONCRETO	<input type="checkbox"/>	CONCRETO	<input type="checkbox"/>	OTRO (DESCRIBIR)
<input type="checkbox"/>	OTRO (DESCRIBIR)	<input type="checkbox"/>	OTRO (DESCRIBIR)	<input type="checkbox"/>		

(60)	COMENTARIOS: El barandal es de tipo peatonal - vehicular, la defensa derecho vehicular se encuentra dañada
------	--



SAP MOP



FORMULARIO IBP-3 INVENTARIO BÁSICO DE PUENTES 3 de 6

(61)	(62)	TRAMOS DEL PUENTE						
		1	2	3	4	5	6	7
(63)	TIPO DE TRAMO:	1	1	1				
(64)	SECCION TRANSVERSAL:	3	3	3				
(65)	DESARROLLO EN PLANTA:	1	1	1				
(66)	N° DE VIGAS LONGITUDINALES:	5	5	5				
(67)	N° DE VIGAS TRANSVERSALES:	3	3	3				

(68,69,70)	TIPOS DE TRAMOS		TIPOS DE SECCIÓN TRANSVERSAL		DESARROLLO EN PLANTA	
	1	ISOSTÁTICO	1	LOSA	1	RECTO
2	CONTINUO	2	LOSA CON VIGAS DE BORDE	2	ESVIAJADO	
3	VOLADIZO	3	LOSA CON VIGAS DE Conc. Ref.	3	CURVO, VIGAS RECTAS IGUAL L.	
4	BÓVEDA	4	LOSA y VIGAS DE ACERO A. LL.	4	CURVO, VIGAS RECTAS DIF. L.	
5	COLGANTE	5	LOSA y VIGAS DE ACERO Cercha	5	CURVO CON VIGAS CURVAS	
6	VIGA GERBER	6	LOSA CON VIGAS DE Conc. Pret.	6	PLANTA TRAPEZIAL	
7	ARCO TABLERO SUP.	7	SECCION CAJÓN CONSTANTE			
8	ARCO TABLERO INF.	8	SECCION CAJÓN VARIABLE			
9	OTRO:					

(71) **ESQUEMAS ESTÁTICOS Y DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL (FOTOGRAFIAR):**

SECCION TRANSVERSAL



SAP MOP



FORMULARIO IBP-4 INVENTARIO BÁSICO DE PUENTES 4 de 6

(72)	TIPO ESTRIBO INICIAL	<input checked="" type="checkbox"/>	CERRADO		N° DE COLUMNAS O CONTRAFUERTES			
			ABIERTO					
			DE GRAVEDAD		MAMPOSTERÍA	CONCRETO	GAVIONES	
(73,74)	ALEROS		AGUAS ARRIBA	<input checked="" type="checkbox"/>	PARALELO	ALETONES	AGUAS ARRIBA	PARALELO
			AGUAS ABAJO	<input checked="" type="checkbox"/>	PARALELO		AGUAS ABAJO	PARALELO

(75)	DISPOSITIVOS DE APOYO	NO VISIBLE	LÁMINA ASFALTO	NEOPRENO	NEOPRENO CONFINADO	CHAPA ACERO	CHAPA PLOMO	RODILLO METÁLICO	BIELA	OTRO
(76)	TOPE ANTISISMICOS	TIENE	<input checked="" type="checkbox"/> NO TIENE	OBSERVACIONES:						

		TIPO	CANTIDAD	DIMENSIONES	COTA DE FUNDACIÓN
(77)	FUNDACIONES	PILOTES HICADOS			
		PILOTES PERFORADOS			
		CILINDROS			
		ZAPATA			
		PILOTE DE GRAVA EMBLANTILLADO			

		REVESTIMIENTO					
		SUELO	PIEDRA	GAVIÓN	LOSAS CONCRETO	GRAMA	OTRO
(80)	ACCESO INICIAL	TALUD DERECHO	<input checked="" type="checkbox"/>				
(81)		CONO DE DERRAME	<input checked="" type="checkbox"/>				
(82)		TALUD FRONTAL		<input checked="" type="checkbox"/>			
(83)		TALUD IZQUIERDO	<input checked="" type="checkbox"/>				
(84)		FUNDACIÓN DEL REVESTIMIENTO					
(85)		LOSA DE APROXIMACIÓN:	<input checked="" type="checkbox"/> NO HAY	SI	L=	m	
(86)		DRENAJE EXTREMO:	<input checked="" type="checkbox"/> NO HAY	DERRAMADERO	CANAL	CAJA	OTRO
(87)		DEFENSAS EN ACCESO:	<input checked="" type="checkbox"/> NO HAY	<input checked="" type="checkbox"/> FLEX BEAM	H°. A°.	MADERA	OTRA

(88)	TIPO ESTRIBO FINAL	<input checked="" type="checkbox"/>	CERRADO		N° DE COLUMNAS O CONTRAFUERTES			
			ABIERTO					
			DE GRAVEDAD		MAMPOSTERÍA	CONCRETO	GAVIONES	
(89,90)	ALEROS		AGUAS ARRIBA	<input checked="" type="checkbox"/>	PARALELO	ALETONES	AGUAS ARRIBA	PARALELO
			AGUAS ABAJO	<input checked="" type="checkbox"/>	PARALELO		AGUAS ABAJO	PARALELO

(91)	DISPOSITIVOS DE APOYO	NO VISIBLE	LÁMINA ASFALTO	NEOPRENO	NEOPRENO CONFINADO	CHAPA ACERO	CHAPA PLOMO	RODILLO METÁLICO	BIELA	OTRO
(92)	TOPE ANTISISMICOS	TIENE	<input checked="" type="checkbox"/> NO TIENE	OBSERVACIONES:						

		TIPO	CANTIDAD	DIMENSIONES	COTA DE FUNDACIÓN
(93)	FUNDACIONES	PILOTES HICADOS			
		PILOTES PERFORADOS			
		CILINDROS			
		ZAPATA			
		PILOTE DE GRAVA EMBLANTILLADO			

		REVESTIMIENTO					
		SUELO	PIEDRA	GAVIÓN	LOSAS CONCRETO	GRAMA	OTRO
(94)	ACCESO FINAL	TALUD DERECHO	<input checked="" type="checkbox"/>				
(96)		CONO DE DERRAME	<input checked="" type="checkbox"/>				
(97)		TALUD FRONTAL		<input checked="" type="checkbox"/>			
(98)		TALUD IZQUIERDO	<input checked="" type="checkbox"/>				
(99)		FUNDACIÓN DEL REVESTIMIENTO					
(100)		LOSA DE APROXIMACIÓN:	<input checked="" type="checkbox"/> NO HAY	SI	L=	m	
(101)		DRENAJE EXTREMO:	<input checked="" type="checkbox"/> NO HAY	DERRAMADERO	CANAL	CAJA	OTRO
(102)		DEFENSAS EN ACCESO:	<input checked="" type="checkbox"/> NO HAY	<input checked="" type="checkbox"/> FLEX BEAM	H°. A°.	MADERA	OTRA

JUNTAS EN LOS ESTRIBOS				
(104,105)	INICIAL	1	FINAL	1

TIPOS DE JUNTAS				
(106)	1	NO VISIBLE	5	LABIO POLÍMERO Y SELLO NEOPRENO
	2	JUNTA ABIERTA SIN ELEMENTO	6	NEOPRENO ARMADO
	3	PERFILES DE ACERO	7	PERFIL DE ACERO
	4	PERFIL DE ACERO Y SELLO NEOPRENO	8	ASFALTO POLIMERIZADO
	9	OTRA :		

(107)	COMENTARIOS:	JUNTAS TAPADAS POR RECAPEO / DEFENSAS DE FLEX BEAM SOLAMENTE EN LA ENTRADA DE LA ESTRUCTURA Y EN LATERAL DERECHO
-------	--------------	--



SAP MOP



FORMULARIO IBP-5 INVENTARIO BÁSICO DE PUENTES **5 de 6**

(108)		PILA QUE SOPORTA LOS TRAMOS						
		1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8
(109)								
(110)	TIPO DE PILA:	5	5					
(111)	TIPO DE FUSTE:	6	6					
(112)	NÚMERO DE COLUMNAS:	-	-					
(113)	TIPO DE BASE:	1	1					
(114)	TIPO DE FUNDACIÓN:							
(115)	APOYOS TRAMO QUE LLEGA:	1	1					
(116)	APOYOS TRAMO QUE SALE:	1	1					
(117)	TIPO DE JUNTA:	1	1					
(118)	TOPES ANTISÍSMICOS (SI/NO):	NO	NO					

(119, 120, 121)	TIPOS DE PILA		TIPOS DE FUSTE		TIPOS DE BASE	
	1	MARCO	1	COLUMNAS CIRCULARES	1	MACIZO CONCRETO SIMPLE
2	PANTALLA	2	COLUMNAS ELÍPTICAS	2	BASE CONCRETO REFORZADO	
3	MARTILLO	3	COLUMNAS RECTANGULARES	3	CABEZAL DE PILOTES	
4	SECCIÓN CAJON	4	PANTALLA SECCIÓN CONSTANTE	4	CABEZAL DE CILINDROS	
5	MASIVA	5	PANTALLA SECCIÓN VARIABLE	5	GAVIONES	
6	PILA-PILOTE	6	MASIVA DE MAMPOSTERÍA	6	EMPLANTILLADO	
7	METÁLICA PERFILES	7	MASIVA DE CONCRETO SIMPLE			
8	METÁLICA TUBOS	8	MASIVA DE GAVIONES			
		9	SECCIÓN CAJÓN			
		10	COLUMNAS DE ACERO			

(122)	TIPO DE FUNDACIÓN	CANTIDAD	DIMENSIONES	COTA DE FUNDACIÓN
(123, 124, 125)	1	DIRECTA		
	2	PILOTES HINCADOS		
	3	PILOTES PERFORADOS		
	4	CILINDROS		
	5	EMPLANTILLADO		
	6	OTRA:		

(126)	DISPOSITIVOS DE APOYO			
	1	NO VISIBLES	7	CHAPA DE ACERO
2	LÁMINA DE ASFALTO	8	CHAPA DE PLOMO	
3	COLUMNAS RECTANGULARES	9	RODILLO DE ACERO	
4	NEOPRENO	10	MÓVIL DE ACERO	
5	NEOPRENO CONFINADO	11	FUJO DE ACERO	
6	NEOPRENO Y TEFLÓN	12	PÉNDOLA DE CONCRETO	
13	OTRO :			

(127)	TIPOS DE JUNTAS			
	1	NO VISIBLES	5	LABIO POLIMERO Y SELLO NEOPRENO
2	JUNTA ABIERTA SIN ELEMENTO	6	NEOPRENO ARMADO	
3	PERFILES DE ACERO	7	PEINE DE ACERO	
4	PERFIL DE ACERO Y SELLO NEOPRENO	8	ASFALTO POLIMERIZADO	
9	OTRA :			

(128) **ESQUEMAS DE VISTA FRONTAL Y LATERAL Y PLANTA DE LAS DIFERENTES PILAS (FOTOGRAFIAR):**



SAP MOP



FORMULARIO IBP-6 INVENTARIO BÁSICO DE PUENTES 6 de 6

	TIPO DE RIO O CURSO DE AGUA						
	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8
SEGÚN PERMANENCIA DEL CAUCE	1	2	1				
SEGÚN EL MATERIAL DEL LECHO	3	3	3				
SEGÚN LA PENDIENTE	2	2	2				
SEGÚN LA FORMA EN PLANTA	2	2	2				
MATERIAL DE ARRASTRE	1, 5	3, 5	1, 5				

SEGÚN PERMANENCIA DEL CAUCE		SEGÚN EL MATERIAL DEL LECHO		SEGÚN LA PENDIENTE	
1	EFIMERO	1	ALUVIAL DE ARENA	1	TORRENTE MAYOR DEL 6%
2	PERENNE	2	ALUVIAL DE GRAVA	2	TORRENCIAL MAYOR DEL 1.5%
3	NO DISPONIBLE	3	ROCOSO	3	DE LLANURA
		4	COHESIVO	4	NO DISPONIBLE
		5	NO DISPONIBLE		

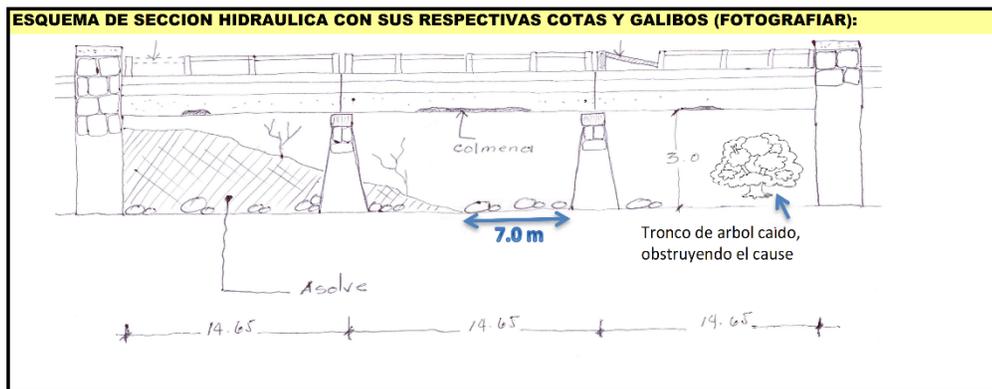
SEGÚN LA FORMA EN PLANTA		MATERIAL DE ARRASTRE			
1	RECTO Y REGULAR	1	TRONCOS	6	RADADURA
2	TRENZADO	2	PLANTAS ACUATICAS	7	NADA
3	MEANDROSO	3	RAMAS	8	OTROS
4	NO DISPONIBLE	4	BASURA	9	NO DISPONIBLE
		5	ARENA		

DATOS HIDRAULICOS DEL PUENTE	COTA EN METROS
COTA DE MAXIMA CRECIENTE	2.3
COTA DE CRECIENTE ORDINARIA	0.2
GALIBO VERTICAL BAJO EL PUENTE	3.0
GALIBO HORIZONTAL BAJO EL PUENTE	7.0

FACTIBILIDAD TECNICA DE CRUCE TEMPORARIO	
1	CRUCE A NIVEL
2	PUENTE PROVISORIO
3	SIN POSIBILIDAD
4	OTROS
5	NO DISPONIBLE

OTROS DATOS	
LONGITUD DE LA ALTERNATIVA EN CASO DE CORTE	2.5 KMS.
FACTIBILIDAD TECNICA DE CRUCE TEMPORARIO	2
IMPORTANCIA DE LA OBRA	3

IMPORTANCIA DE LA OBRA	
1	BAJA
2	MEDIA
3	ALTA
4	NO DISPONIBLE



**PUENTE RIO GRANDE
FORMULARIOS IECP**



FORMULARIO IECP-1 INVENTARIO DE ESTADO DE CONDICIÓN DEL PUENTE

RUTA:	CA29	DEPARTAMENTO:	LA LIBERTAD	INSPECTOR:	ING. MABELLA CRUZ, ING. WILFREDO TRIGUEROS
TRAMO:	DESDE: / HASTA:	PUENTE:	RIO GRANDE	FECHA:	4/9/2017
	CA44S	TIPO DE PUENTE:	ISOSTÁTICO		
	CV, SANTA ISABEL ISHUATAN				

	MUY MALO			MALO			REGULAR			BUENO			MUY BUENO		
ESTRUCTURA															
SUPERESTRUCTURA	1	Elementos Principales													
	2	Elementos Secundarios													
	3	Elementos Terciarios													
	4	Elementos de 4to Nivel													
	5	Superficie de Rodamiento													
	6	Defensas de Trafico													
	7	Barandales													
	8	Bordillos Y Aceras													
	9	Junetas													
	10	Drenajes													
	11	Señalamiento Horizontal													
APOYOS	12	Aparatos de Apoyo													
	13	Dados de Apoyo													
PILAS	14	Vigas de Apoyos													
	15	Trabaz Antisismicas													
	16	Columnas													
	17	Viga Transversal Intermedia													
	18	Muros													
	19	Arriostramiento Diagonal													
ESTRIBOS	20	Viga de Apoyos													
	21	Trabaz Antisismicas													
	22	Muro Superior													
	23	Muro Inferior													
	24	Columnas													
	25	Muros Laterales													
	26	Drenaje													
FUNDACIONES	27	Zapata Corrida													
	28	Zapata Aislada													
	29	Viga de Amarre													
	30	Cabezal de Pilotes													
	31	Pilotes													
	32	Empantallado													
TERRAPLENES	33	Revestimiento Frontal													
	34	Revestimiento de Cono de Derrame													
	35	Revestimiento Lateral													
	36	Murete al Pie del Talud													
	37	Losa de Aproximación													
	38	Drenajes de Accesos													
	39	Defensas en Accesos													
	40	Terraplenes													
SENALES	41	Señalamiento Vertical													
	42	Señalamiento Horizontal													

	MUY MALO			MALO			REGULAR			BUENO			MUY BUENO		
NRO DE DAÑO	D10	L	V	D10	L	V	D10	L	V	D7	L	V	D23	L	U
NRO DE DAÑO	D18	L	V	D18	L	V	D18	L	V	D75	L	V	D25	L	U
NRO DE DAÑO	D43	G	V	D44	L	V	D43	L	V	D48	L	V			
NRO DE DAÑO	D44	G	T	D8	L	V	D44	L	V						
NRO DE DAÑO	D8	L	V												
NRO DE DAÑO	D28	L	V												



FORMULARIO IECP-1 INVENTARIO DE ESTADO DE CONDICIÓN DEL PUENTE

		CONDICIÓN DEL PUENTE					NRO DE DAÑO			NRO DE DAÑO			NRO DE DAÑO			NRO DE DAÑO			NRO DE DAÑO											
		MUY AVANZADA	AVANZADA	INCIPENTE	ESPERABLE	NO Apreciable	Local o General	U no V años T odos	D84	L	V	Local o General	U no V años T odos	D86	L	V	Local o General	U no V años T odos	D88	L	V	Local o General	U no V años T odos	D90	L	V				
AGENTES EXTERNOS	HIDRÁULICA	43																												
AGENTES EXTERNOS	SOBRECARGAS																													
AGENTES EXTERNOS	MEDIO AMBIENTE																													




SAP MOP

FORMULARIO IECP-1 INVENTARIO DE ESTADO DE CONDICIÓN DEL PUENTE

ESTADO DE CONDICIÓN DEL PASO DEL AGUA BAJO EL PUENTE Y DEL CAUCE	
PUENTE N° CA02W-7	NOMBRE DEL PUENTE: RIO GRANDE
INSPECTOR: ING MARIELA CRUZ, ING WILFREDO TRIGUEROS	AUXILIAR:
ESQUEMA GEOMÉTRICO Y DE UBICACIÓN DE PROBLEMAS	
<p>Anotar:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Alturas de marcas de aguas máximas y/o dimensiones de huecos de erosión. 2. Esquemas de ubicación y dimensiones de la extensión de la erosión y/o de la zona de agradación. 3. Esquemas de extensión y alturas de zonas con rocas, basura, ripo, ramas de árboles, u otros. 	
CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
MUY MALO	Puente cerrado, ó abierto al tráfico parcialmente, ó con restricciones. El puente está cerca del colapso debido a la mala condición del cauce.
MALO	Protecciones de taludes ó terraplenes falladas. Inundaciones evidentes debido a degradación (erosión), ó agradación (sedimentación masiva) del cauce. Depósitos grandes de ripo, ó desperdicios, ó basura. Socavación grande en estribos ó pilas.
REGULAR	Terraplén erosionado. Daños menores extendidos en rip-rap ó en protección de taludes. Socavación ligera en estribos ó pilas.
BUENO	Terraplenes protegidos adecuadamente ó con vegetación. Daños ligeros en protecciones ó muros; se aprecian estables. Cauce con sedimentación ó erosión ligera.
MUY BUENO	No hay problemas ó situaciones de daño.

**PUENTE RIO GRANDE
FORMULARIOS MATRIZ DE
DAÑOS**



MATRIZ DE DAÑOS O PROBLEMAS VS PARÁMETROS A LOS QUE APLICAN

DAÑOS O PROBLEMAS	ESTRUCTURA											ACCESOS		SEÑALES																																							
	SUPERESTRUCTURA					INFRAESTRUCTURA						TERRAPLENES				SEÑALES																																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42											
D-1 Abolladuras											X																																										
D-2 Anuellamientos																																																					
D-3 Altura Insuficiente																																																					
D-4 Anclaje Suelto o Desprendido																																																					
D-5 Anclajes Deficientes																																																					
D-6 Ausentes											X																																										
D-7 Baches						X																																															
D-8 Borde Saltado						X	X																																														
D-9 Cables Corroidos																																																					
D-10 Colmenas																																																					
D-11 Fundaciones Cedidas																																																					
D-12 Asentamiento Parcial																																																					
D-13 Huecos																																																					
D-14 Pérdidas																																																					
D-15 Crecimiento de Vegetación																																																					
D-16 Señales Confusas																																																					
D-17 Corrosión de Piezas de Acero																																																					



MATRIZ DE DAÑOS O PROBLEMAS VS PARÁMETROS A LOS QUE APLICAN

DAÑOS O PROBLEMAS PARÁMETROS	ESTRUCTURA											ACCESOS																																											
	SUPERESTRUCTURA					INFRAESTRUCTURA						TERRAPLENES						SEÑALES																																					
	APOYOS		PILAS			ESTRIBOS						FUNDACIONES						TERRAPLENES						SEÑALES																															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42													
D-18 Corrosión del Acero en Concreto	X	X																																																					
D-19 Corrosión del Equipamiento																																																							
D-20 Apoyos Desplazados																																																							
D-21 Deformación Excesiva																																																							
D-22 Deformación Permanente																																																							
D-23 Defensas y Barandales Deformados						X																																																	
D-24 Estribos Desplazados																																																							
D-25 Destrucción							X																																																
D-26 Elementos Fallantes																																																							
D-27 Empozamiento																																																							
D-28 Filtraciones																																																							
D-29 Falta de Pintura																																																							
D-30 Falta Elemento de Junta																																																							
D-31 Fijaciones Deficientes																																																							
D-32 Fisuras de Contracción o Retracción																																																							
D-33 Fisuras de Corte																																																							
D-34 Fisuras de Corte-Fricción																																																							



SAP MOP



MATRIZ DE DAÑOS O PROBLEMAS VS PARÁMETROS A LOS QUE APLICAN

DAÑOS O PROBLEMAS	AGENTES EXTERNOS										IMPORTANCIA										FUNCIONALIDAD																			
	HIDRAULICA					S. MEDIO AMBIENTE					PARA USO CIVIL (ECONOMÍA REGIONAL)		TURÍSTICA		POLÍTICA		SOCIAL		DE REPARACIONES		DE OBRAS DE EMERGENCIA QUE SER		DE OPERACIÓN DE LOS VEHÍCULOS E		ADICIONALES POR LIMITACIÓN TEMP		ADICIONAL POR CALZADAS REDUCID													
	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75							
PARÁMETROS																																								
D-76 Profunda																																								
D-77 Extendida a los Laterales																																								
D-78 De suelos Firmes																																								
D-79 Permanente																																								
D-80 En Crecientes																																								
D-81 Lado externo de una curva																																								
D-82 Lado interno de una curva																																								
D-83 Cauce en Recta																																								
D-84 Con Rocas																																								
D-85 Con Grava																																								
D-86 Con Canto Rodados menores																																								
D-87 Con Arena																																								
D-88 Con Suelo Fino																																								
D-89 Con Vegetación																																								
D-90 Muy Pesadas y Frecuentes																																								
D-91 Muy Pesadas Ocasionales																																								
D-92 Superiores a las de Diseño																																								
D-93 Agresivos al Hormigón																																								
DAÑOS O PROBLEMAS																																								
D-98 Insuficiente Para Un Carril																																								
D-99 Insuficiente Para Dos Carriles																																								
D-100 Insuficiente Para Tránsito Pesado																																								
D-101 Insuficiente																																								
D-102 No Uniforme																																								
D-103 HS-15																																								
D-104 HS-20-44																																								
D-105 No Conocida																																								
D-106 Deterioros Muy Avanzados																																								
D-107 Deterioros Avanzados																																								
D-108 Requiere Mantenimiento Urgente																																								
D-109 Insuficiente Seguridad Estructural																																								
D-110 Medio de Comunicación Vital																																								
D-111 Zona Incluida en Planes Esp.																																								
D-112 Acceso Único a Población																																								
D-113 Zona con Plan de Desarrollo Esp.																																								
D-114 Afecta Comunidades																																								
D-115 Puede Generar Conflictos																																								



MATRIZ DE DAÑOS O PROBLEMAS VS PARÁMETROS A LOS QUE APLICAN

PARÁMETROS	AGENTES EXTERNOS										IMPORTANCIA										COSTOS DE EMERG.			
	S. MEDIO AMBIENTE										IMPORTANCIA					IMPORTANCIA								
DAÑOS O PROBLEMAS	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66
DAÑOS O PROBLEMAS	PARÁMETROS																							
D-94 Agresivos al Acero																								
D-95 Contenido Superior a Límites																								
D-96 Agresividad Verificada																								
D-97 Agresividad Supuesta																								
D-116 Corredor Turístico Importante																								
D-117 Yacimiento Arqueológico																								
D-118 Carretera Paisajística																								
D-119 Obra Incluida en Planes Esp.																								
D-120 Vía que Sirve a Comun. Esp.																								
D-121 Requiere Tecnologías Esp.																								
D-122 Reparaciones Muy Extendidas																								
D-123 Reparaciones Muy Costosas																								
D-124 Cruce de Emergencia Muy Costoso																								
D-125 Cruce de Emergencia no Factible																								
D-126 Cruce de Emergencia no Aceptable																								
D-127 Alternativa Muy Extensa																								
D-128 Alternativa Intransitable																								
D-129 Alternativa Requiere Obra Costosa																								
D-130 Tiempos de espera inaceptables																								
D-131 Imposibilidad de vehículos pesados																								

PUENTE EL OBRAJE
FORMULARIOS IBP



SAP MOP



UPV
UNIDAD DE PLANIFICACION VIAL

FORMULARIO IBP-1 INVENTARIO BÁSICO DE PUENTES 1 de 6

(1,2) **INSPECTOR:** Ing. Wilfredo Trigueros **FECHA:** 31/1/2018

(3) **TÉCNICO DE CONTROL DE CALIDAD:** Ing. Gabriela Méndez

LOCALIZACIÓN

(4) **ZONA:** OCCIDENTAL **CENTRAL** ORIENTAL PARACENTRAL

(5) **RUTA o EJE:** RN06S D **MUNICIPIO:** ROSARIO DE MORA

(6)	DEPARTAMENTO	01	AHUACHAPAN	08	LA PAZ
		02	SANTA ANA	09	CABANAS
		03	SONSONATE	10	SAN VICENTE
		04	CHALATENANGO	11	USulután
		05	LA LIBERTAD	12	SAN MIGUEL
		06	SAN SALVADOR	13	MORAZÁN
		07	CUSCATLÁN	14	LA UNIÓN

(7)	RED:	01	ESPECIAL	06	RURAL MODIF
		02	PRIMARIA	07	RURAL
		03	SECUNDARIA	08	VECINAL
		04	TERCIARIA MODIF	09	URBANA
		05	TERCIARIA	10	OTRA

(8,9) **TRAMO:** **DESDE:** ROSARIO DE MORA (ENTRADA)
HASTA: CA2AE

(10,11) **NOMBRE DEL PUENTE:** EL OBRAJE **NÚMERO DEL PUENTE:** RN06S-8

(12) **DESIGNACIÓN DEL PASO:** RIO

(13) **PROPIETARIO:** MOP MUNICIPAL PARTICULAR

(14,15,16) **UBICACIÓN:** **LATITUD:** 13.48563000 **ESTACIÓN:** 11+660
LONGITUD: 89.20203000

GEOMETRÍA Y CARACTERÍSTICAS GENERALES

(17,18) **AÑO DE CONSTRUCCIÓN:** **AÑO DE DISEÑO:**

(19) **CARGAS DE DISEÑO:**

(20,21) **LONGITUD TOTAL:** 8.00 m **Nº DE TRAMOS:** 1

(22) **LONGITUDES DE LOS TRAMOS:** 1 2 3 4 5 6 7

(23,24) **ANCHO DE CALZADA:** 6.50 m **CONSTANTE** VARIABLE

LADO IZQUIERDO		LADO DERECHO	
(25,26)	ANCHO DE ACERA: m	ANCHO DE ACERA: m	
(27,28)	ALTURA DEL BORDILLO: m	ALTURA DEL BORDILLO: m	
(29,30)	ALTURA DE DEFENSA: 0.50 m	ALTURA DE DEFENSA: 0.50 m	
(31,32)	ALTURA DE BARANDAL: m	ALTURA DE BARANDAL: m	

(33) **COMENTARIOS:**



SAP MOP



FORMULARIO IBP-2 INVENTARIO BÁSICO DE PUENTES 2 de 6

(34,35)	ESVIAJE:	SI	<input checked="" type="radio"/> NO	0 °	CURVATURA:	SI	<input checked="" type="radio"/> NO	R= m
(36,37)	GÁLIBO VERT SOBRE EL PTE:	N/A		m	GÁLIBO HORIZ SOBRE EL PTE:	6.5		m
(38,39)	GÁLIBO VERT BAJO EL PTE:	N/A		m	GÁLIBO HORIZ BAJO EL PTE:	N/A		m
(40,41)	CURVA ENTRADA:	SI	<input checked="" type="radio"/> NO	R= m	CURVA SALIDA:	SI	<input checked="" type="radio"/> NO	R= m
(42,43)	VISIBILIDAD EN EL INGRESO:	<input checked="" type="radio"/> BUENA - REG - MALA			VISIBILIDAD EN LA SALIDA:	<input checked="" type="radio"/> BUENA - REG - MALA		
(44)	PENDIENTE LONGITUDINAL EN EL PUENTE:			<input checked="" type="radio"/> SI	NO	i = -1 %		
(45,46)	PEND. ENTRADA:	<input checked="" type="radio"/> SI	NO	i = -1 %	PEND. SALIDA:	<input checked="" type="radio"/> SI	NO	i = -1 %
(47)	PENDIENTE TRANSVERSAL:				PERALTE p= %		<input checked="" type="radio"/> BOMBEO	i = 2 %
(48)	COTA DE RASANTE:	10		m				
(49,50)	SEÑALIZ. VERTICAL:	SI	<input checked="" type="radio"/> NO		SEÑALIZ. HORIZONTAL:	SI	<input checked="" type="radio"/> NO	
(51)	ILUMINACIÓN:	SI	<input checked="" type="radio"/> NO					
(52)	DUCTOS:	ACUEDUCTO	TELÉFONO	GAS	POLIDUCTO	ELECTRICIDAD		

ELEMENTOS COMPONENTES

(53)	TIPO DE PUENTE	TRAMOS ISOSTÁTICOS	ARCO TABL. SUPERIOR
		TRAMOS CONTINUOS	ARCO TABL. INFERIOR
		VOLADIZOS SUCESIVOS	BAILEY
		COLGANTE	<input checked="" type="checkbox"/> BOVEDA
		CERCHA	SUPER SPAN
		LOSA	CAJA
		ARCO DE MAMPOSTERÍA	OTRO (DESCRIBIR)

(54,55,56)	CAPA DE RODAMIENTO	BARANDAL IZQUIERDO	BARANDAL DERECHO
	<input checked="" type="checkbox"/> ASFÁLTICA	CONCRETO REFORZADO	CONCRETO REFORZADO
	CONCRETO SIMPLE	POSTES DE CONCRETO Y TUBO	POSTES DE CONCRETO Y TUBO
	CONCRETO REFORZ.	POSTES DE HIERRO Y TUBOS	POSTES DE HIERRO Y TUBOS
	GRAVA o TIERRA	PLETINAS METÁLICAS	PLETINAS METÁLICAS
ACERO	OTRO (DESCRIBIR)	OTRO (DESCRIBIR)	

(57,58,59)	DEFENSA VEHICULAR IZQUIERDA	DEFENSA VEHICULAR DERECHA	TIPO DRENAJES DE CALZADA
	NEW JERSEY	NEW JERSEY	TUBOS EN CALZADA
	POSTES Y HORIZ. DE Conc. Ref.	POSTES Y HORIZ. DE Conc. Ref.	CAJA PARRILLILLA
	METÁLICA FLEX BEAM	METÁLICA FLEX BEAM	BOCA C/ COLECTOR
	METÁLICA BOX BEAM	METÁLICA BOX BEAM	<input checked="" type="checkbox"/> SIN DRENAJE
	MAMPOSTERÍA	MAMPOSTERÍA	CUNETA
	<input checked="" type="checkbox"/> CONCRETO	<input checked="" type="checkbox"/> CONCRETO	OTRO (DESCRIBIR)
OTRO (DESCRIBIR)	OTRO (DESCRIBIR)		

(60)	COMENTARIOS:
------	---------------------



SAP MOP



FORMULARIO IBP-3 INVENTARIO BÁSICO DE PUENTES **3 de 6**

(61)		TRAMOS DEL PUENTE						
(62)		1	2	3	4	5	6	7
(63)	TIPO DE TRAMO:	4						
(64)	SECCION TRANSVERSAL:	1						
(65)	DESARROLLO EN PLANTA:	1						
(66)	N° DE VIGAS LONGITUDINALES:							
(67)	N° DE VIGAS TRANSVERSALES:							

	TIPOS DE TRAMOS		TIPOS DE SECCIÓN TRANSVERSAL		DESARROLLO EN PLANTA	
	N°	DESCRIPCIÓN	N°	DESCRIPCIÓN	N°	DESCRIPCIÓN
(68,69,70)	1	ISOSTÁTICO	1	LOSA	1	RECTO
	2	CONTINUO	2	LOSA CON VIGAS DE BORDE	2	ESVIAJADO
	3	VOLADIZO	3	LOSA CON VIGAS DE Conc. Ref.	3	CURVO, VIGAS RECTAS IGUAL L.
	4	BÓVEDA	4	LOSA y VIGAS DE ACERO A. LL.	4	CURVO, VIGAS RECTAS DIF. L.
	5	COLGANTE	5	LOSA y VIGAS DE ACERO Cercha	5	CURVO CON VIGAS CURVAS
	6	VIGA GERBER	6	LOSA CON VIGAS DE Conc. Pret.	6	PLANTA TRAPEZIAL
	7	ARCO TABLERO SUP.	7	SECCION CAJÓN CONSTANTE		
	8	ARCO TABLERO INF.	8	SECCION CAJÓN VARIABLE		
	9	OTRO:				

ESQUEMAS ESTÁTICOS Y DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL (FOTOGRAFIAR):

(71)

+----- 6.5 -----+

+----- 5.0 -----+ 10.0 +----- 5.0 -----+



SAP MOP



FORMULARIO IBP-4 INVENTARIO BÁSICO DE PUENTES 4 de 6

(72)	TIPO ESTRIBO INICIAL	<input checked="" type="checkbox"/>	CERRADO		N° DE COLUMNAS O CONTRAFUERTES					
			ABIERTO		MAMPOSTERÍA		CONCRETO		GAVIONES	
		ALEROS	DE GRAVEDAD		PARALELO		ALETONES	AGUAS ARRIBA	<input checked="" type="checkbox"/>	PARALELO
(73,74)			AGUAS ARRIBA	INCLINADO	AGUAS ABAJO			<input checked="" type="checkbox"/>	INCLINADO	
	AGUAS ABAJO		PARALELO	AGUAS ABAJO	<input checked="" type="checkbox"/>			INCLINADO		

(75)	DISPOSITIVOS DE APOYO	NO VISIBLE	LÁMINA ASFALTO	NEOPRENO	NEOPRENO CONFINADO	CHAPA ACERO	CHAPA PLOMO	RODILLO METÁLICO	BIELA	OTRO
(76)	TOPES ANTISÍSMICOS	TIENE	NO TIENE	OBSERVACIONES: NO TIENE DISPOSITIVOS DE APOYO, BOVEDA						

	TIPO	CANTIDAD	DIMENSIONES	COTA DE FUNDACION
(77)	FUNDACIONES			
	PILOTES HICADOS			
	PILOTES PERFORADOS			
	CILINDROS			
	ZAPATA			
	PILOTE DE GRAVA			
	EMPLANTILLADO			

(78)	ACCESO INICIAL	REVESTIMIENTO								
(79)			SUELO	PIEDRA	GAVIÓN	LOSAS CONCRETO	GRAMA	OTRO		
(80)		TALUD DERECHO	X							
(81)		CONO DE DERRAME	-							
(82)		TALUD FRONTAL	-							
(83)		TALUD IZQUIERDO	X							
(84)		FUNDACION DEL REVESTIMIENTO	-							
(85)		LOSA DE APROXIMACIÓN:	NO HAY	SI	L=	m				
(86)		DRENAJE EXTREMO:	NO HAY	DERRAMADERO	CANAL	CAJA	OTRO			
(87)		DEFENSAS EN ACCESO:	NO HAY	FLEX BEAM	H° A°	MADERA	OTRA			

(88)	TIPO ESTRIBO FINAL	<input checked="" type="checkbox"/>	CERRADO		N° DE COLUMNAS O CONTRAFUERTES					
			ABIERTO		MAMPOSTERÍA		CONCRETO		GAVIONES	
		ALEROS	DE GRAVEDAD		PARALELO		ALETONES	AGUAS ARRIBA	<input checked="" type="checkbox"/>	PARALELO
(89,90)			AGUAS ARRIBA	INCLINADO	AGUAS ABAJO			<input checked="" type="checkbox"/>	INCLINADO	
	AGUAS ABAJO		PARALELO	AGUAS ABAJO	<input checked="" type="checkbox"/>			INCLINADO		

(91)	DISPOSITIVOS DE APOYO	NO VISIBLE	LÁMINA ASFALTO	NEOPRENO	NEOPRENO CONFINADO	CHAPA ACERO	CHAPA PLOMO	RODILLO METÁLICO	BIELA	OTRO
(92)	TOPES ANTISÍSMICOS	TIENE	NO TIENE	OBSERVACIONES: NO TIENE DISPOSITIVOS DE APOYO, BOVEDA						

	TIPO	CANTIDAD	DIMENSIONES	COTA DE FUNDACION
(93)	FUNDACIONES			
	PILOTES HICADOS			
	PILOTES PERFORADOS			
	CILINDROS			
	ZAPATA			
	PILOTE DE GRAVA			
	EMPLANTILLADO			

(94)	ACCESO FINAL	REVESTIMIENTO								
(95)			SUELO	PIEDRA	GAVIÓN	LOSAS CONCRETO	GRAMA	OTRO		
(96)		TALUD DERECHO	X							
(97)		CONO DE DERRAME	-							
(98)		TALUD FRONTAL	-							
(99)		TALUD IZQUIERDO	X							
(100)		FUNDACION DEL REVESTIMIENTO	-							
(101)		LOSA DE APROXIMACIÓN:	NO HAY	SI	L=	m				
(102)		DRENAJE EXTREMO:	NO HAY	DERRAMADERO	CANAL	CAJA	OTRO			
(103)		DEFENSAS EN ACCESO:	NO HAY	FLEX BEAM	H° A°	MADERA	OTRA			

JUNTAS EN LOS ESTRIBOS				
(104,105)	INICIAL	1	FINAL	1

(106)	TIPOS DE JUNTAS			
	1	NO VISIBLE	5	LABIO POLIMERO Y SELLO NEOPRENO
	2	JUNTA ABIERTA SIN ELEMENTO	6	NEOPRENO ARMADO
	3	PERFILES DE ACERO	7	PEINE DE ACERO
	4	PERFIL DE ACERO Y SELLO NEOPRENO	8	ASFALTO POLIMERIZADO
	9	OTRA :		

(107)	COMENTARIOS:
-------	---------------------



SAP MOP



FORMULARIO IBP-5 INVENTARIO BÁSICO DE PUENTES **5 de 6**

(108)	PILA QUE SOPORTA LOS TRAMOS						
(109)	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8
(110)	TIPO DE PILA:						
(111)	TIPO DE FUSTE:						
(112)	NÚMERO DE COLUMNAS:						
(113)	TIPO DE BASE:						
(114)	TIPO DE FUNDACIÓN:						
(115)	APOYOS TRAMO QUE LLEGA:						
(116)	APOYOS TRAMO QUE SALE:						
(117)	TIPO DE JUNTA:						
(118)	TOPES ANTISISMICOS (SI/NO):						

(119, 120, 121)	TIPOS DE PILA		TIPOS DE FUSTE		TIPOS DE BASE	
	1	MARCO	1	COLUMNAS CIRCULARES	1	MACIZO CONCRETO SIMPLE
2	PANTALLA	2	COLUMNAS ELÍPTICAS	2	BASE CONCRETO REFORZADO	
3	MARTILLO	3	COLUMNAS RECTANGULARES	3	CABEZAL DE PILOTES	
4	SECCIÓN CAJON	4	PANTALLA SECCIÓN CONSTANTE	4	CABEZAL DE CILINDROS	
5	MASIVA	5	PANTALLA SECCIÓN VARIABLE	5	GAVIONES	
6	PILA-PILOTE	6	MASIVA DE MAMOSTERÍA	6	EMPLANTILLADO	
7	METÁLICA PERFILES	7	MASIVA DE CONCRETO SIMPLE			
8	METÁLICA TUBOS	8	MASIVA DE GAVIONES			
		9	SECCIÓN CAJÓN			
		10	COLUMNAS DE ACERO			

(122)	TIPO DE FUNDACIÓN		CANTIDAD	DIMENSIONES	COTA DE FUNDACIÓN
(123, 124, 125)	1	DIRECTA			
	2	PILOTES HINCADOS			
	3	PILOTES PERFORADOS			
	4	CILINDROS			
	5	EMPLANTILLADO			
	6	OTRA:			

(126)	DISPOSITIVOS DE APOYO			
	1	NO VISIBLES	7	CHAPA DE ACERO
2	LÁMINA DE ASFALTO	8	CHAPA DE PLOMO	
3	COLUMNAS RECTANGULARES	9	RODILLO DE ACERO	
4	NEOPRENO	10	MÓVIL DE ACERO	
5	NEOPRENO CONFINADO	11	FUJO DE ACERO	
6	NEOPRENO Y TEFLÓN	12	PÉNDOLA DE CONCRETO	
13	OTRO :			

(127)	TIPOS DE JUNTAS			
	1	NO VISIBLES	5	LABIO POLÍMERO Y SELLO NEOPRENO
2	JUNTA ABIERTA SIN ELEMENTO	6	NEOPRENO ARMADO	
3	PERFILES DE ACERO	7	PEINE DE ACERO	
4	PERFIL DE ACERO Y SELLO NEOPRENO	8	ASFALTO POLIMERIZADO	
9	OTRA :			

(128)	ESQUEMAS DE VISTA FRONTAL Y LATERAL Y PLANTA DE LAS DIFERENTES PILAS (FOTOGRAFIAR):



SAP MOP



FORMULARIO IBP-6 INVENTARIO BÁSICO DE PUENTES **6 de 6**

	TIPO DE RIO O CURSO DE AGUA						
	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8
SEGÚN PERMANENCIA DEL CAUCE	2						
SEGÚN EL MATERIAL DEL LECHO	3						
SEGÚN LA PENDIENTE	2						
SEGÚN LA FORMA EN PLANTA	2						
MATERIAL DE ARRASTRE	3,4,5						

SEGUN PERMANENCIA DEL CAUCE		SEGÚN EL MATERIAL DEL LECHO		SEGÚN LA PENDIENTE	
1	EFIMERO	1	ALUVIAL DE ARENA	1	TORRENTE MAYOR DEL 6%
2	PERENNE	2	ALUVIAL DE GRAVA	2	TORRENCIAL MAYOR DEL 1.5%
3	NO DISPONIBLE	3	ROCOSO	3	DE LLANURA
		4	COHESIVO	4	NO DISPONIBLE
		5	NO DISPONIBLE		

SEGÚN LA FORMA EN PLANTA		MATERIAL DE ARRASTRE			
1	RECTO Y REGULAR	1	TRONCOS	6	RADADURA
2	TRENZADO	2	PLANTAS ACUATICAS	7	NADA
3	MEANDROSO	3	RAMAS	8	OTROS
4	NO DISPONIBLE	4	BASURA	9	NO DISPONIBLE
		5	ARENA		

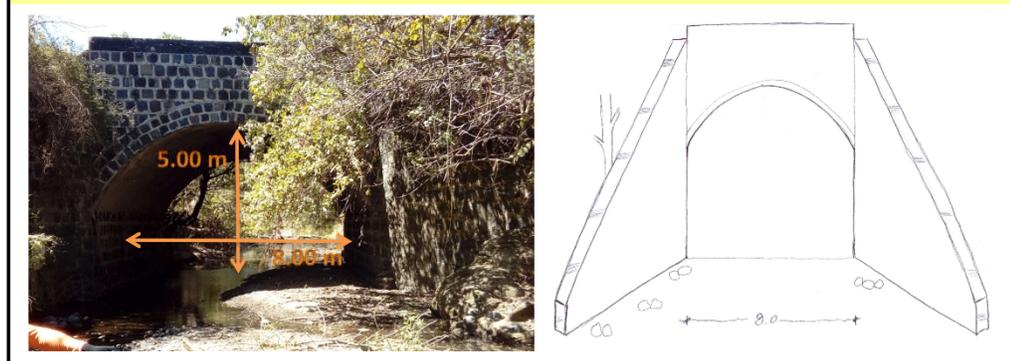
DATOS HIDRAULICOS DEL PUENTE	COTA EN METROS
COTA DE MAXIMA CRECIENTE	2.5
COTA DE CRECIENTE ORDINARIA	0.5
GALIBO VERTICAL BAJO EL PUENTE	5.00
GALIBO HORIZONTAL BAJO EL PUENTE	8.00

FACTIBILIDAD TECNICA DE CRUCE TEMPORARIO	
1	CRUCE A NIVEL
2	PUENTE PROVISORIO
3	SIN POSIBILIDAD
4	OTROS
5	NO DISPONIBLE

OTROS DATOS	
LONGITUD DE LA ALTERNATIVA EN CASO DE CORTE	10.7 KMS.
FACTIBILIDAD TECNICA DE CRUCE TEMPORARIO	2
IMPORTANCIA DE LA OBRA	3

IMPORTANCIA DE LA OBRA	
1	BAJA
2	MEDIA
3	ALTA
4	NO DISPONIBLE

ESQUEMA DE SECCION HIDRAULICA CON SUS RESPECTIVAS COTAS Y GALIBOS (FOTOGRAFIAR):



**PUENTE EL OBRAJE
FORMULARIOS IECP**



SAP MOP
Buenas Obras para la Gente

FORMULARIO IECP-1 INVENTARIO DE ESTADO DE CONDICIÓN DEL PUENTE

RUTA:		RN065		DEPARTAMENTO:		SAN SALVADOR		INSPECTOR:		ING WILFREDO TRIGUEROS	
TRAMO:		DESDE: HASTA:		LOS PLANES DE RENDIGÓS CAOZE		PUENTE:		FECHA:		3/10/2017	
ESTRUCTURA				TIPO DE PUENTE:		BOVEDA		Local o General		Local o General	
		MUY MALO		MALO		REGULAR		BUENO		MUY BUENO	
SUPERES TRUCTURA	1	Elementos Principales									
	2	Elementos Secundarios		X							
	3	Elementos Terciarios			X						
	4	Elementos de 4to Nivel									
	5	Superficie de Rodamiento		X							
	6	Defensas de Tráfico		X							
	7	Barandales									
	8	Bordillos y Aceras									
	9	Juntas									
	10	Drenajes		X							
	11	Señalamiento Horizontal		X							
APOYOS	12	Aparatos de Apoyo									
	13	Dados de Apoyo									
	14	Vigas de Apoyos									
	15	Trabes Antisísmicas									
	16	Columnas									
PILAS	17	Viga Transversal Intermedia									
	18	Muros									
	19	Arriostramiento Diagonal									
	20	Viga de Apoyos									
INFRAES TRUCTURA	21	Trabes Antisísmicas									
	22	Muro Superior									
	23	Muro Inferior									
	24	Columnas									
	25	Muros Laterales		X							
	26	Drenaje									
FUNDACIONES	27	Zapata Corrida									
	28	Zapata Asiacca									
	29	Viga de Amarre									
	30	Cabezal de Pilotes									
ACCESOS	31	Pilotes									
	32	Empantallado									
TERRAPLENES	33	Revestimiento Frontal									
	34	Revestimiento de Cono de Derrame									
	35	Revestimiento Lateral									
	36	Murete al Pie del Talud									
	37	Losa de Aproximación									
	38	Drenajes de Accesos		X							
	39	Defensas en Accesos		X							
	40	Terraplenes		X							
SENALES	41	Señalamiento Vertical		X							
	42	Señalamiento Horizontal		X							



FORMULARIO IECP-1 INVENTARIO DE ESTADO DE CONDICIÓN DEL PUENTE

FUNCIONALIDAD	INSUFICIENTE	MIN. ACEPTABLE	ADECUADO	SOBRA	NRO DE DAÑO	Local o General	U no Varios Todos	NRO DE DAÑO	Local o General	U no Varios Todos	NRO DE DAÑO	Local o General	U no Varios Todos
53 Ancho de Calzada		X											
54 Gálibo Vertical		X			D105	G							
55 Carga de Diseño		X											
56 Vida Útil		X											
IMPORTANCIA	ALTO				NRO DE DAÑO	Local o General	U no Varios Todos	NRO DE DAÑO	Local o General	U no Varios Todos	NRO DE DAÑO	Local o General	U no Varios Todos
	MEDIO												
IMPORTANCIA			X										
			X			D110	G						
		X				D112	G						
		X				D116	G						
		X											
COSTOS DE LA EMERGENCIA		X											
		X											
		X											
		X											
		X											



FORMULARIO IECP-1 INVENTARIO DE ESTADO DE CONDICIÓN DEL PUENTE

ESTADO DE CONDICIÓN DEL PASO DEL AGUA BAJO EL PUENTE Y DEL CAUCE	
PUENTE N° RN06S-8	CLASIFICACIÓN BUENO
NOMBRE DEL PUENTE: EL OBRAJE	
INSPECTOR: ING WILFREDO TRIGUEROS	AUXILIAR:
ESQUEMA GEOMÉTRICO Y DE UBICACIÓN DE PROBLEMAS	
<p>Anotar:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Alturas de marcas de aguas máximas y/o dimensiones de huecos de erosión. 2. Esquemas de ubicación y dimensiones de la extensión de la erosión y/o de la zona de agradación. 3. Esquemas de extensión y alturas de zonas con rocas, basura, ripio, ramas de árboles, u otros. 	
CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
MUY MALO	Puente cerrado, ó abierto al tráfico parcialmente, ó con restricciones. El puente está cerca del colapso debido a la mala condición del cauce.
MALO	Protecciones de taludes ó terraplenes falladas. Inundaciones evidentes debido a degradación (erosión), ó agradación (sedimentación masiva) del cauce. Depósitos grandes de ripio, ó desperdicios, ó basura. Socavación grande en estribos ó pilas.
REGULAR	Terrapién erosionado. Daños menores extendidos en rip-rap ó en protección de taludes. Socavación ligera en estribos ó pilas.
BUENO	Terraplenes protegidos adecuadamente ó con vegetación. Daños ligeros en protecciones ó muros; se aprecian estables. Cauce con sedimentación ó erosión ligera.
MUY BUENO	No hay problemas ó situaciones de daño.

**PUENTE EL OBRAJE
FORMULARIOS MATRIZ DE
DAÑOS**



SAP MOP



Buenas Obras para la Gente

MATRIZ DE DAÑOS O PROBLEMAS VS PARÁMETROS A LOS QUE APLICAN

DAÑOS O PROBLEMAS	AGENTES EXTERNOS							PARÁMETROS	IMPORTANCIA																
	MEDIO AMBIENTE								COSTOS DE EMERG.																
	S.								IMPORTANCIA																
	HIDRAULICA								IMPORTANCIA																
	43	44	45	46	47	48	49		53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66			
	SOCAVACION GENERAL								IMPORTANCIA																
	SOCAVACION LOCALIZADA								IMPORTANCIA																
	ATAQUE SOBRE LOS ESTRIBOS								IMPORTANCIA																
	DEGRADACIÓN DEL LECHO								IMPORTANCIA																
	AGRADACIÓN DEL LECHO								IMPORTANCIA																
	SOBRECARGAS REALES								IMPORTANCIA																
	HUMOS O GASES AGRESIVOS								IMPORTANCIA																
	LÍQUIDOS AGRESIVOS								IMPORTANCIA																
	AGUAS CON SULFATOS O CLORUROS								IMPORTANCIA																
	SUELOS CON SULFATOS O CLORUROS								IMPORTANCIA																
D-94	Agresivos al Acero																								
D-95	Contenido Superior a Límites																								
D-96	Agresividad Verificada																								
D-97	Agresividad Supuesta																								
	DAÑOS O PROBLEMAS																								
	PARÁMETROS																								
	ANCHOS DE CALZADA																								
	GALIBO VERTICAL																								
	CARGA DE DISEÑO																								
	VIDA ÚTIL																								
	ESTRATÉGICA (MILITAR)																								
	PARA USO CIVIL (ECONOMÍA REGIONAL)																								
	TURÍSTICA																								
	POLÍTICA																								
	SOCIAL																								
	DE REPARACIONES																								
	DE OBRAS DE EMERGENCIA QUE SERÁN																								
	DE OPERACIÓN DE LOS VEHÍCULOS																								
	ADICIONALES POR LIMITACIÓN TEMPORAL																								
	ADICIONAL POR CALZADAS REDUCIDAS																								
	DAÑOS O PROBLEMAS																								
D-116	Corredor Turístico Importante																								
D-117	Yacimiento Arqueológico																								
D-118	Carretera Paisajística																								
D-119	Obra Incluida en Planes Esp.																								
D-120	Vía que Sirve a Comun. Esp.																								
D-121	Requiere Tecnologías Esp.																								
D-122	Reparaciones Muy Extendidas																								
D-123	Reparaciones Muy Costosas																								
D-124	Cruce de Emergencia Muy Costoso																								
D-125	Cruce de Emergencia no Factible																								
D-126	Cruce de Emergencia no Aceptable																								
D-127	Alternativa Muy Extensa																								
D-128	Alternativa Intransitable																								
D-129	Alternativa Requiere Obra Costosa																								
D-130	Tiempos de espera inaceptables																								
D-131	Imposibilidad de vehículos pesados																								

**PUENTE SANTA BARBARA
FORMULARIOS IBP**



SAP MOP



FORMULARIO IBP-1 INVENTARIO BÁSICO DE PUENTES 1 de 6

(1,2) **INSPECTOR:** Ing. Wilfredo Trigueros **FECHA:** 16/1/2018

(3) **TÉCNICO DE CONTROL DE CALIDAD:** Ing. Gabriela Méndez

LOCALIZACIÓN

(4) **ZONA:** OCCIDENTAL CENTRAL ORIENTAL **PARACENTRAL**

(5) **RUTA o EJE:** **RN05S E** **MUNICIPIO:** **OLOCUILTA**

(6)	DEPARTAMENTO	01	AHUACHAPAN	08	LA PAZ
		02	SANTA ANA	09	CABANAS
		03	SONSONATE	10	SAN VICENTE
		04	CHALATENANGO	11	USulután
		05	LA LIBERTAD	12	SAN MIGUEL
		06	SAN SALVADOR	13	MORAZAN
		07	CUSCATLÁN	14	LA UNIÓN

(7)	RED:	01	ESPECIAL	06	RURAL MODIF
		02	PRIMARIA	07	RURAL
		03	SECUNDARIA	08	VECINAL
		04	TERCIARIA MODIF	09	URBANA
		05	TERCIARIA	10	OTRA

(8,9) **TRAMO:** **DESDE:** DV OLOCUILTA
HASTA: DV LA LIBERTAD

(10,11) **NOMBRE DEL PUENTE:** SANTA BÁRBARA **NÚMERO DEL PUENTE:** **RN05S-26**

(12) **DESIGNACIÓN DEL PASO:** PASO VEHICULAR

(13) **PROPIETARIO:** **MOP** MUNICIPAL PARTICULAR

(14,15,16) **UBICACIÓN:** **LATITUD:** 13.55070000 **ESTACIÓN:** 1+550
LONGITUD: 89.11557000

GEOMETRÍA Y CARACTERÍSTICAS GENERALES

(17,18) **AÑO DE CONSTRUCCIÓN:** **AÑO DE DISEÑO:**

(19) **CARGAS DE DISEÑO:**

(20,21) **LONGITUD TOTAL:** 5 m **N° DE TRAMOS:** 1

(22) **LONGITUDES DE LOS TRAMOS:** 5 2 3 4 5 6 7

(23,24) **ANCHO DE CALZADA:** 23 m **CONSTANTE** VARIABLE

LADO IZQUIERDO			LADO DERECHO		
(25,26)	ANCHO DE ACERA:	m	ANCHO DE ACERA:	m	
(27,28)	ALTURA DEL BORDILLO:	0.2 m	ALTURA DEL BORDILLO:	0.2	m
(29,30)	ALTURA DE DEFENSA:	m	ALTURA DE DEFENSA:	0.7	m
(31,32)	ALTURA DE BARANDAL:	m	ALTURA DE BARANDAL:	m	

(33) **COMENTARIOS:** La vía posee dos carriles, con un ancho de 4.0 m y un ancho de hombro de 2.50 m



SAP MOP



FORMULARIO IBP-3 INVENTARIO BÁSICO DE PUENTES **3 de 6**

(61)	(62)	TRAMOS DEL PUENTE						
		1	2	3	4	5	6	7
(63)	TIPO DE TRAMO:	4						
(64)	SECCION TRANSVERSAL:	1						
(65)	DESARROLLO EN PLANTA:	1						
(66)	N° DE VIGAS LONGITUDINALES:							
(67)	N° DE VIGAS TRANSVERSALES:							

(68,69,70)	TIPOS DE TRAMOS		TIPOS DE SECCIÓN TRANSVERSAL		DESARROLLO EN PLANTA	
	1	ISOSTÁTICO	1	LOSA	1	RECTO
	2	CONTINUO	2	LOSA CON VIGAS DE BORDE	2	ESVIAJADO
	3	VOLADIZO	3	LOSA CON VIGAS DE Conc. Ref.	3	CURVO, VIGAS RECTAS IGUAL L.
	4	BÓVEDA	4	LOSA y VIGAS DE ACERO A. LL.	4	CURVO, VIGAS RECTAS DIF. L.
	5	COLGANTE	5	LOSA y VIGAS DE ACERO Cercha	5	CURVO CON VIGAS CURVAS
	6	VIGA GERBER	6	LOSA CON VIGAS DE Conc. Pret.	6	PLANTA TRAPEZIAL
	7	ARCO TABLERO SUP.	7	SECCION CAJÓN CONSTANTE		
	8	ARCO TABLERO INF.	8	SECCION CAJÓN VARIABLE		
	9	OTRO:				

(71) **ESQUEMAS ESTÁTICOS Y DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL (FOTOGRAFIAR):**



SAP MOP



FORMULARIO IBP-6 INVENTARIO BÁSICO DE PUENTES **6 de 6**

	TIPO DE RIO O CURSO DE AGUA						
	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8
SEGÚN PERMANENCIA DEL CAUCE							
SEGÚN EL MATERIAL DEL LECHO							
SEGÚN LA PENDIENTE							
SEGÚN LA FORMA EN PLANTA							
MATERIAL DE ARRASTRE							

SEGÚN PERMANENCIA DEL CAUCE		SEGÚN EL MATERIAL DEL LECHO		SEGÚN LA PENDIENTE	
1	EFIMERO	1	ALUVIAL DE ARENA	1	TORRENTE MAYOR DEL 6%
2	PERENNE	2	ALUVIAL DE GRAVA	2	TORRENCIAL MAYOR DEL 1.5%
3	NO DISPONIBLE	3	ROCOSO	3	DE LLANURA
		4	COHESIVO	4	NO DISPONIBLE
		5	NO DISPONIBLE		

SEGÚN LA FORMA EN PLANTA		MATERIAL DE ARRASTRE			
1	RECTO Y REGULAR	1	TRONCOS	6	RADADURA
2	TRENZADO	2	PLANTAS ACUATICAS	7	NADA
3	MEANDROSO	3	RAMAS	8	OTROS
4	NO DISPONIBLE	4	BASURA	9	NO DISPONIBLE
		5	ARENA		

DATOS HIDRAULICOS DEL PUENTE	COTA EN METROS
COTA DE MAXIMA CRECIENTE	N/A
COTA DE CRECIENTE ORDINARIA	N/A
GALIBO VERTICAL BAJO EL PUENTE	4
GALIBO HORIZONTAL BAJO EL PUENTE	5

FACTIBILIDAD TECNICA DE CRUCE TEMPORARIO	
1	CRUCE A NIVEL
2	PUENTE PROVISORIO
3	SIN POSIBILIDAD
4	OTROS
5	NO DISPONIBLE

OTROS DATOS	
LONGITUD DE LA ALTERNATIVA EN CASO DE CORTE	2 KMS
FACTIBILIDAD TECNICA DE CRUCE TEMPORARIO	2
IMPORTANCIA DE LA OBRA	3

IMPORTANCIA DE LA OBRA	
1	BAJA
2	MEDIA
3	ALTA
4	NO DISPONIBLE

ESQUEMA DE SECCION HIDRAULICA CON SUS RESPECTIVAS COTAS Y GALIBOS (FOTOGFIAR):





SAP MOP



FORMULARIO IBP-2 INVENTARIO BÁSICO DE PUENTES 2 de 6

(34,35)	ESVIAJE:	SI	<input checked="" type="radio"/> NO	0 °	CURVATURA:	SI	<input checked="" type="radio"/> NO	R=	m	
(36,37)	GÁLIBO VERT SOBRE EL PTE:	N/A m			GÁLIBO HORIZ SOBRE EL PTE:	10.50 m				
(38,39)	GÁLIBO VERT BAJO EL PTE:	4 m			GÁLIBO HORIZ BAJO EL PTE:	5 m				
(40,41)	CURVA ENTRADA:	SI	<input checked="" type="radio"/> NO	R=	m	CURVA SALIDA:	<input checked="" type="radio"/> SI	NO	R= 80 m	
(42,43)	VISIBILIDAD EN EL INGRESO:	<input checked="" type="radio"/> BUENA - REG - MALA			VISIBILIDAD EN LA SALIDA:	<input checked="" type="radio"/> BUENA - REG - MALA				
(44)	PENDIENTE LONGITUDINAL EN EL PUENTE:				<input checked="" type="radio"/> SI	NO	i = -3 %			
(45,46)	PEND. ENTRADA:	<input checked="" type="radio"/> SI	NO	i = -3 %		PEND. SALIDA:	<input checked="" type="radio"/> SI	NO	i = -3 %	
(47)	PENDIENTE TRANSVERSAL:			PERALTE p=	%		<input checked="" type="radio"/> BOMBEO	i = 2 %		
(48)	COTA DE RASANTE:		10 m							
(49,50)	SEÑALIZ. VERTICAL:		SI	<input checked="" type="radio"/> NO	SEÑALIZ. HORIZONTAL:		<input checked="" type="radio"/> SI	NO		
(51)	ILUMINACIÓN:		<input checked="" type="radio"/> SI	NO						
(52)	DUCTOS:		<input checked="" type="radio"/> ACUEDUCTO	TELÉFONO	GAS	POLIDUCTO	ELECTRICIDAD			

ELEMENTOS COMPONENTES

(53)	TIPO DE PUENTE	TRAMOS ISOSTATICOS		ARCO TABL. SUPERIOR
		TRAMOS CONTINUOS		ARCO TABL. INFERIOR
		VOLADIZOS SUCESIVOS		BAILEY
		COLGANTE		BÓVEDA
		CERCHA	<input checked="" type="checkbox"/>	SUPER SPAN
		LOSA		CAJA
		ARCO DE MAMPOSTERIA		OTRO (DESCRIBIR)

(54,55,56)	CAPA DE RODAMIENTO		BARANDAL IZQUIERDO		BARANDAL DERECHO	
	<input checked="" type="checkbox"/>	ASFÁLTICA		CONCRETO REFORZADO		CONCRETO REFORZADO
		CONCRETO SIMPLE		POSTES DE CONCRETO Y TUBO		POSTES DE CONCRETO Y TUBO
		CONCRETO REFORZ.		POSTES DE HIERRO Y TUBOS		POSTES DE HIERRO Y TUBOS
		GRAVA o TIERRA		PLETINAS METÁLICAS		PLETINAS METÁLICAS
		ACERO		OTRO (DESCRIBIR)		OTRO (DESCRIBIR)

(57,58,59)	DEFENSA VEHICULAR IZQUIERDA		DEFENSA VEHICULAR DERECHA		TIPO DRENAJES DE CALZADA	
		NEW JERSEY		NEW JERSEY		TUBOS EN CALZADA
		POSTES Y HORIZ. DE Conc. Ref.		POSTES Y HORIZ. DE Conc. Ref.		CAJA PARRILLILLA
		METÁLICA FLEX BEAM	<input checked="" type="checkbox"/>	METÁLICA FLEX BEAM		BOCA C/ COLECTOR
		METÁLICA BOX BEAM		METÁLICA BOX BEAM		SIN DRENAJE
		MAMPOSTERÍA		MAMPOSTERÍA	<input checked="" type="checkbox"/>	CUNETA
		CONCRETO		CONCRETO		OTRO (DESCRIBIR)

(60)	COMENTARIOS:
------	---------------------



SAP MOP



FORMULARIO IBP-4 INVENTARIO BÁSICO DE PUENTES **4 de 6**

(72)	TIPO ESTRIBO INICIAL	N/A	CERRADO		N° DE COLUMNAS O CONTRAFUERTES					
(73,74)		ALEROS	ABIERTO		MAMPOSTERÍA		CONCRETO		GAVIONES	
	AGUAS ARRIBA			PARALELO		ALETONES	AGUAS ARRIBA		PARALELO	
	AGUAS ABAJO			INCLINADO			AGUAS ABAJO		INCLINADO	
				PARALELO					PARALELO	
			INCLINADO					INCLINADO		

(75)	DISPOSITIVOS DE APOYO	NO VISIBLE	LÁMINA ASFALTO	NEOPRENO	NEOPRENO CONFINADO	CHAPA ACERO	CHAPA PLOMO	RODILLO METÁLICO	BIELA	OTRO
(76)	TOPES ANTISÍSMICOS	TIENE	<u>NO TIENE</u>	OBSERVACIONES: ESTRUCTURA SUPER SPAN						

		TIPO	CANTIDAD	DIMENSIONES	COTA DE FUNDACION
(77)	FUNDACIONES	PILOTES HICADOS			
		PILOTES PERFORADOS			
		CILINDROS			
		ZAPATA			
		PILOTE DE GRAVA EMLANTILLADO			

		REVESTIMIENTO					
		SUELO	PIEDRA	GAVIÓN	LOSAS CONCRETO	GRAMA	OTRO
(78)	ACCESO INICIAL	TALUD DERECHO	X				
(79)		CONO DE DERRAME					
(80)		TALUD FRONTAL					
(81)		TALUD IZQUIERDO	X				
(82)		FUNDACIÓN DEL REVESTIMIENTO					
(83)		LOSA DE APROXIMACIÓN:	<u>NO HAY</u>	SI	L=	m	
(84)		DRENAJE EXTREMO:	<u>NO HAY</u>	DERRAMADERO	CANAL	CAJA	OTRO
(85)	DEFENSAS EN ACCESO:	NO HAY	<u>FLEX BEAM</u>	Hº. Aº.	MADERA	OTRA	

(88)	TIPO ESTRIBO FINAL	N/A	CERRADO		N° DE COLUMNAS O CONTRAFUERTES					
(89,90)		ALEROS	ABIERTO		MAMPOSTERÍA		CONCRETO		GAVIONES	
	AGUAS ARRIBA			PARALELO		ALETONES	AGUAS ARRIBA		PARALELO	
	AGUAS ABAJO			INCLINADO			AGUAS ABAJO		INCLINADO	
				PARALELO					PARALELO	
			INCLINADO					INCLINADO		

(91)	DISPOSITIVOS DE APOYO	NO VISIBLE	LÁMINA ASFALTO	NEOPRENO	NEOPRENO CONFINADO	CHAPA ACERO	CHAPA PLOMO	RODILLO METÁLICO	BIELA	OTRO
(92)	TOPES ANTISÍSMICOS	TIENE	<u>NO TIENE</u>	OBSERVACIONES: ESTRUCTURA SUPER SPAN						

		TIPO	CANTIDAD	DIMENSIONES	COTA DE FUNDACION
(93)	FUNDACIONES	PILOTES HICADOS			
		PILOTES PERFORADOS			
		CILINDROS			
		ZAPATA			
		PILOTE DE GRAVA EMLANTILLADO			

		REVESTIMIENTO					
		SUELO	PIEDRA	GAVIÓN	LOSAS CONCRETO	GRAMA	OTRO
(94)	ACCESO FINAL	TALUD DERECHO	X				
(95)		CONO DE DERRAME					
(96)		TALUD FRONTAL					
(97)		TALUD IZQUIERDO	X				
(98)		FUNDACIÓN DEL REVESTIMIENTO					
(99)		LOSA DE APROXIMACIÓN:	<u>NO HAY</u>	SI	L=	m	
(100)		DRENAJE EXTREMO:	<u>NO HAY</u>	DERRAMADERO	CANAL	CAJA	OTRO
(101)	DEFENSAS EN ACCESO:	<u>NO HAY</u>	<u>FLEX BEAM</u>	Hº. Aº.	MADERA	OTRA	

JUNTAS EN LOS ESTRIBOS				
(104,105)	INICIAL	1	FINAL	1

TIPOS DE JUNTAS				
(106)	1	NO VISIBLE	5	LABIO POLÍMERO Y SELLO NEOPRENO
	2	JUNTA ABIERTA SIN ELEMENTO	6	NEOPRENO ARMADO
	3	PERFILES DE ACERO	7	PEINE DE ACERO
	4	PERFIL DE ACERO Y SELLO NEOPRENO	8	ASFALTO POLIMERIZADO
	9	OTRA :		

(107)	COMENTARIOS:	
-------	--------------	--



SAP MOP



FORMULARIO IBP-5 INVENTARIO BÁSICO DE PUENTES	5 de 6
--	---------------

	PILA QUE SOPORTA LOS TRAMOS						
(108)							
(109)							
(110)	TIPO DE PILA:						
(111)	TIPO DE FUSTE:						
(112)	NÚMERO DE COLUMNAS:						
(113)	TIPO DE BASE:						
(114)	TIPO DE FUNDACIÓN:						
(115)	APOYOS TRAMO QUE LLEGA:						
(116)	APOYOS TRAMO QUE SALE:						
(117)	TIPO DE JUNTA:						
(118)	TOPES ANTISÍSMICOS (SI/NO):						

(119, 120, 121)	TIPOS DE PILA		TIPOS DE FUSTE		TIPOS DE BASE	
	1	MARCO	1	COLUMNAS CIRCULARES	1	MACIZO CONCRETO SIMPLE
	2	PANTALLA	2	COLUMNAS ELÍPTICAS	2	BASE CONCRETO REFORZADO
	3	MARTILLO	3	COLUMNAS RECTANGULARES	3	CABEZAL DE PILOTES
	4	SECCIÓN CAJON	4	PANTALLA SECCIÓN CONSTANTE	4	CABEZAL DE CILINDROS
	5	MASIVA	5	PANTALLA SECCIÓN VARIABLE	5	GAVIONES
	6	PILA-PILOTE	6	MASIVA DE MAMPOSTERÍA	6	EMPLANTILLADO
	7	METÁLICA PERFILES	7	MASIVA DE CONCRETO SIMPLE		
	8	METÁLICA TUBOS	8	MASIVA DE GAVIONES		
			9	SECCIÓN CAJÓN		
		10	COLUMNAS DE ACERO			

	TIPO DE FUNDACIÓN	CANTIDAD	DIMENSIONES	COTA DE FUNDACIÓN
(122)	1	DIRECTA		
(123, 124, 125)	2	PILOTES HINCADOS		
	3	PILOTES PERFORADOS		
	4	CILINDROS		
	5	EMPLANTILLADO		
	6	OTRA:		

DISPOSITIVOS DE APOYO				
(126)	1	NO VISIBLES	7	CHAPA DE ACERO
	2	LÁMINA DE ASFALTO	8	CHAPA DE PLOMO
	3	COLUMNAS RECTANGULARES	9	RODILLO DE ACERO
	4	NEOPRENO	10	MÓVIL DE ACERO
	5	NEOPRENO CONFINADO	11	FUJO DE ACERO
	6	NEOPRENO Y TEFLÓN	12	PÉNDOLA DE CONCRETO
	13	OTRO :		

TIPOS DE JUNTAS				
(127)	1	NO VISIBLES	5	LABIO POLÍMERO Y SELLO NEOPRENO
	2	JUNTA ABIERTA SIN ELEMENTO	6	NEOPRENO ARMADO
	3	PERFILES DE ACERO	7	PEINE DE ACERO
	4	PERFIL DE ACERO Y SELLO NEOPRENO	8	ASFALTO POLIMERIZADO
	9	OTRA :		

	ESQUEMAS DE VISTA FRONTAL Y LATERAL Y PLANTA DE LAS DIFERENTES PILAS (FOTOGRAFIAR):
(128)	

**PUENTE SANTA BARBARA
FORMULARIOS IECP**



SAP MOP
Buenas Obras para la Gente

FORMULARIO IECP-1 INVENTARIO DE ESTADO DE CONDICIÓN DEL PUENTE

RUTA:		RNO055		DEPARTAMENTO:		LA PAZ		INSPECTOR:		ING. MARIELA CRUZ, ING. WILFREDO TRIGUEROS	
DESDÉ:		SAN SALVADOR (BLVD. LOS PROCERES)		PUENTE:		SANTA BARBARA		FECHA:		20/09/2017	
HASTA:		AEROPUERTO EL SALVADOR		TIPO DE PUENTE:		SUPER SPAN					
TRAMO:											
ESTRUCTURA		MUY MALO		MALO		REGULAR		BUENO		MUY BUENO	
SUPERES TRUCTURA	1	Elementos Principales									
	2	Elementos Secundarios									
	3	Elementos Terciarios									
	4	Elementos de 4to Nivel									
	5	Superficie de Rodamiento									
	6	Defensas de Tráfico									
	7	Barandales									
	8	Bordillos y Aceras									
	9	Juntas									
	10	Drenajes									
	11	Señalamiento Horizontal									
INFRARES TRUCTURA	12	Aparatos de Apoyo									
	13	Dados de Apoyo									
	14	Vigas de Apoyos									
	15	Trabes Antisísmicas									
	16	Columnas									
	17	Viga Transversal Intermedia									
	18	Muros									
	19	Arriostamiento Diagonal									
	20	Viga de Apoyos									
ACCESOS	21	Trabes Antisísmicas									
	22	Muro Superior									
	23	Muro Inferior									
	24	Columnas									
	25	Muros Laterales									
	26	Drenaje									
	27	Zapata Corrida									
	28	Zapata Aislada									
29	Viga de Amarre										
TERRAPLENES	30	Cabezal de Pilotes									
	31	Pilotes									
	32	Empantillado									
	33	Revestimiento Frontal									
	34	Revestimiento de Cono de Derrame									
	35	Revestimiento Lateral									
	36	Murete al Pie del Talud									
	37	Losa de Aproximación									
	38	Drenajes de Accesos									
	39	Defensas en Accesos									
	40	Terraplenes									
	SEÑALES	41	Señalamiento Vertical								
42		Señalamiento Horizontal									



SAP MOP
Buenas Obras para la Gente

FORMULARIO IECP-1 INVENTARIO DE ESTADO DE CONDICIÓN DEL PUENTE

		CONDICIÓN DEL PUENTE					NRO DE DAÑO			NRO DE DAÑO			NRO DE DAÑO			NRO DE DAÑO			NRO DE DAÑO							
		MUY AVANZADA	AVANZADA	INCIDENTE	ESPERABLE	NO APRECIBABLE	Local o General	U no V años T odos	D87	Local o General	U no V años T odos	D88	Local o General	U no V años T odos	D88	Local o General	U no V años T odos	D88	Local o General	U no V años T odos	D88	Local o General	U no V años T odos			
AGENTES EXTERNOS	HIDRAULICA	43				X																				
		44				X																				
		45				X																				
		46				X																				
	47			X																						
	SOBRECARGAS																									
	AGENTES EXTERNOS																									
	MEDIO AMBIENTE																									



SAP MOP

Buenas Obras para la Gente

FORMULARIO IECP-1 INVENTARIO DE ESTADO DE CONDICIÓN DEL PUENTE

		INSUFICIENTE			MIN. ACEPTABLE			ADECUADO			SOBRA			NRO DE DAÑO			Local o General			U no Varios Todos		
		ALTO	MEDIO	BAJO																		
FUNCIONALIDAD																						
FUNCIONALIDAD	53	Ancho de Calzada				X																
	54	Galibo Vertical				X																
	55	Carga de Diseño				X																
	56	Vida Útil																				
IMPORTANCIA																						
IMPORTANCIA	57	Estratégica (Militar)	X																			
	58	Para uso Civil (Economía Regional)	X																			
	59	Turística	X																			
	60	Política		X																		
	61	Social	X																			
	COSTOS DE LA EMERGENCIA	62	De Reparaciones																			
63		De obras de emergencia que sería nec.																				
64		De operación de los vehic. en recorridos																				
65		Adicional por limitación temp. de carga																				
66		Adicional por calzadas reducidas																				



FORMULARIO IECP-1 INVENTARIO DE ESTADO DE CONDICIÓN DEL PUENTE

ESTADO DE CONDICIÓN DEL PASO DEL AGUA BAJO EL PUENTE Y DEL CAUCE	
PUENTE N° RN05S-27	NOMBRE DEL PUENTE: SANTA BARBARA
INSPECTOR: ING. MARIELA CRUZ, ING. WILFREDO TRIGUEROS	AUXILIAR:
ESQUEMA GEOMÉTRICO Y DE UBICACIÓN DE PROBLEMAS	
<p>Anotar:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Alturas de marcas de aguas máximas y/o dimensiones de huecos de erosión. 2. Esquemas de ubicación y dimensiones de la extensión de la erosión y/o de la zona de agradación. 3. Esquemas de extensión y alturas de zonas con rocas, basura, ripio, ramas de árboles, u otros. 	
CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
MUY MALO	Puente cerrado, ó abierto al tráfico parcialmente, ó con restricciones. El puente está cerca del colapso debido a la mala condición del cauce.
MALO	Protecciones de taludes ó terraplenes falladas. Inundaciones evidentes debido a degradación (erosión), ó agradación (sedimentación masiva) del cauce. Depósitos grandes de ripio, ó desperdicios, ó basura. Socavación grande en estribos ó pilas.
REGULAR	Terraplén erosionado. Daños menores extendidos en rip-rap ó en protección de taludes. Socavación ligera en estribos ó pilas.
BUENO	Terraplenes protegidos adecuadamente ó con vegetación. Daños ligeros en protecciones ó muros; se aprecian estables. Cauce con sedimentación ó erosión ligera.
MUY BUENO	No hay problemas ó situaciones de daño.

**PUENTE SANTA BARBARA
FORMULARIOS MATRIZ DE
DAÑOS**



SAP MOP



MATRIZ DE DAÑOS O PROBLEMAS VS PARÁMETROS A LOS QUE APLICAN

DAÑOS O PROBLEMAS	AGENTES EXTERNOS									
	HIDRAULICA					S. MEDIO AMBIENTE				
	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
PARÁMETROS	DAÑOS O PROBLEMAS									
D-94										
D-95										
D-96										
D-97										

DAÑOS O PROBLEMAS	FUNCIONALIDAD							IMPORTANCIA					COSTOS DE EMERG.					
	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	
PARÁMETROS	DAÑOS O PROBLEMAS																	
D-116																		
D-117																		
D-118																		
D-119																		
D-120																		
D-121																		
D-122																		
D-123																		
D-124																		
D-125																		
D-126																		
D-127																		
D-128																		
D-129																		
D-130																		
D-131																		

ANEXO A-9

**FORMULARIOS PROPUESTOS DE
LOS PUENTES SELECCIONADOS
PARA LA INVESTIGACIÓN.**

ANEXO A – 9

FORMULARIOS PROPUESTOS DE INSPECCIÓN, DE LOS PUENTES SELECCIONADOS PARA LA INVESTIGACIÓN.

En este anexo se presenta la información recolectada de las inspecciones de campo realizadas a los puentes seleccionados para la investigación (Puente Rio Grande, Puente El Obraje y Puente Santa Barbara).

Dicha información se encuentra registra en los formularios de inspección propuesto IBP e IECP, como a continuación se describe.

- Formulario IBP-01, referido a datos de localización y características generales del puente.
- Formulario IBP-02, referido a características geométricas y pilas.
- Formulario IBP-03, referido a estribos, accesos y juntas
- Formulario IBP-04, referido a los esquemas representativos tanto longitudinal como transversalmente.
- Formulario IECP, referido al registro de daños de cada puente.

**PUENTE RIO GRANDE
FORMULARIOS IBP**

SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE PUENTES: ANÁLISIS DE SISTEMA EXISTENTE Y PROPUESTA DE MEJORA.
ANEXOS

FORMULARIO: INVENTARIO BASICO DE PUENTES - 1 (IBP-1)

(1)	INSPECTOR:					FECHA:	19/9/2019	
	TÉCNICO DE CONTROL DE CALIDAD:							
LOCALIZACIÓN								
(2)	ZONA:	OCIDENTAL	CENTRAL	ORIENTAL	PARACENTRAL			
(3)	DEPTO:	01	AHUACHAPÁN	06	SAN SALVADOR	11	USulután	
		02	SANTA ANA	07	CUSCATLÁN	12	SAN MIGUEL	
		03	SONSONATE	08	LA PAZ	13	MORAZÁN	
		04	CHALATENANGO	09	CABAÑAS	14	LA UNIÓN	
		05	LA LIBERTAD	10	SAN VICENTE	MUNICIPIO: LA LIBERTAD		
(4)	RED:	01	ESPECIAL	05	TERCIARIA	09	URBANA	
		02	PRIMARIA	06	RURAL MODIF	10	OTRA	
		03	SECUNDARIA	07	RURAL	-	-	
		04	TERCIARIA MODIF	08	VECINAL	RUTA: CA02W		
(5)	TRAMO:	DESDE:	CA04S				HASTA:	LD SONSONATE (INCLUYE 2 C. OTE. PTE. DE LA LIBERTAD)
(6)	NOMBRE DEL PUENTE:	Rio grande				ID DEL PUENTE:	CA02W-01	
	DESIGNACIÓN DEL PASO:	Rio						
(7)	PROPIETARIO:	MOP	MUNICIPAL	PARTICULAR				
(8)	UBICACIÓN:	LATITUD:	13.49498			ESTACIÓN:	007+100	
		LONGITUD:	-89.37645					
TIPO Y SECCIONES DEL PUENTE								
(9)	TIPO DE PUENTE	VIGAS	CERCHA	SUPER SPAN				
		LOSA	ARCO	OTRO:				
(10)	TIPO DE DESARROLLO LONGITUDINAL:	ISOSTÁTICO			CONTÍNUO	INTEGRAL		
(11)	LONGITUD TOTAL (m):	44			N° DE TRAMOS:		3	
(12)	LONGITUDES DE LOS TRAMOS:	1	2	3	4	5	6	7
(13)	TIPO DE TRAMO:	1	1	1				
(14)	SECCIÓN TRANSVERSAL:	2	2	2				
(15)	DESARROLLO EN PLANTA:	1	1	1				
(16)	N° DE VIGAS LONGITUDINALES:	5	5	5				
(17)	N° DE VIGAS TRANSVERSALES:	3	3	3				
(18)	TIPOS DE TRAMOS		TIPOS DE SECCIÓN TRANSVERSAL			DESARROLLO EN PLANTA		
	1	VIGAS	1	LOSA	1	RECTO		
	2	CONTINUO	2	LOSA CON VIGAS DE Conc. Ref.	2	ESVIAJADO		
	3	ARCO	3	LOSA y VIGAS DE ACERO A. LL.	3	CURVO, VIGAS RECTAS DE IGUAL LONGITUD		
	4	OTRO	4	LOSA y VIGAS DE ACERO Cercha	4	CURVO, VIGAS RECTAS DIFERENTE LONGITUD		
			5	LOSA CON VIGAS DE Conc. Pret.	5	CURVO CON VIGAS CURVAS		
			6	SECCIÓN CAJÓN CONSTANTE	6	PLANTA TRAPEZIAL		
		7	SECCIÓN CAJÓN VARIABLE					
ELEMENTOS COMPONENTES								
(19)	BARANDAL IZQUIERDO (m)		CAPA DE RODAMIENTO (m)		BARANDAL DERECHO (m)			
	1.00 m	CONCRETO REFORZADO	6.00 m	ASFÁLTICA	1.00 m	CONCRETO REFORZADO		
		POSTES DE CONCRETO Y TUBO		CONCRETO		POSTES DE CONCRETO Y TUBO		
		POSTES DE HIERRO Y TUBOS		GRAVA o TIERRA		POSTES DE HIERRO Y TUBOS		
	PLETINAS METÁLICAS		ACERO		PLETINAS METÁLICAS			
	OTRO (DESCRIBIR)		OTRO (DESCRIBIR)		OTRO (DESCRIBIR)			
(20)	DEFENSA VEHICULAR IZQUIERDA (m)		TIPO DRENAJES DE CALZADA (m)		DEFENSA VEHICULAR DERECHA (m)			
		NEW JERSEY		TUBOS EN CALZADA		NEW JERSEY		
		POSTES Y HORIZ. DE Conc. Ref.		CAJA PARRILLA		POSTES Y HORIZ. DE Conc. Ref.		
		METÁLICA FLEX BEAM		CUNETA		METÁLICA FLEX BEAM		
	CONCRETO		OTRO (DESCRIBIR)		CONCRETO			
	OTRO (DESCRIBIR)				OTRO (DESCRIBIR)			
OTROS COMPONENTES								
(21)	ANCHO DE ACERA U HOMBROS:	LADO IZQUIERDO	0.6	m	ILUMINACIÓN	SI	NO	
		LADO DERECHO	0.6	m	SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL	SI	NO	
	ALTURA DEL BORDILLO:	LADO IZQUIERDO	0.2	m	SEÑALIZACIÓN VERTICAL	SI	NO	
		LADO DERECHO	0.2	m				
(22)	COMENTARIOS:	Juntas tapadas por recarpeteo, defensas de flex beam se encuentran únicamente en la entrada del puente al lateral derecho, las vigas presentan asentamiento debido a que los apoyos han fallado.						

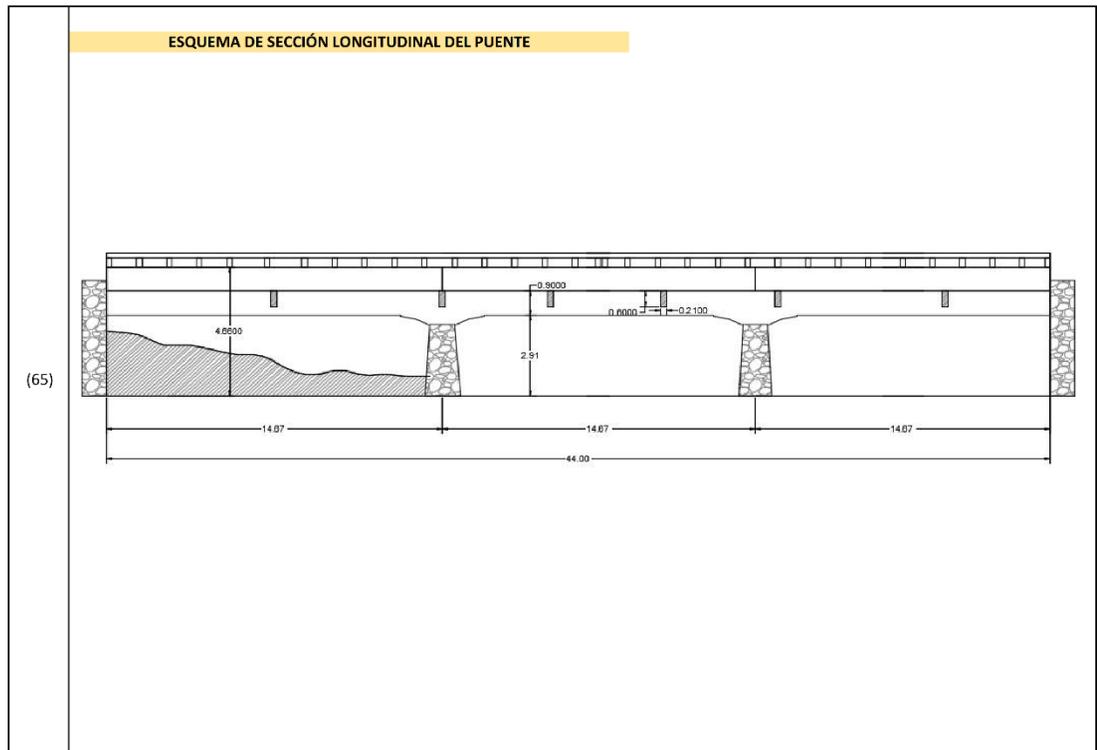
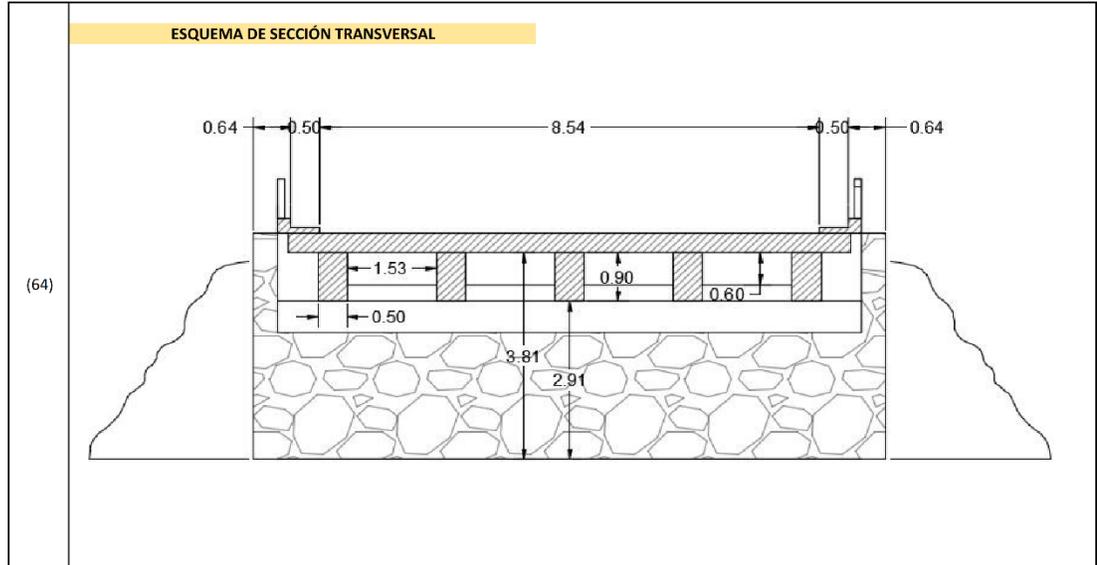
FORMULARIO: INVENTARIO BÁSICO DE PUENTES - 2 (IBP-2)

CARACTERÍSTICAS GENERALES Y GEOMETRIA.										
(23)	AÑO DE CONSTRUCCIÓN:			ANCHO DE CALZADA:			CONSTANTE		VARIABLE	
(24)	ESVAJE:	SI	NO	CURVATURA:			SI	NO		
(25)	CURVA ENTRADA:	SI	NO	CURVA SALIDA:			SI	NO		
(26)	GÁLIBO VERT BAJO EL PTE:			GÁLIBO HORIZ BAJO EL PTE:						
(27)	GÁLIBO VERT SOBRE EL PTE:			GÁLIBO HORIZ SOBRE EL PTE:						
(28)	VISIBILIDAD EN EL INGRESO:			VISIBILIDAD EN LA SALIDA:						
(29)	PEND. ENTRADA:			PEND. SALIDA:						
(30)	PENDIENTE TRANSVERSAL:			PERALTE:			BOMBEO			
PILA QUE SOPORTA LOS TRAMOS										
		1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8		
(31)	TIPO DE PILA:	5	5							
(32)	TIPO DE FUSTE:	6	6							
(33)	NÚMERO DE COLUMNAS:	0	0							
(34)	TIPO DE BASE:	1	1							
(35)	TIPO DE FUNDACIÓN:	1	1							
(36)	APOYOS TRAMO QUE LLEGA:	1	1							
(37)	APOYOS TRAMO QUE SALE:	1	1							
(38)	TIPO DE JUNTA:	3	3							
(39)	TOPES ANTISISMICOS (SI/NO):	NULL	NULL							
(40)	TIPOS DE PILA		TIPOS DE FUSTE				TIPOS DE BASE			
	1	MARCO	1	COLUMNAS CIRCULARES	1	BASE CONCRETO				
	2	PANTALLA	2	COLUMNAS ELÍPTICAS	2	CABEZAL DE PILOTES				
	3	MARTILLO	3	COLUMNAS RECTANGULARES	3	GAVIONES				
	4	SECCIÓN CAJÓN	4	PANTALLA SECCIÓN CONSTANTE						
	5	MASIVA	5	PANTALLA SECCIÓN VARIABLE						
	6	PILA-PILOTE	6	MASIVA DE MAMPOSTERÍA						
	7	METÁLICA PERFILES	7	MASIVA DE CONCRETO SIMPLE						
	8	METÁLICA TUBOS	8	MASIVA DE GAVIONES						
			9	SECCIÓN CAJÓN						
		10	COLUMNAS DE ACERO							
(41)	TIPO DE FUNDACIÓN		CANTIDAD		DIMENSIONES		COTA DE FUNDACIÓN			
	1	DIRECTA								
	2	PROFUNDA								
	3	OTRA:								
(42)	DISPOSITIVOS DE APOYO									
	1	NO VISIBLES	5	NEOPRENO Y TFLÓN	9	FIJO DE ACERO				
	2	LÁMINA DE ASFALTO	6	CHAPA DE ACERO	10	PÉNDOLA DE CONCRETO				
	3	COLUMNAS RECTANGULARES	7	CHAPA DE PLOMO	11	MÓVIL DE ACERO				
	4	NEOPRENO	8	RODILLO DE ACERO	12	OTRO				
(43)	TIPOS DE JUNTAS									
	1	PERFIL DE ACERO Y SELLO NEOPRENO	4	PERFILES DE ACERO	7	PEINE DE ACERO				
	2	LABIO POLÍMERO Y SELLO NEOPRENO	5	ASFALTO POLIMERIZADO	8	NO VISIBLES				
	3	JUNTA ABIERTA SIN ELEMENTO	6	NEOPRENO ARMADO	9	OTRA				
(44)	COMENTARIOS:									

FORMULARIO: INVENTARIO BÁSICO DE PUENTES - 3 (IBP - 3)

ESTRIBOS										
ESTRIBO INICIAL		L=	A=	H=	ESTRIBO INICIAL		L=	A=	H=	
45	CERRADO				CERRADO					
	ABIERTO				ABIERTO					
	DE GRAVEDAD	MAMPOSTERÍA			MAMPOSTERÍA					
		CONCRETO			CONCRETO					
GAVIONES			GAVIONES							
(46)	ALEROS	A. ARRIBA	PARALELO		ALEROS	A. ARRIBA	PARALELO			
		A. ABAJO	INCLINADO			A. ABAJO	INCLINADO			
(47)	ALETONES	A. ARRIBA	PARALELO		ALETONES	A. ARRIBA	PARALELO			
		A. ABAJO	INCLINADO			A. ABAJO	INCLINADO			
DISPOSITIVOS DE APOYO					DISPOSITIVOS DE APOYO					
(48)	NO VISIBLE		CHAPA DE ACERO			NO VISIBLE		CHAPA DE ACERO		
	LÁMINA DE ASFALTO		CHAPA DE PLOMO			LÁMINA DE ASFALTO		CHAPA DE PLOMO		
	NEOPRENO		RODILLO METÁLICO			NEOPRENO		RODILLO METÁLICO		
	NEOPRENO CONFINADO		BIELA			NEOPRENO CONFINADO		BIELA		
	NO EXISTE		OTRO			NO EXISTE		OTRO		
(49)	TOPES ANTISISMICOS			HAY	NO HAY	TOPES ANTISISMICOS			HAY	NO HAY
FUNDACIONES					FUNDACIONES					
(50)	TIPO	CANTIDAD	DIMENSIÓN	COTA	TIPO	CANTIDAD	DIMENSIÓN	COTA		
	DIRECTA				DIRECTA					
	PROFUNDA				PROFUNDA					
	OTRA				OTRA					
ACCESOS										
(51)	MATERIALES DE REVESTIMIENTO			SUELO	PIEDRA	GAVIÓN	LOSA DE CONCRETO	GRAMA	OTRO	
ACCESO INICIAL					ACCESO FINAL					
	TIPO DE ELEMENTO		MATERIAL			TIPO DE ELEMENTO		MATERIAL		
(52)	TALUD DERECHO					TALUD DERECHO				
(53)	CONO DE DERRAME					CONO DE DERRAME				
(54)	TALUD FRONTAL					TALUD FRONTAL				
(55)	TALUD IZQUIERDO					TALUD IZQUIERDO				
(56)	FUNDACIÓN DE REVESTIMIENTO					FUNDACIÓN DE REVESTIMIENTO				
(57)	LOSA DE APROXIMACIÓN:		NO HAY			LOSA DE APROXIMACIÓN:		NO HAY		
			SI HAY	L =	m			SI HAY	L =	m
(58)	DRENAJE EXTREMO		NO HAY			DRENAJE EXTREMO		NO HAY		
			CANAL	CAJA	OTRO			CANAL	CAJA	OTRO
(59)	DEFENSAS EN ACCESOS		NO HAY			DEFENSAS EN ACCESOS		NO HAY		
			MADERA	FLEX BEAM	Hº Aº			MADERA	FLEX BEAM	Hº Aº
TIPOS DE JUNTAS										
(60)	JUNTA ABIERTA SIN ELEMENTO					NEOPRENO ARMADO				
	PERFILES DE ACERO					PEINE DE ACERO				
	PERFIL DE ACERO Y SELLO DE NEOPRENO					ASFALTO POLIMERIZADO				
	LABIO POLIMERO Y SELLO DE NEOPRENO					OTRA				
(61)	TIPO DE JUNTA AL INICIO				NO VISIBLE					
(62)	TIPO DE JUNTA AL FINAL				NO VISIBLE					
(63)	COMENTARIOS:									

FORMULARIO: INVENTARIO BÁSICO DE PUENTES - 4 (IBP - 4)



**PUENTE RIO GRANDE
FORMULARIOS IECP**

FORMULARIO IECP-1 INVENTARIO DE ESTADO DE CONDICIÓN DEL PUENTE

ID de PUENTE: CA02W-1		RUTA: CA02W		FECHA: 19/9/2018																				
TIPO DE PUENTE: VIGAS DE CONCRETO REFORZADO		DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD		LA LIBERTAD																				
INSPECTORES:		TRAMO: DESDE: HASTA:		LD SONSONATE (INCLUYE 2 C. OTE. PTE. DE LA LIBERTAD)																				
				CA04S																				
SUPER ESTRUCTURA	ELEMENTOS ESTRUCTURALES	1 Elementos Principales	X	D-24 M	L	100	% AREA DAÑADA	D-25 L	M	10	% AREA DAÑADA	D-29 L	G	40	% AREA DAÑADA	D-30 G	G	15ml	% AREA DAÑADA	D-33 G	G	101ml		
		2 Elementos Secundarios	X	D-31 M	L	10		ESTRUCTURAL	D-32 M	L	10		ESTRUCTURAL	D-31 G	M	15		ESTRUCTURAL	D-31 C	C	30			
		3 Elementos Terciarios	X	D-27 M	M	G	60		ESTRUCTURAL	D-28 L	M	40		ESTRUCTURAL	D-31 G	M	15		ESTRUCTURAL	D-34 C	C	50		
		4 Elementos de 4to Nivel	X	D-05	M	L	20		ESTRUCTURAL	D-32 M	L	10		ESTRUCTURAL	D-31 G	M	15		ESTRUCTURAL					
		5 Superficie de Rodamiento	X	D-60	M	L	20		ESTRUCTURAL	D-30 G	C	20		ESTRUCTURAL	D-61	C	G	15		ESTRUCTURAL				
		6 Defensas de Tráfico	X	D-33	C	G	10		ESTRUCTURAL	D-60	M	L	20		ESTRUCTURAL	D-27	M	M	40		ESTRUCTURAL			
	ELEMENTOS FUNCIONALES	7 Barandales	X	D-59	G	G	5		ESTRUCTURAL	D-40	C	G	100		ESTRUCTURAL	D-65	G	G	35		ESTRUCTURAL			
		8 Bordillos y Aceras	X	D-15	C	C	100		ESTRUCTURAL	D-60	C	G	10		ESTRUCTURAL	D-59	G	G	25		ESTRUCTURAL			
		9 Juntas	X	D-60	C	M	10		ESTRUCTURAL	D-16	C	C	100		ESTRUCTURAL	D-60	G	G	100		ESTRUCTURAL			
		10 Drenajes	X	D-13	G	G	100		ESTRUCTURAL	D-59	G	G	10		ESTRUCTURAL	D-60	G	G	100		ESTRUCTURAL			
		11 Señalamiento Horizontal	X						ESTRUCTURAL	D-36	G	100		ESTRUCTURAL	D-60	G	G	100		ESTRUCTURAL				
		12 Luminarias	X						ESTRUCTURAL	D-29	M	70		ESTRUCTURAL	D-30	M	M	5		ESTRUCTURAL				
SUB ESTRUCTURA	APOYOS	13 Aparatos de Apoyo	X	D-17	C	100		ESTRUCTURAL	D-29	M	70		ESTRUCTURAL	D-57	L	M	5		ESTRUCTURAL					
		14 Dados de Apoyo	X					ESTRUCTURAL	D-24	L	M	50		ESTRUCTURAL					ESTRUCTURAL					
	PILAS	15 Vigas de Apoyos	X					ESTRUCTURAL					ESTRUCTURAL					ESTRUCTURAL						
		16 Trabes Antisísmicas	X					ESTRUCTURAL					ESTRUCTURAL					ESTRUCTURAL						
		17 Columnas	X					ESTRUCTURAL					ESTRUCTURAL					ESTRUCTURAL						
		18 Viga Transversal Intermedia	X					ESTRUCTURAL					ESTRUCTURAL					ESTRUCTURAL						
		19 Muros	X					ESTRUCTURAL					ESTRUCTURAL					ESTRUCTURAL						
		20 Arriostamiento Diagonal	X					ESTRUCTURAL					ESTRUCTURAL					ESTRUCTURAL						
		21 Viga de Apoyos	X					ESTRUCTURAL					ESTRUCTURAL					ESTRUCTURAL						
		22 Trabes Antisísmicas	X					ESTRUCTURAL					ESTRUCTURAL					ESTRUCTURAL						
ESTRIBOS	23 Muro Superior	X					ESTRUCTURAL					ESTRUCTURAL					ESTRUCTURAL							
	24 Muro Inferior	X					ESTRUCTURAL					ESTRUCTURAL					ESTRUCTURAL							
FUNDACIONES	25 Columnas	X					ESTRUCTURAL					ESTRUCTURAL					ESTRUCTURAL							
	26 Aleros	X					ESTRUCTURAL					ESTRUCTURAL					ESTRUCTURAL							
	27 Aletones	X					ESTRUCTURAL					ESTRUCTURAL					ESTRUCTURAL							
	28 Drenaje	X					ESTRUCTURAL					ESTRUCTURAL					ESTRUCTURAL							
	29 Zapata	X					ESTRUCTURAL					ESTRUCTURAL					ESTRUCTURAL							
	30 Viga de Amarre	X					ESTRUCTURAL					ESTRUCTURAL					ESTRUCTURAL							
	31 Cabezal de Pilotes	X					ESTRUCTURAL					ESTRUCTURAL					ESTRUCTURAL							
	32 Pilotes	X					ESTRUCTURAL					ESTRUCTURAL					ESTRUCTURAL							
ACCESOS	TERRAPLENES	33 Emplanchado	X				ESTRUCTURAL					ESTRUCTURAL					ESTRUCTURAL							
		34 Revestimiento Frontal	X				ESTRUCTURAL					ESTRUCTURAL					ESTRUCTURAL							
		35 Revestimiento de Cono de Derrame	X					ESTRUCTURAL					ESTRUCTURAL				ESTRUCTURAL							
		36 Revestimiento Lateral	X					ESTRUCTURAL					ESTRUCTURAL				ESTRUCTURAL							
	SENALES	37 Murete al Pie del Talud	X					ESTRUCTURAL					ESTRUCTURAL				ESTRUCTURAL							
		38 Losa de Aproximación	X					ESTRUCTURAL					ESTRUCTURAL				ESTRUCTURAL							
		39 Drenajes de Accesos	X					ESTRUCTURAL					ESTRUCTURAL				ESTRUCTURAL							
		40 Defensas en Accesos	X					ESTRUCTURAL					ESTRUCTURAL				ESTRUCTURAL							
LUMINARIAS	41 Terraplenes	X					ESTRUCTURAL					ESTRUCTURAL				ESTRUCTURAL								
	42 Señalamiento Vertical	X					ESTRUCTURAL					ESTRUCTURAL				ESTRUCTURAL								
	43 Señalamiento Horizontal	X					ESTRUCTURAL					ESTRUCTURAL				ESTRUCTURAL								
	44 Luminarias	X					ESTRUCTURAL					ESTRUCTURAL				ESTRUCTURAL								

**PUENTE EL OBRAJE
FORMULARIOS IBP**

SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE PUENTES: ANÁLISIS DE SISTEMA EXISTENTE Y PROPUESTA DE MEJORA.
ANEXOS

FORMULARIO: INVENTARIO BÁSICO DE PUENTES - 1 (IBP-1)

(1)	INSPECTOR:	FECHA:	19/9/2019																																																
	TÉCNICO DE CONTROL DE CALIDAD:																																																		
LOCALIZACIÓN																																																			
(2)	ZONA:	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">OCCIDENTAL</td> <td style="width: 25%; text-align: center;">CENTRAL</td> <td style="width: 25%;">ORIENTAL</td> <td style="width: 25%;">PARACENTRAL</td> </tr> </table>	OCCIDENTAL	CENTRAL	ORIENTAL	PARACENTRAL																																													
OCCIDENTAL	CENTRAL	ORIENTAL	PARACENTRAL																																																
(3)	DEPTO:	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">01 AHUACHAPÁN</td> <td style="width: 25%;">06 SAN SALVADOR</td> <td style="width: 25%;">11 USulután</td> <td style="width: 25%;">12 SAN MIGUEL</td> </tr> <tr> <td>02 SANTA ANA</td> <td>07 CUSCATLÁN</td> <td>13 MORAZÁN</td> <td>14 LA UNIÓN</td> </tr> <tr> <td>03 SONSONATE</td> <td>08 LA PAZ</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">MUNICIPIO: Rosario de Mora</td> </tr> <tr> <td>04 CHALATENANGO</td> <td>09 CABAÑAS</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>05 LA LIBERTAD</td> <td>10 SAN VICENTE</td> <td colspan="2"></td> </tr> </table>	01 AHUACHAPÁN	06 SAN SALVADOR	11 USulután	12 SAN MIGUEL	02 SANTA ANA	07 CUSCATLÁN	13 MORAZÁN	14 LA UNIÓN	03 SONSONATE	08 LA PAZ	MUNICIPIO: Rosario de Mora		04 CHALATENANGO	09 CABAÑAS			05 LA LIBERTAD	10 SAN VICENTE																															
01 AHUACHAPÁN	06 SAN SALVADOR	11 USulután	12 SAN MIGUEL																																																
02 SANTA ANA	07 CUSCATLÁN	13 MORAZÁN	14 LA UNIÓN																																																
03 SONSONATE	08 LA PAZ	MUNICIPIO: Rosario de Mora																																																	
04 CHALATENANGO	09 CABAÑAS																																																		
05 LA LIBERTAD	10 SAN VICENTE																																																		
(4)	RED:	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">01 ESPECIAL</td> <td style="width: 25%;">05 Terciaria</td> <td style="width: 25%;">09 URBANA</td> <td style="width: 25%;">10 OTRA</td> </tr> <tr> <td>02 PRIMARIA</td> <td>06 RURAL MODIF</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>03 SECUNDARIA</td> <td>07 RURAL</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">RUta: RN065</td> </tr> <tr> <td>04 Terciaria MODIF</td> <td>08 VECINAL</td> <td colspan="2"></td> </tr> </table>	01 ESPECIAL	05 Terciaria	09 URBANA	10 OTRA	02 PRIMARIA	06 RURAL MODIF	-	-	03 SECUNDARIA	07 RURAL	RUta: RN065		04 Terciaria MODIF	08 VECINAL																																			
01 ESPECIAL	05 Terciaria	09 URBANA	10 OTRA																																																
02 PRIMARIA	06 RURAL MODIF	-	-																																																
03 SECUNDARIA	07 RURAL	RUta: RN065																																																	
04 Terciaria MODIF	08 VECINAL																																																		
(5)	TRAMO:	DESDE: ROSARIO DE MORA (ENTRADA)	HASTA: CA02E																																																
(6)	NOMBRE DEL PUENTE:	El Obraje	ID DEL PUENTE: RN06S-1																																																
	DESIGNACIÓN DEL PASO:	Rio																																																	
(7)	PROPIETARIO:	MOP	MUNICIPAL PARTICULAR																																																
(8)	UBICACIÓN:	LATITUD: 13.48563 LONGITUD: -89.20203	ESTACIÓN: 011+660																																																
TIPO Y SECCIONES DEL PUENTE																																																			
(9)	TIPO DE PUENTE	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">VIGAS LOSA</td> <td style="width: 25%; text-align: center;">CERCHA ARCO</td> <td style="width: 25%;">SUPER SPAN OTRO:</td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> </table>	VIGAS LOSA	CERCHA ARCO	SUPER SPAN OTRO:																																														
VIGAS LOSA	CERCHA ARCO	SUPER SPAN OTRO:																																																	
(10)	TIPO DE DESARROLLO LONGITUDINAL:	ISOSTÁTICO CONTÍNUO	INTEGRAL																																																
(11)	LONGITUD TOTAL (m):	8.00 m	Nº DE TRAMOS: 1																																																
(12)	LONGITUDES DE LOS TRAMOS:	1 2 3 4 5 6 7																																																	
(13)	TIPO DE TRAMO:	8																																																	
(14)	SECCIÓN TRANSVERSAL:	3																																																	
(15)	DESARROLLO EN PLANTA:	1																																																	
(16)	Nº DE VIGAS LONGITUDINALES:	2																																																	
(17)	Nº DE VIGAS TRANSVERSALES:	0																																																	
(18)		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">TIPOS DE TRAMOS</th> <th colspan="2">TIPOS DE SECCIÓN TRANSVERSAL</th> <th colspan="2">DESARROLLO EN PLANTA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>VIGAS</td> <td>1</td> <td>LOSA</td> <td>1</td> <td>RECTO</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>CONTINUO</td> <td>2</td> <td>LOSA CON VIGAS DE Conc. Ref.</td> <td>2</td> <td>ESVIAJADO</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>ARCO</td> <td>3</td> <td>LOSA y VIGAS DE ACERO A. LL.</td> <td>3</td> <td>CURVO, VIGAS RECTAS DE IGUAL LONGITUD</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>OTRO</td> <td>4</td> <td>LOSA y VIGAS DE ACERO Cercha</td> <td>4</td> <td>CURVO, VIGAS RECTAS DIIFERENTE LONGITUD</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>5</td> <td>LOSA CON VIGAS DE Conc. Pret.</td> <td>5</td> <td>CURVO CON VIGAS CURVAS</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>6</td> <td>SECCIÓN CAJÓN CONSTANTE</td> <td>6</td> <td>PLANTA TRAPECIAL</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>7</td> <td>SECCIÓN CAJÓN VARIABLE</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	TIPOS DE TRAMOS		TIPOS DE SECCIÓN TRANSVERSAL		DESARROLLO EN PLANTA		1	VIGAS	1	LOSA	1	RECTO	2	CONTINUO	2	LOSA CON VIGAS DE Conc. Ref.	2	ESVIAJADO	3	ARCO	3	LOSA y VIGAS DE ACERO A. LL.	3	CURVO, VIGAS RECTAS DE IGUAL LONGITUD	4	OTRO	4	LOSA y VIGAS DE ACERO Cercha	4	CURVO, VIGAS RECTAS DIIFERENTE LONGITUD			5	LOSA CON VIGAS DE Conc. Pret.	5	CURVO CON VIGAS CURVAS			6	SECCIÓN CAJÓN CONSTANTE	6	PLANTA TRAPECIAL			7	SECCIÓN CAJÓN VARIABLE			
TIPOS DE TRAMOS		TIPOS DE SECCIÓN TRANSVERSAL		DESARROLLO EN PLANTA																																															
1	VIGAS	1	LOSA	1	RECTO																																														
2	CONTINUO	2	LOSA CON VIGAS DE Conc. Ref.	2	ESVIAJADO																																														
3	ARCO	3	LOSA y VIGAS DE ACERO A. LL.	3	CURVO, VIGAS RECTAS DE IGUAL LONGITUD																																														
4	OTRO	4	LOSA y VIGAS DE ACERO Cercha	4	CURVO, VIGAS RECTAS DIIFERENTE LONGITUD																																														
		5	LOSA CON VIGAS DE Conc. Pret.	5	CURVO CON VIGAS CURVAS																																														
		6	SECCIÓN CAJÓN CONSTANTE	6	PLANTA TRAPECIAL																																														
		7	SECCIÓN CAJÓN VARIABLE																																																
ELEMENTOS COMPONENTES																																																			
(19)	BARANDAL IZQUIERDO (m)	CAPA DE RODAMIENTO (m)	BARANDAL DERECHO (m)																																																
	CONCRETO REFORZADO	48 m2	ASFÁLTICA																																																
	POSTES DE CONCRETO Y TUBO		CONCRETO																																																
	POSTES DE HIERRO Y TUBOS		GRAVA o TIERRA																																																
	PLETINAS METÁLICAS		ACERO																																																
	OTRO (DESCRIBIR)		OTRO (DESCRIBIR)																																																
(20)	DEFENSA VEHICULAR IZQUIERDA (m)	TIPO DRENAJES DE CALZADA (m)	DEFENSA VEHICULAR DERECHA (m)																																																
	NEW JERSEY	TUBOS EN CALZADA	NEW JERSEY																																																
	POSTES Y HORIZ. DE Conc. Ref.	CAJA PARRILLA	POSTES Y HORIZ. DE Conc. Ref.																																																
	METÁLICA FLEX BEAM	CUNETA	METÁLICA FLEX BEAM																																																
	CONCRETO	OTRO (DESCRIBIR)	CONCRETO																																																
	OTRO (DESCRIBIR)		OTRO (DESCRIBIR)																																																
(21)	OTROS COMPONENTES																																																		
	ANCHO DE ACERA U HOMBROS:	LADO IZQUIERDO	0 m																																																
		LADO DERECHO	0 m																																																
	ALTURA DEL BORDILLO:	LADO IZQUIERDO	0 m																																																
		LADO DERECHO	0 m																																																
		ILUMINACIÓN	SI NO																																																
		SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL	SI NO																																																
		SEÑALIZACIÓN VERTICAL	SI NO																																																
(22)	COMENTARIOS:																																																		

FORMULARIO: INVENTARIO BÁSICO DE PUENTES - 2 (IBP-2)

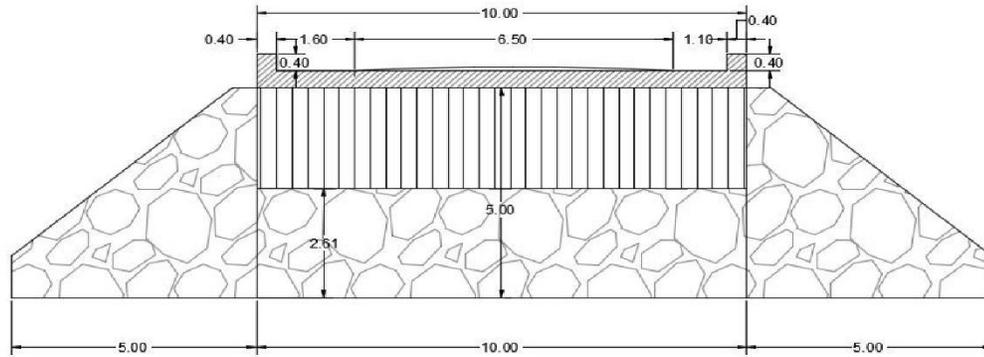
CARACTERÍSTICAS GENERALES Y GEOMETRIA.													
(23)	AÑO DE CONSTRUCCIÓN:			ANCHO DE CALZADA:			CONSTANTE			VARIABLE			
(24)	ESVIAJE:		SI	NO		CURVATURA:		SI	NO				
(25)	CURVA ENTRADA:		SI	NO		CURVA SALIDA:		SI	NO				
(26)	GÁLIBO VERT BAJO EL PTE:			m			GÁLIBO HORIZ BAJO EL PTE:			m			
(27)	GÁLIBO VERT SOBRE EL PTE:			m			GÁLIBO HORIZ SOBRE EL PTE:			m			
(28)	VISIBILIDAD EN EL INGRESO:		BUENA	REG		MALA		VISIBILIDAD EN LA SALIDA:		BUENA	REG	MALA	
(29)	PEND. ENTRADA:		SI	NO		PEND. SALIDA:		SI	NO				
(30)	PENDIENTE TRANSVERSAL:		SI	NO		PERALTE:		SI	NO		BOMBEO	SI	NO
PILA QUE SOPORTA LOS TRAMOS													
			1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8				
(31)	TIPO DE PILA:												
(32)	TIPO DE FUSTE:												
(33)	NÚMERO DE COLUMNAS:												
(34)	TIPO DE BASE:												
(35)	TIPO DE FUNDACIÓN:												
(36)	APOYOS TRAMO QUE LLEGA:												
(37)	APOYOS TRAMO QUE SALE:												
(38)	TIPO DE JUNTA:												
(39)	TOPES ANTISÍSMICOS (SI/NO):												
(40)	TIPO DE PILA		TIPO DE FUSTE				TIPO DE BASE						
	1	MARCO	1	COLUMAS CIRCULARES			1	BASE CONCRETO					
	2	PANTALLA	2	COLUMNAS ELÍPTICAS			2	CABEZAL DE PILOTES					
	3	MARTILLO	3	COLUMNAS RECTANGULARES			3	GAVIONES					
	4	SECCIÓN CAJÓN	4	PANTALLA SECCIÓN CONSTANTE									
	5	MASIVA	5	PANTALLA SECCIÓN VARIABLE									
	6	PILA-PILOTE	6	MASIVA DE MAMPOSTERÍA									
	7	METÁLICA PERFILES	7	MASIVA DE CONCRETO SIMPLE									
	8	METÁLICA TUBOS	8	MASIVA DE GAVIONES									
			9	SECCIÓN CAJÓN									
			10	COLUMNAS DE ACERO									
(41)	TIPO DE FUNDACIÓN		CANTIDAD			DIMENSIONES		COTA DE FUNDACIÓN					
	1	DIRECTA											
	2	PROFUNDA											
	3	OTRA:											
(42)	DISPOSITIVOS DE APOYO												
	1	NO VISIBLES	5	NEOPRENO Y TEFLÓN			9	FIJO DE ACERO					
	2	LÁMINA DE ASFALTO	6	CHAPA DE ACERO			10	PÉNDOLA DE CONCRETO					
	3	COLUMNAS RECTANGULARES	7	CHAPA DE PLOMO			11	MÓVIL DE ACERO					
	4	NEOPRENO	8	RODILLO DE ACERO			12	OTRO					
(43)	TIPO DE JUNTAS												
	1	PERFIL DE ACERO Y SELLO NEOPRENO	4	PERFILES DE ACERO			7	PEINE DE ACERO					
	2	LABIO POLÍMERO Y SELLO NEOPRENO	5	ASFALTO POLIMERIZADO			8	NO VISIBLES					
	3	JUNTA ABIERTA SIN ELEMENTO	6	NEOPRENO ARMADO			9	OTRA					
(44)	COMENTARIOS:												

FORMULARIO: INVENTARIO BÁSICO DE PUENTES - 3 (IBP - 3)

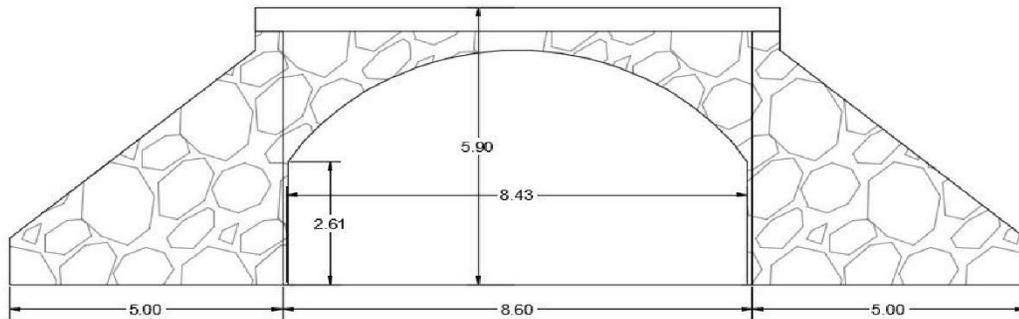
ESTRIBOS										
ESTRIBO INICIAL		L=	A=	H=	ESTRIBO INICIAL		L=	A=	H=	
45	CERRADO				CERRADO					
	ABIERTO				ABIERTO					
	DE GRAVEDAD	MAMPOSTERÍA			MAMPOSTERÍA					
		CONCRETO			CONCRETO					
GAVIONES			GAVIONES							
(46)	ALEROS	A. ARRIBA	PARALELO		A. ARRIBA	PARALELO				
			INCLINADO			INCLINADO				
		A. ABAJO	PARALELO		A. ABAJO	PARALELO				
			INCLINADO			INCLINADO				
(47)	ALETONES	A. ARRIBA	PARALELO		A. ARRIBA	PARALELO				
			INCLINADO			INCLINADO				
		A. ABAJO	PARALELO		A. ABAJO	PARALELO				
			INCLINADO			INCLINADO				
(48)	DISPOSITIVOS DE APOYO				DISPOSITIVOS DE APOYO					
	NO VISIBLE		CHAPA DE ACERO		NO VISIBLE		CHAPA DE ACERO			
	LÁMINA DE ASFALTO		CHAPA DE PLOMO		LÁMINA DE ASFALTO		CHAPA DE PLOMO			
	NEOPRENO		RODILLO METÁLICO		NEOPRENO		RODILLO METÁLICO			
	NEOPRENO CONFINADO		BIELA		NEOPRENO CONFINADO		BIELA			
NO EXISTE		OTRO		NO EXISTE		OTRO				
(49)	TOPES ANTISISMICOS		HAY	NO HAY	TOPES ANTISISMICOS		HAY	NO HAY		
(50)	FUNDACIONES				FUNDACIONES					
	TIPO	CANTIDAD	DIMENSIÓN	COTA	TIPO	CANTIDAD	DIMENSIÓN	COTA		
	DIRECTA				DIRECTA					
	PROFUNDA				PROFUNDA					
	OTRA				OTRA					
ACCESOS										
(51)	MATERIALES DE REVESTIMIENTO			SUELO	PIEDRA	GAVIÓN	LOSA DE CONCRETO	GRAMA	OTRO	
(52)	ACCESO INICIAL				ACCESO FINAL					
	TIPO DE ELEMENTO		MATERIAL		TIPO DE ELEMENTO		MATERIAL			
(52)	TALUD DERECHO				TALUD DERECHO					
(53)	CONO DE DERRAME				CONO DE DERRAME					
(54)	TALUD FRONTAL				TALUD FRONTAL					
(55)	TALUD IZQUIERDO				TALUD IZQUIERDO					
(56)	FUNDACIÓN DE REVESTIMIENTO				FUNDACIÓN DE REVESTIMIENTO					
(57)	LOSA DE APROXIMACIÓN:		NO HAY		LOSA DE APROXIMACIÓN:		NO HAY			
			SI HAY	L = m			SI HAY	L = m		
(58)	DRENAJE EXTREMO		NO HAY		DRENAJE EXTREMO		NO HAY			
			CANAL	CAJA	OTRO			CANAL	CAJA	OTRO
(59)	DEFENSAS EN ACCESOS		NO HAY		DEFENSAS EN ACCESOS		NO HAY			
			MADERA	FLEX BEAM	Hº Aº			MADERA	FLEX BEAM	Hº Aº
(60)	TIPOS DE JUNTAS				TIPOS DE JUNTAS					
	JUNTA ABIERTA SIN ELEMENTO				NEOPRENO ARMADO					
	PERFILES DE ACERO				PEINE DE ACERO					
	PERFIL DE ACERO Y SELLO DE NEOPRENO				ASFALTO POLIMERIZADO					
	LABIO POLIMERO Y SELLO DE NEOPRENO				OTRA					
(61)	TIPO DE JUNTA AL INICIO			NO HAY						
(62)	TIPO DE JUNTA AL FINAL			NO HAY						
(63)	COMENTARIOS:									

FORMULARIO: INVENTARIO BÁSICO DE PUENTES - 4 (IBP - 4)

ESQUEMA DE SECCIÓN TRANSVERSAL



ESQUEMA DE SECCIÓN LONGITUDINAL DEL PUENTE



**PUENTE EL OBRAJE
FORMULARIOS IECP**

**PUENTE SANTA BARBARA
FORMULARIOS IBP**

SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE PUENTES: ANÁLISIS DE SISTEMA EXISTENTE Y PROPUESTA DE MEJORA.
ANEXOS

FORMULARIO: INVENTARIO BÁSICO DE PUENTES - 1 (IBP-1)

(1)	INSPECTOR:	FECHA:					
	TÉCNICO DE CONTROL DE CALIDAD:						
LOCALIZACIÓN							
(2)	ZONA:	OCCIDENTAL CENTRAL ORIENTAL PARACENTRAL					
(3)	DEPTO:	01 AHUACHAPÁN 06 SAN SALVADOR 11 USulután					
		02 SANTA ANA 07 CUSCATLÁN 12 SAN MIGUEL					
		03 SONSONATE 08 LA PAZ 13 MORAZÁN					
		04 CHALATENANGO 09 CABANAS 14 LA UNIÓN					
		05 LA LIBERTAD 10 SAN VICENTE MUNICIPIO: Olocuilta					
(4)	RED:	01 ESPECIAL 05 Terciaria 09 URBANA					
		02 PRIMARIA 06 RURAL MODIF 10 OTRA					
		03 SECUNDARIA 07 RURAL -					
		04 Terciaria MODIF 08 VECINAL RUTA: RN05S					
(5)	TRAMO:	DESDE: DV OLOCUILTA HASTA: DV LA LIBERTAD					
(6)	NOMBRE DEL PUENTE:	El Obraje					
	DESIGNACIÓN DEL PASO:	Río					
	ID DEL PUENTE:	RN05S-26					
(7)	PROPIETARIO:	MOP MUNICIPAL PARTICULAR					
(8)	UBICACIÓN:	LATITUD: 13.48563					
		LONGITUD: -89.20203					
	ESTACIÓN:	001+550					
TIPO Y SECCIONES DEL PUENTE							
(9)	TIPO DE PUENTE	VIGAS LOSA CERCHA ARCO SUPER SPAN OTRO:					
(10)	TIPO DE DESARROLLO LONGITUDINAL:	ISOSTÁTICO CONTÍNUO INTEGRAL					
(11)	LONGITUD TOTAL (m):	5 N° DE TRAMOS: 1					
(12)	LONGITUDES DE LOS TRAMOS:	1 2 3 4 5 6 7					
(13)	TIPO DE TRAMO:	5					
(14)	SECCIÓN TRANSVERSAL:	4					
(15)	DESARROLLO EN PLANTA:	1					
(16)	N° DE VIGAS LONGITUDINALES:	2					
(17)	N° DE VIGAS TRANSVERSALES:	0					
(18)	TIPOS DE TRAMOS		TIPOS DE SECCIÓN TRANSVERSAL		DESARROLLO EN PLANTA		
	1	VIGAS	1	LOSA	1	RECTO	
	2	CONTINUO	2	LOSA CON VIGAS DE Conc. Ref.	2	ESVIAJADO	
	3	ARCO	3	LOSA y VIGAS DE ACERO A. LL.	3	CURVO, VIGAS RECTAS DE IGUAL LONGITUD	
	4	OTRO	4	LOSA y VIGAS DE ACERO Cercha	4	CURVO, VIGAS RECTAS DIFFERENTE LONGITUD	
			5	LOSA CON VIGAS DE Conc. Pret.	5	CURVO CON VIGAS CURVAS	
			6	SECCIÓN CAJÓN CONSTANTE	6	PLANTA TRAPEZIAL	
			7	SECCIÓN CAJÓN VARIABLE			
ELEMENTOS COMPONENTES							
(19)	BARANDAL IZQUIERDO (m)		CAPA DE RODAMIENTO (m2)		BARANDAL DERECHO (m)		
	CONCRETO REFORZADO		ASFÁLTICA		CONCRETO REFORZADO		
	POSTES DE CONCRETO Y TUBO		80 m2 CONCRETO		POSTES DE CONCRETO Y TUBO		
	POSTES DE HIERRO Y TUBOS		GRAVA o TIERRA		POSTES DE HIERRO Y TUBOS		
	PLETINAS METÁLICAS		ACERO		PLETINAS METÁLICAS		
OTRO (DESCRIBIR)		OTRO (DESCRIBIR)		OTRO (DESCRIBIR)			
(20)	DEFENSA VEHICULAR IZQUIERDA (m)		TIPO DRENAJES DE CALZADA (m)		DEFENSA VEHICULAR DERECHA (m)		
	NEW JERSEY		TUBOS EN CALZADA		NEW JERSEY		
	POSTES Y HORIZ. DE Conc. Ref.		CAJA PARRILLA		POSTES Y HORIZ. DE Conc. Ref.		
	10 ml	METÁLICA FLEX BEAM	20 ml	CUNETA	10 ml	METÁLICA FLEX BEAM	
	CONCRETO		OTRO (DESCRIBIR)		CONCRETO		
OTRO (DESCRIBIR)		OTRO (DESCRIBIR)		OTRO (DESCRIBIR)			
OTROS COMPONENTES							
(21)	ANCHO DE ACERA U HOMBROS:	LADO IZQUIERDO	0	m	ILUMINACIÓN	SI	NO
		LADO DERECHO	0	m	SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL	SI	NO
	ALTURA DEL BORDILLO:	LADO IZQUIERDO	0	m	SEÑALIZACIÓN VERTICAL	SI	NO
		LADO DERECHO	0	m			
(22)	COMENTARIOS:						

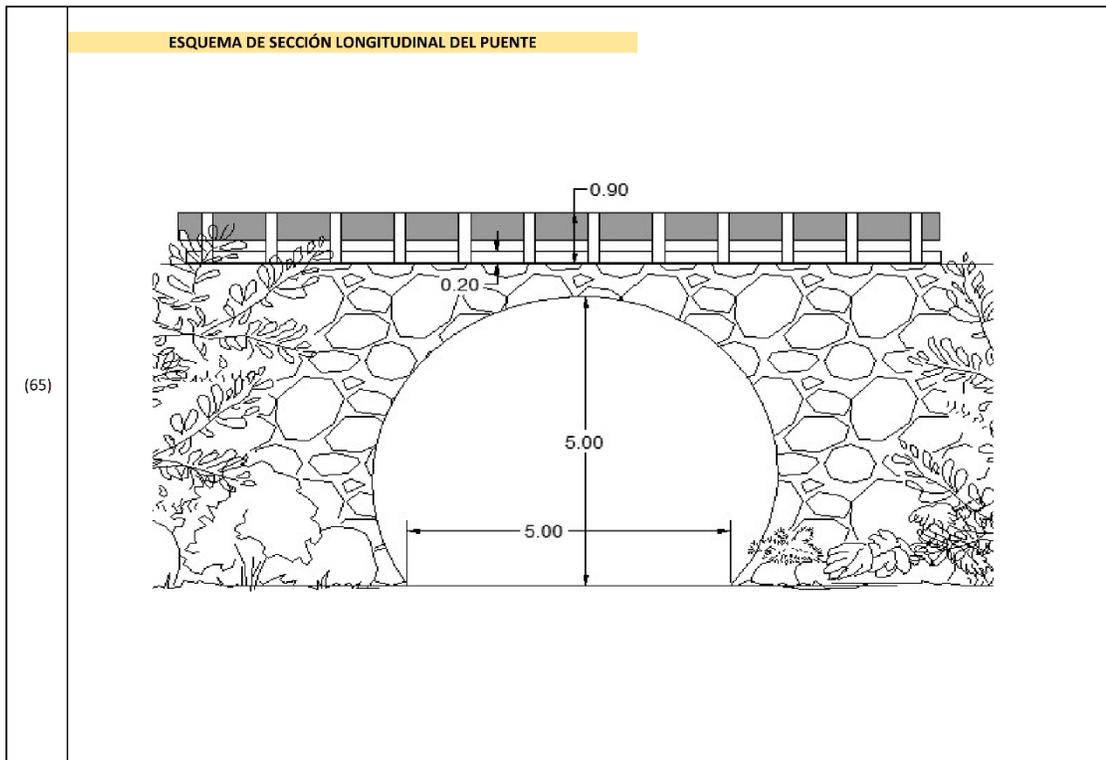
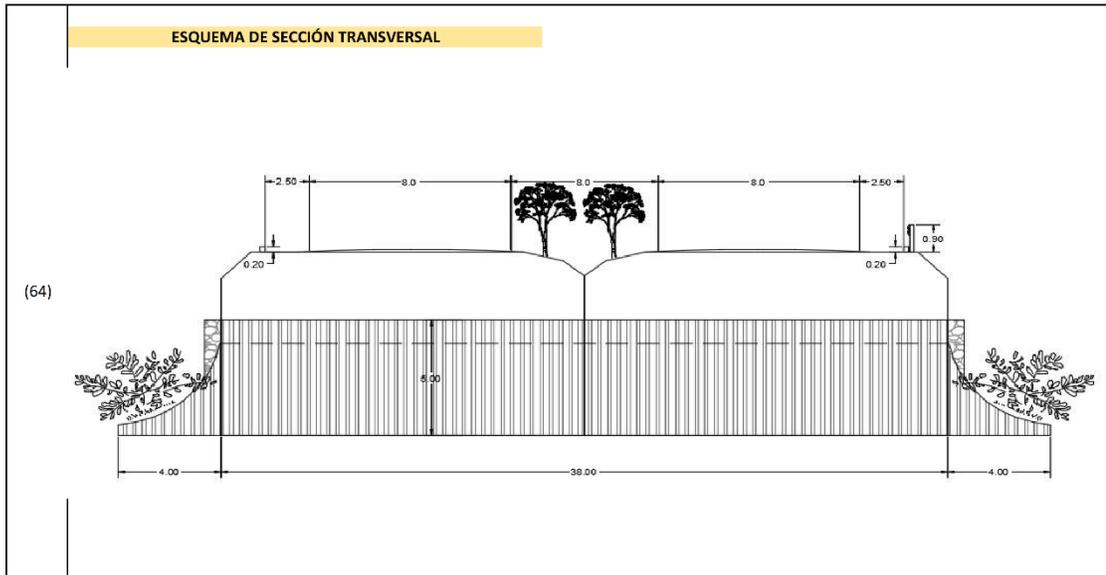
FORMULARIO: INVENTARIO BÁSICO DE PUENTES - 2 (IBP-2)

CARACTERÍSTICAS GENERALES Y GEOMETRIA.											
(23)	AÑO DE CONSTRUCCIÓN:			ANCHO DE CALZADA:			CONSTANTE			VARIABLE	
(24)	ESVIAJE:	SI	NO	CURVATURA:			SI	NO			
(25)	CURVA ENTRADA:	SI	NO	CURVA SALIDA:			SI	NO			
(26)	GÁLIBO VERT BAJO EL PTE:			GÁLIBO HORIZ BAJO EL PTE:			m				
(27)	GÁLIBO VERT SOBRE EL PTE:			GÁLIBO HORIZ SOBRE EL PTE:			m				
(28)	VISIBILIDAD EN EL INGRESO:	BUENA	REG	MALA	VISIBILIDAD EN LA SALIDA:	BUENA	REG	MALA			
(29)	PEND. ENTRADA:	SI	NO	PEND. SALIDA:			SI	NO			
(30)	PENDIENTE TRANSVERSAL:	SI	NO	PERALTE:	SI	NO	BOMBEO	SI	NO		
PILA QUE SOPORTA LOS TRAMOS											
		1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8			
(31)	TIPO DE PILA:										
(32)	TIPO DE FUSTE:										
(33)	NÚMERO DE COLUMNAS:										
(34)	TIPO DE BASE:										
(35)	TIPO DE FUNDACIÓN:										
(36)	APOYOS TRAMO QUE LLEGA:										
(37)	APOYOS TRAMO QUE SALE:										
(38)	TIPO DE JUNTA:										
(39)	TOPES ANTISÍSMICOS (SI/NO):										
(40)	TIPOS DE PILA		TIPOS DE FUSTE				TIPOS DE BASE				
	1	MARCO	1	COLUMNAS CIRCULARES				1	BASE CONCRETO		
	2	PANTALLA	2	COLUMNAS ELÍPTICAS				2	CABEZAL DE PILOTES		
	3	MARTILLO	3	COLUMNAS RECTANGULARES				3	GAVIONES		
	4	SECCIÓN CAJÓN	4	PANTALLA SECCIÓN CONSTANTE							
	5	MASIVA	5	PANTALLA SECCIÓN VARIABLE							
	6	PILA-PILOTE	6	MASIVA DE MAMPOSTERÍA							
	7	METÁLICA PERFILES	7	MASIVA DE CONCRETO SIMPLE							
	8	METÁLICA TUBOS	8	MASIVA DE GAVIONES							
			9	SECCIÓN CAJÓN							
		10	COLUMNAS DE ACERO								
(41)	TIPO DE FUNDACIÓN		CANTIDAD			DIMENSIONES		COTA DE FUNDACIÓN			
	1	DIRECTA									
	2	PROFUNDA									
	3	OTRA:									
(42)	DISPOSITIVOS DE APOYO										
	1	NO VISIBLES	5	NEOPRENO Y TEFLÓN			9	FIJO DE ACERO			
	2	LÁMINA DE ASFALTO	6	CHAPA DE ACERO			10	PÉNDOLA DE CONCRETO			
	3	COLUMNAS RECTANGULARES	7	CHAPA DE PLOMO			11	MÓVIL DE ACERO			
	4	NEOPRENO	8	RODILLO DE ACERO			12	OTRO			
(43)	TIPOS DE JUNTAS										
	1	PERFIL DE ACERO Y SELLO NEOPRENO	4	PERFILES DE ACERO			7	PEINE DE ACERO			
	2	LABIO POLÍMERO Y SELLO NEOPRENO	5	ASFALTO POLIMERIZADO			8	NO VISIBLES			
	3	JUNTA ABIERTA SIN ELEMENTO	6	NEOPRENO ARMADO			9	OTRA			
(44)	COMENTARIOS:										

FORMULARIO: INVENTARIO BÁSICO DE PUENTES - 3 (IBP - 3)

ESTRIBOS									
45	ESTRIBO INICIAL	L=	A=	H=	ESTRIBO INICIAL	L=	A=	H=	
	CERRADO				CERRADO				
	ABIERTO				ABIERTO				
	DE GRAVEDAD	MAMPOSTERÍA			DE GRAVEDAD	MAMPOSTERÍA			
	CONCRETO				CONCRETO				
	GAVIONES				GAVIONES				
(46)	ALEROS	A. ARRIBA	PARALELO		ALEROS	A. ARRIBA	PARALELO		
			INCLINADO				INCLINADO		
		A. ABAJO	PARALELO			A. ABAJO	PARALELO		
			INCLINADO				INCLINADO		
(47)	ALETONES	A. ARRIBA	PARALELO		ALETONES	A. ARRIBA	PARALELO		
			INCLINADO				INCLINADO		
		A. ABAJO	PARALELO			A. ABAJO	PARALELO		
			INCLINADO				INCLINADO		
DISPOSITIVOS DE APOYO					DISPOSITIVOS DE APOYO				
(48)	NO VISIBLE	CHAPA DE ACERO			NO VISIBLE	CHAPA DE ACERO			
	LÁMINA DE ASFALTO	CHAPA DE PLOMO			LÁMINA DE ASFALTO	CHAPA DE PLOMO			
	NEOPRENO	RODILLO METÁLICO			NEOPRENO	RODILLO METÁLICO			
	NEOPRENO CONFINADO	BIELA			NEOPRENO CONFINADO	BIELA			
	NO EXISTE	OTRO			NO EXISTE	OTRO			
(49)	TOPES ANTISISMICOS	HAY	NO HAY	TOPES ANTISISMICOS	HAY	NO HAY			
FUNDACIONES					FUNDACIONES				
(50)	TIPO	CANTIDAD	DIMENSIÓN	COTA	TIPO	CANTIDAD	DIMENSIÓN	COTA	
	DIRECTA				DIRECTA				
	PROFUNDA				PROFUNDA				
	OTRA				OTRA				
ACCESOS									
(51)	MATERIALES DE REVESTIMIENTO	SUELO	PIEDRA		GAVIÓN	LOSA DE CONCRETO	GRAMA	OTRO	
ACCESO INICIAL					ACCESO FINAL				
TIPO DE ELEMENTO		MATERIAL			TIPO DE ELEMENTO		MATERIAL		
(52)	TALUD DERECHO				TALUD DERECHO				
(53)	CONO DE DERRAME				CONO DE DERRAME				
(54)	TALUD FRONTAL				TALUD FRONTAL				
(55)	TALUD IZQUIERDO				TALUD IZQUIERDO				
(56)	FUNDACIÓN DE REVESTIMIENTO				FUNDACIÓN DE REVESTIMIENTO				
(57)	LOSA DE APROXIMACIÓN:	NO HAY			LOSA DE APROXIMACIÓN:	NO HAY			
		SI HAY	L =	m		SI HAY	L =	m	
(58)	DRENAJE EXTREMO	NO HAY	DERRAMADERO		DRENAJE EXTREMO	NO HAY	DERRAMADERO		
		CANAL	CAJA	OTRO		CANAL	CAJA	OTRO	
(59)	DEFENSAS EN ACCESOS	NO HAY	FLEX BEAM	Hº Aº	DEFENSAS EN ACCESOS	NO HAY	FLEX BEAM	Hº Aº	
		MADERA	OTRO			MADERA	OTRO		
TIPOS DE JUNTAS									
(60)	JUNTA ABIERTA SIN ELEMENTO				NEOPRENO ARMADO				
	PERFILES DE ACERO				PEINE DE ACERO				
	PERFIL DE ACERO Y SELLO DE NEOPRENO				ASFALTO POLIMERIZADO				
	LABIO POLIMERO Y SELLO DE NEOPRENO				OTRA				
(61)	TIPO DE JUNTA AL INICIO				NO HAY				
(62)	TIPO DE JUNTA AL FINAL				NO HAY				
(63)	COMENTARIOS:								

FORMULARIO: INVENTARIO BÁSICO DE PUENTES - 4 (IBP - 4)



**PUENTE SANTA BARBARA
FORMULARIOS IECP**

ANEXO A-10
EVALUACIÓN DEL ESTADO DE
CONDICIÓN DE PUENTES Y
ESTIMACIÓN DE COSTOS
(APLICACIÓN DE PROPUESTA)

ANEXO A – 10

EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONDICIÓN DE PUENTES (APLICACIÓN DE PROPUESTA)

Se presenta en este anexo el contenido correspondiente al cálculo detallado para la evaluación del estado de condición de los puentes, con el objetivo de determinar la calificación de la variable Estructura haciendo uso de la metodología de evaluación descrita en la sección___ del capítulo III.

Se detallan además, los resultados individuales de las operaciones de cálculo aplicadas a la evaluación de los puentes seleccionados para realizar la calibración de la metodología, los cuales corresponden a: Puente Rio Grande ubicado en el departamento de La Libertad, Puente El Obraje Ubicado en el municipio de Rosario de Mora Departamento de San Salvador y Puente Santa Bárbara en el Departamento de La Paz.

La operaciones fueron realizadas en hojas de cálculo de Excel por lo que se presentan únicamente las tabulaciones de resultados para cada proceso, con el fin de mostrar la secuencia lógica del análisis de la metodología de evaluación propuesta, El proceso de cálculo para la obtención de estos resultados puede verse descrita en el capítulo 3 de esta investigación.

También se presenta una tabla general de estimación de costos para mantenimiento y reparaciones típicas en puentes de acuerdo al tipo de daños identificados durante las inspecciones que se realizaron, Dicha estimación de costos se ha realizado únicamente para los tres puentes sometidos a evaluación.

PUENTE RIO GRANDE

1. VALORACIÓN DE DAÑOS DE LOS ELEMENTOS

En primer lugar, se procedió a determinar las calificaciones correspondientes a cada una de las variables de cada elemento.

Para ello, a las variables lingüísticas utilizadas para el registro de condición de los elementos en los formularios durante la inspección, se le asignó un valor numérico representativo como se muestra en las tablas A-11.1 A-11.2 y A-11.3, valores que son necesario para realizar las operaciones numéricas de cálculo y determinar el estado de condición de los elementos del puente.

Tabla A - 10. 1 Valoración numérica de severidades para daños

SEVERIDAD DEL DAÑO			
LEVE (L)	MODERADA	GRAVE	CRITICA
L	M	G	C
0.20	0.80	1.50	1.67

Tabla A - 10. 2 Valoración numérica de consecuencia para daños

CONSECUENCIA DEL DAÑO		
ESTETICA	SEGURIDAD VIAL	ESTRUCTURAL
1.00	2.00	3.00

Tabla A - 10. 3 Valoración numérica de condición de los elementos

		FUNCIONALES	
MUY BUENO	0.00	MUY BUENO	0.00
BUENO	2.50	BUENO	1.25
REGULAR	5.00	REGULAR	2.50
MALO	7.50	MALO	3.75
MUY MALO	10.00	MUY MALO	5.00

Estas valoraciones numéricas asignadas a cada daño para cada uno de los elementos se multiplicaron entre sí y posteriormente de la totalidad de daños evaluados se seleccionó el valor máximo de todas las calificaciones de cada daño perteneciente a cada elemento para obtener la valoración total del elemento, conforme al cálculo descrito en el capítulo 3 de este trabajo de investigación, los resultados de estas operaciones tanto se presentan en las tablas A-11. 4a hasta la tabla A-11.4h. las cuales incluyen tanto elementos estructurales como funcionales.

Del listado de los elementos indicados en el formulario IECP, aquellos que no se encuentran mencionados en esta sección, estará indicando que este tipo de elemento no existen dentro la tipología de puente evaluada.

Tabla A-10. 4a Resultados de evaluación de elementos estructurales de la categoría superestructura

ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LA SUPERESTRUCTURA								
ELEMENTO	NRO DE DAÑO	ESTETICA	SEGURIDAD VIAL	ESTRUCTURAL	MAYOR SEVERIDAD	% ÁREA	CALIFICACION DEL DAÑO	VARIABLE LINGÜÍSTICA
ELEMENTOS PRINCIPALES	24.00	L		M	M	30.00	2.6	MUY MALO
	25.00	M		L	M	30.00	1.4	
	28.00	M		L	M	40.00	1.4	
	29.00	G		L	G	40.00	2.1	
	30.00	G	G	G	G	15ml	9.0	
	33.00	C	C	C	C	101ml	10.0	
	31.00	C	C	C	C	30	10.0	
	34.00	C	C	C	C	15	10.0	
	63.00	L		G	G		4.7	
	64.00		G	G	G		7.5	
	CALIFICACION DEL ELEMENTO							
ELEMENTOS SECUNDARIOS	31.00	L		M	M	10.00	2.6	MALO
	32.00	M		G	G	10.00	5.3	
	34.00	M		M	M	20.00	3.2	
	CALIFICACION DEL ELEMENTO							

Tabla A-10.4b Resultados de evaluación de elementos estructurales de la categoría superestructura

ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LA SUPERESTRUCTURA								
ELEMENTO	NRO DE DAÑO	ESTETICA	SEGURIDAD VIAL	ESTRUCTURAL	MAYOR SEVERIDAD	% ÁREA	CALIFICACION DEL DAÑO	VARIABLE LINGÜÍSTICA
ELEMENTOS TERCARIOS	27.00	G	M	M	G	60.00	5.5	MUY MALO
	28.00	M			M	45.00	0.8	
	30.00	C	G	G	C	20.00	9.2	
	31.00	G	M	G	G	15.00	7.6	
	32.00	M			M	15.00	0.8	
	33.00	M		M	M	15.00	3.2	
	34.00	C	G	G	G	50.00	9.2	
	63.00	G	G	C	C		9.5	
	CALIFICACION DEL ELEMENTO							

Tabla A-10.4c Resultados de evaluación de elementos funcionales de la categoría superestructura

ELEMENTOS FUNCIONALES DE LA SUPERESTRUCTURA								
ELEMENTO	NRO DE DAÑO	ESTETICA	SEGURIDAD VIAL	MAYOR SEVERIDAD	% ÁREA	CALIFICACION DEL DAÑO	VARIABLE LINGÜÍSTICA	
SUPERFICIE DE RODAMIENTO	5.00		M	M	10.00	1.6	REGULAR	
	60.00	L	M	M	20.00	1.8		
	CALIFICACION DEL ELEMENTO							1.8
DEFENSAS DE TRÁFICO	61.00	C	C	C		5.0	MUY MALO	
	CALIFICACION DEL ELEMENTO							5.0
BARANDALES	33.00	G	C	C	10.00	4.8	MUY MALO	
	40.00	G		G	100.00	1.5		
	65.00	G	G	G	35.00	4.5		
	61.00	G	C	C	15.00	4.8		
	CALIFICACION DEL ELEMENTO							4.8

Tabla A-10.4d Resultados de evaluación de elementos funcionales de la categoría superestructura

ELEMENTOS FUNCIONALES DE LA SUPERESTRUCTURA							
ELEMENTO	NRO DE DAÑO	ESTETICA	SEGURIDAD VIAL	MAYOR SEVERIDAD	% ÁREA	CALIFICACION DEL DAÑO	VARIABLE LINGÜÍSTICA
BORDILLOS Y ACERAS	59.00	G	G	G	5.00	4.5	MUY MALO
	60.00	G	C	C	10.00	4.8	
	CALIFICACION DEL ELEMENTO					4.8	
JUNTAS	15.00	C	C	C	100.00	5.0	MUY MALO
	16.00		C	C	100.00	3.3	
	59.00	G	G	G	25.00	4.5	
	27.00	M	M	M	35.00	2.4	
	CALIFICACION DEL ELEMENTO					5.0	
DRENAJES EN CALZADA	60.00	M	C	C	10.00	4.1	MUY MALO
	59.00	M	M	M	45.00	2.4	
	CALIFICACION DEL ELEMENTO					4.1	
SEÑALAMIENTO HORIZONTAL	13.00	G	C	C	100.00	4.8	MUY MALO
	CALIFICACION DEL ELEMENTO					4.8	
LUMINARIAS	61.00	C	C	C	100.00	5.0	MUY MALO
	CALIFICACION DEL ELEMENTO					5.0	

Tabla A-10.4e Resultados de evaluación de elementos estructurales de la categoría subestructura.

ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LA SUBESTRUCTURA								
ELEMENTO	NRO DE DAÑO	ESTETICA	SEGURIDAD VIAL	ESTRUCTURAL	MAYOR SEVERIDAD	% ÁREA	CALIFICACION DEL DAÑO	VARIABLE LINGÜÍSTICA
APOYOS								
APARATO DE APOYO	17.00			C	C	100.00	5.0	REGULAR
	36.00			G	G	100.00	4.5	
	60.00	G			G	100.00	1.5	
	CALIFICACION DEL ELEMENTO					5.0		

Tabla A-10.4f Resultados de evaluación de elementos estructurales de la categoría subestructura.

ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LA SUBESTRUCTURA								
ELEMENTO	NRO DE DAÑO	ESTETICA	SEGURIDAD VIAL	ESTRUCTURAL	MAYOR SEVERIDAD	% ÁREA	CALIFICACION DEL DAÑO	VARIABLE LINGÜÍSTICA
PILAS								
VIGAS DE APOYO	25.00			L	L	5.00	0.6	REGULAR
	29.00	M			M	70.00	0.8	
	30.00	M		M	M	5.00	3.2	
	CALIFICACION DEL ELEMENTO						3.2	
MUROS	24.00			L	L	10.00	0.6	BUENO
	57.00	M		L	M	5.00	1.4	
	CALIFICACION DEL ELEMENTO						1.4	
ESTRIBOS								
VIGAS DE APOYO	60.00	M			M	50.00	0.8	MUY BUENO
	CALIFICACION DEL ELEMENTO						0.0	
ALETONES	59.00	M	C	C	C	25.00	9.1	MUY MALO
	CALIFICACION DEL ELEMENTO						9.1	
FUNDACIONES								
ZAPATA	52.00	M	G	G	G	50.00	8.3	MUY MALO
	57.00	L		M	M	10.00	2.6	
	CALIFICACION DEL ELEMENTO						8.3	

Tabla A-10.4g Resultados de evaluación de elementos estructurales de la categoría subestructura.

ELEMENTOS FUNCIONALES DE LA SUBESTRUCTURA								
ELEMENTO	NRO DE DAÑO	ESTETICA	SEGURIDAD VIAL	MAYOR SEVERIDAD	% ÁREA	CALIFICACION DEL DAÑO	VARIABLE LINGÜÍSTICA	
TERRAPLENES								
DEFENSAS EN ACCESOS	61.00	G	C	C	50.00	4.8	MUY MALO	
	CALIFICACION DEL ELEMENTO					4.8		

Tabla A-10.4h Resultados de evaluación de elementos funcionales de los accesos.

ELEMENTOS FUNCIONALES DE LOS ACCESOS							
ELEMENTO	NRO DE DAÑO	ESTETICA	SEGURIDAD VIAL	MAYOR SEVERIDAD	% ÁREA	CALIFICACION DEL DAÑO	VARIABLE LINGÜÍSTICA
SEÑALES							
SEÑALAMIENTO VERTICAL	61.00	G	G	G	100.00	4.5	MUY MALO
	CALIFICACION DEL ELEMENTO					4.5	
SEÑALAMIENTO HORIZONTAL	13.00	M	M	M	100.00	2.4	REGULAR
	CALIFICACION DEL ELEMENTO					2.4	

2. EVALUACION DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

2.1. VALOR PREFERIDO DEL PROMEDIO

A partir de valores resultantes en el numeral anterior, se obtiene el valor preferido del promedio, calculando el promedio ponderado considerando los valores preferidos de cada una de las variables y los valores preferidos de las importancias asignadas a cada uno de ellos (valores obtenidos de árbol jerárquico presentado en el anexo 6). Los valores preferidos y semirrangos mínimos y máximos para la valoración de condición de cada elemento, muestran en las tablas A-10.5 a y A-10.5 b.

En estas tablas se marcan y califican los elementos existentes que poseen o no daños registrados, no obstante, si estos elementos no se encuentran marcados, esto indicará que este tipo de elementos no pertenece a la tipología de puente evaluada y por tanto no se considerara para la evaluación, sin embargo, estos elementos se presentan en las tablas de esta sección a manera ilustrativa del procedimiento.

Tabla A-10.5 a Tabla de valor preferido semirrango inferior, semirrango superior, valor mínimo y valor máximo para elementos estructurales de la superestructura.

ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LA SUPERESTRUCTURA				
	ELEMENTOS PRINCIPALES	ELEMENTOS SECUNDARIOS	ELEMENTOS TERCARIOS	ELEMENTOS DE 4TO NIVEL
	MUY MALO	MALO	MUY MALO	NULL
VALOR PREFERIDO	0.00	2.00	0.00	NULL
SEMIRRANGO INFERIOR	1.00	2.00	1.00	0.00
SEMIRRANGO SUPERIOR	1.00	2.00	1.00	0.00
VALOR MINIMO	0.00	0.00	0.00	0.00
VALOR MAXIMO	1.00	4.00	1.00	0.00
IMPORTANCIA				
VALOR PREFERIDO	8.00	7.00	6.00	0.00
SEMIRRANGO	0.50	1.00	1.00	0.00
VALOR MINIMO	7.50	6.00	5.00	0.00
VALOR MAXIMO	8.50	8.00	7.00	0.00

Tabla A-10.5 b Valor preferido semirrango inferior, semirrango superior, valor mínimo y valor máximo para elementos estructurales de la subestructura

ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LA SUBESTRUCTURA								
	APOYOS		PILAS					
	APARATOS DE APOYO	DADOS DE APOYO	VIGAS DE APOYO	TOPES ANTI SISMICOS	COLUMNAS	VIGA TRANSVERS	MUROS	ARRIOSTRAMIENTO DIAGONAL
	REGULAR	NULL	REGULAR	NULL	NULL	NULL	BUENO	NULL
VALOR PREFERIDO	5.00	NULL	5.00	NULL	NULL	NULL	8.00	NULL
SEMIRRANGO INFERIOR	3.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00
SEMIRRANGO SUPERIOR	3.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00
VALOR MINIMO	2.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	6.00	0.00
VALOR MAXIMO	8.00	0.00	8.00	0.00	0.00	0.00	10.00	0.00
IMPORTANCIA								
VALOR PREFERIDO	8.00	0.00	9.00	0.00	0.00	0.00	9.00	0.00
SEMIRRANGO	0.50	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00
VALOR MINIMO	7.50	0.00	8.50	0.00	0.00	0.00	8.50	0.00
VALOR MAXIMO	8.50	0.00	9.50	0.00	0.00	0.00	9.50	0.00

Tabla A-10.5 c Valor preferido semirrango inferior, semirrango superior, valor mínimo y valor máximo para elementos estructurales de la subestructura.

ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LA SUBESTRUCTURA											
	ESTRIBOS							FUNDACIONES			
	VIGAS DE APOYO	TOPES ANTI SISMICOS	MURO SUPERIOR	MURO INFERIOR	COLUMNAS	ALEROS	ALETONES	ZAPATA	VIGA DE AMARRE	CABEZAL DEL PILOTES	PILOTES
	MUY BUENO	NULL	NULL	MUY BUENO	NULL	NULL	MUY MALO	MUY MALO	NULL	NULL	NULL
VALOR PREFERIDO	10.00	NULL	NULL	10.00	NULL	NULL	0.00	0.00	NULL	NULL	NULL
SEMIRRANGO INFERIOR	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
SEMIRRANGO SUPERIOR	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
VALOR MINIMO	9.00	0.00	0.00	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
VALOR MAXIMO	10.00	0.00	0.00	10.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
IMPORTANCIA											
VALOR PREFERIDO	9.00	0.00	0.00	9.00	0.00	0.00	5.00	9.00	0.00	0.00	0.00
SEMIRRANGO	0.50	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	1.00	0.50	0.00	0.00	0.00
VALOR MINIMO	8.50	0.00	0.00	8.50	0.00	0.00	4.00	8.50	0.00	0.00	0.00
VALOR MAXIMO	9.50	0.00	0.00	9.50	0.00	0.00	6.00	9.50	0.00	0.00	0.00

Aplicando el procedimiento para la obtención de valor preferido del promedio ponderado; descrito en el capítulo 3 de este trabajo de investigación, a los valores resultante de cada elemento, mostrado en las tablas A-10.5a, A-10.5b y A-10.5c, se obtuvieron los valores preferidos promedio para cada una de las categorías de elementos estructurales de la superestructura, subestructura y accesos.

Los resultados de este procedimiento se muestran en las tablas A-10.6a, A-10.6b y A-10.6 c.

Tabla A-10. 6a Resultado de valores promedio ponderados para elementos estructurales de la superestructura

SUPER ESTRUCTURA	
CALCULOS	
Σ (Valor x Importancia)	14
Σ de importancias	21.00
Valor preferido del promedio ponderado	0.67

Tabla A-10.6 b Resultado de valores promedio ponderados para elementos estructurales de la subestructura.

APOYOS		PILAS	
CALCULOS		CALCULOS	
Σ (Valor x Importancia)	40.00	Σ (Valor x Importancia)	117.00
Σ de importancias	8.00	Σ de importancias	18.00
Valor preferido del promedio ponderado	5.00	Valor preferido del promedio ponderado	6.50
ESTRIBOS		FUNDACIONES	
CALCULOS		CALCULOS	
Σ (Valor x Importancia)	180.00	Σ (Valor x Importancia)	0.00
Σ de importancias	23.00	Σ de importancias	9.00
Valor preferido del promedio ponderado	7.83	Valor preferido del promedio ponderado	0.00

2.1. VALORES EXTREMOS DEL PROMEDIO

Para obtener los valores mínimos y máximos del promedio de cada categoría de agrupación de elementos del puente, se consideraron todas las combinaciones posibles de las importancias mínimas y máximas asignadas a las variables que se promedian. Con cada una de esas combinaciones se calculó el promedio ponderado de las calificaciones mínimas y de las calificaciones máximas de acuerdo con cómo se indica en el procedimiento descrito en el capítulo 3 y cuyos resultados se muestran en las tablas de combinaciones indicadas en esta sección.

2.1.1. Valores extremos del promedio para elementos estructurales pertenecientes a la superestructura.

Como resultado de la operación del promedio ponderado difuso para elementos estructurales de la superestructura presentadas en la tabla A-10.5 a, se obtuvieron los valores mínimos y máximos para superestructura producto de las combinaciones presentados en la tabla A-10.7.

Tabla A-10.7 Combinaciones de valores máximos y mínimos de la importancia de la variable elementos estructurales de la superestructura.

COMBINACIONES DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LA SUPER ESTRUCTURA							
			SUMA	MIN		MAX	
7.50	6.00	5.00	18.50	0.00	0.00	36.50	1.97
7.50	6.00	7.00	20.50	0.00	0.00	38.50	1.88
7.50	8.00	5.00	20.50	0.00	0.00	44.50	2.17
7.50	8.00	7.00	22.50	0.00	0.00	46.50	2.07
8.50	6.00	5.00	19.50	0.00	0.00	37.50	1.92
8.50	6.00	7.00	21.50	0.00	0.00	39.50	1.84
8.50	8.00	5.00	21.50	0.00	0.00	45.50	2.12
8.50	8.00	7.00	23.50	0.00	0.00	47.50	2.02
				MIN-MIN	0.00	MAX-MAX	2.12

Como resultado de la operación de las combinaciones para elementos estructurales de la super estructura, se obtiene los valores extremos que se muestra en la tabla A-10.8, en donde además se muestran los resultados totales que incluye los valores de importancia y valores preferidos promedio para esta categoría.

Tabla A-10.8 Resultante final para elementos estructurales de la super estructura.

SUPER ESTRUCTURA	
CALCULOS	
Σ (Valor x Importancia)	14
Σ de importancias	21.00
Valor preferido del promedio ponderado	0.67
MIN-MIN	0.00
MAX-MAX	2.12

2.1.1. Valores extremos del promedio para elementos estructurales pertenecientes a la subestructura.

Como resultado de la operación del promedio ponderado difuso para elementos estructurales de la subestructura presentadas en la tabla A-10.5b, se obtuvieron los valores mínimos y máximos para superestructura y subestructura producto de las combinaciones presentados en la tabla A-10.9a, A-10.9 b. para las variables pilas y estribos ; siendo que para las variables apoyos y fundaciones no resulta necesario calcular valores máximos y mínimos debido a que solo un elemento se presenta por variable manteniendo sus resultados sin necesidad de realizar combinación.

Tabla A-10.9 a Combinaciones de valores máximos y mínimos de la importancia de la variable elementos estructurales de la superestructura.

COMBINACIONES DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LA SUBESTRUCTURA: PILAS						
		SUMA	MIN		MAX	
8.5	8.5	17	68	4.00	153	9.00
8.5	9.5	18	74	4.11	163	9.06
9.5	8.5	18	70	3.89	161	8.94
9.5	9.5	19	76	4.00	171	9.00
			MIN-MIN	3.89	MAX-MAX	9.06

Tabla A-10.9 b Combinaciones de valores máximos y mínimos de la importancia de la variable elementos estructurales de la subestructura.

COMBINACIONES DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LA SUBESTRUCTURA: ESTRIBOS							
			SUMA	MIN		MAX	
8.5	8.5	4	21	153	7.29	174	8.29
8.5	8.5	6	23	153	6.65	176	7.65
8.5	9.5	4	22	162	7.36	184	8.36
8.5	9.5	6	24	162	6.75	186	7.75
9.5	8.5	4	22	162	7.36	184	8.36
9.5	8.5	6	24	162	6.75	186	7.75
9.5	9.5	4	23	171	7.43	194	8.43
9.5	9.5	6	25	171	6.84	196	7.84
			MIN-MIN	6.75	MAX-MAX	8.43	

Como resultado de la operación de las combinaciones para elementos estructurales de la super estructura, se obtiene los valores extremos que se muestra en la tabla A-10.10, en donde además se muestran los resultados totales que incluye los valores de importancia y valores preferidos promedio para esta categoría.

Tabla A-10.10 Resultante final para elementos estructurales de la subestructura.

APOYOS		PILAS	
CALCULOS		CALCULOS	
Σ (Valor x Importancia)	40.00	Σ (Valor x Importancia)	117.00
Σ de importancias	8.00	Σ de importancias	18.00
Valor preferido del promedio ponderado	5.00	Valor preferido del promedio ponderado	6.50
MIN	2.00	MIN	3.89
MAX	8.00	MAX	9.06

ESTRIBOS		FUNDACIONES	
CALCULOS		CALCULOS	
Σ (Valor x Importancia)	180.00	Σ (Valor x Importancia)	0.00
Σ de importancias	23.00	Σ de importancias	9.00
Valor preferido del promedio ponderado	7.83	Valor preferido del promedio ponderado	0.00
MIN	6.75	MIN	0.00
MAX	8.43	MAX	1.00

2.1.2. Resultante de elementos estructurales pertenecientes a la subestructura.

A continuación, se presenta la calificación resultante del conjunto de elementos pertenecientes a la subestructura. Mostrando en la tabla A-10.11 los valores preferidos, importancias, máximos y mínimos para cada uno de los elementos de esta categoría, utilizados para la operación de obtención de la calificación.

Tabla A-10.11 Valor preferido semirrango inferior, semirrango superior, valor mínimo y valor máximo

ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LA SUB ESTRUCTURA				
	APOYOS	PILAS	ESTRIBOS	FUNDACIONES
VALOR PREFERIDO	5.00	6.50	7.83	0.00
SEMIRRANGO INFERIOR	3.00	2.61	1.08	0.00
SEMIRRANGO SUPERIOR	3.00	2.56	0.61	1.00
VALOR MINIMO	2.00	3.89	6.75	0.00
VALOR MAXIMO	8.00	9.06	8.43	1.00

IMPORTANCIA				
VALOR PREFERIDO	4.00	7.00	6.00	9.00
SEMIRRANGO	1.50	1.00	1.50	0.50
VALOR MINIMO	2.50	6.00	4.50	8.50
VALOR MAXIMO	5.50	8.00	7.50	9.50

Se procedió a realizar las combinaciones para obtener los valores mínimos y máximos del promedio, las cuales se muestran en la tabla 10.12. Valores con los cuales se obtuvo la calificación de la subestructura mostrada en la tabla A-10.13.

Tabla A-10.12. Combinaciones de valores máximos y mínimos de la importancia de la variable elementos estructurales de la subestructura.

COMBINACIONES DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LA SUBESTRUCTURA								
				SUMA	MIN		MAX	
2.50	6.00	4.50	8.50	21.5	58.71	2.73	120.79	5.62
2.50	6.00	4.50	9.50	22.5	58.71	2.61	121.79	5.41
2.50	6.00	7.50	8.50	24.5	78.96	3.22	146.09	5.96
2.50	6.00	7.50	9.50	25.5	78.96	3.10	147.09	5.77
2.50	8.00	4.50	8.50	23.5	66.49	2.83	138.90	5.91
2.50	8.00	4.50	9.50	24.5	66.49	2.71	139.90	5.71
2.50	8.00	7.50	8.50	26.5	86.74	3.27	164.21	6.20
2.50	8.00	7.50	9.50	27.5	86.74	3.15	165.21	6.01
5.50	6.00	4.50	8.50	24.5	64.71	2.64	144.79	5.91
5.50	6.00	4.50	9.50	25.5	64.71	2.54	145.79	5.72
5.50	6.00	7.50	8.50	27.5	84.96	3.09	170.09	6.19
5.50	6.00	7.50	9.50	28.5	84.96	2.98	171.09	6.00
5.50	8.00	4.50	8.50	26.5	72.49	2.74	162.90	6.15
5.50	8.00	4.50	9.50	27.5	72.49	2.64	163.90	5.96
5.50	8.00	7.50	8.50	29.5	92.74	3.14	188.21	6.38
5.50	8.00	7.50	9.50	30.5	92.74	3.04	189.21	6.20
					MIN-MIN	2.64	MAX-MAX	6.38

Como resultado de la operación de las combinaciones para elementos estructurales de la super estructura, se obtiene los valores extremos que se muestra en la tabla A-10.11, en donde además se muestran los resultados totales que incluye los valores de importancia y valores preferidos promedio para esta categoría.

Tabla A-10.13 Resultado del triángulo difuso asimétrico para elementos estructurales de la subestructura.

SUB ESTRUCTURA	
CALCULOS	
Σ (Valor x Importancia)	112.46
Σ de importancias	26.00
Valor preferido del promedio ponderado	4.33
MIN-MIN	2.64
MAX-MAX	6.38

2.1.1. Resultante de elementos estructurales pertenecientes a la superestructura y la subestructura.

Obtenidos las calificaciones para super estructura y subestructura, estos se promedian nuevamente para determinar la calificación final para elementos estructurales. Estos valores se muestran en la tabla A-10.14 y las combinaciones de ellos se presentan en la tabla A-10.15.

A partir de estas operaciones se obtiene la calificación final para los elementos estructurales, resultados que son mostrados en la tabla A-10.16

Tabla A-10.14 Valor preferido semirrango inferior, semirrango superior, valor mínimo y valor máximo

ELEMENTOS ESTRUCTURALES		
	SUPER ESTRUCTURA	SUB ESTRUCTURA
VALOR PREFERIDO	0.67	4.33
SEMIRRANGO INFERIOR	0.67	1.69
SEMIRRANGO SUPERIOR	1.45	2.05
VALOR MINIMO	0.00	2.64
VALOR MAXIMO	2.12	6.38
IMPORTANCIA		
VALOR PREFERIDO	7.00	9.00
SEMIRRANGO	1.00	0.50
VALOR MINIMO	6.00	8.50
VALOR MAXIMO	8.00	9.50

Tabla A-10.15 Combinaciones de valores máximos y mínimos de la importancia de la variable elementos estructurales de la subestructura.

COMBINACIONES DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LA SUBESTRUCTURA						
		SUMA	MIN		MAX	
6.00	8.50	14.50	22.40	1.55	66.93	4.62
6.00	9.50	15.50	25.04	1.62	73.31	4.73
8.00	8.50	16.50	22.40	1.36	71.16	4.31
8.00	9.50	17.50	25.04	1.43	77.54	4.43
				MIN-MIN	1.36	MAX-MAX
						4.73

Tabla A-10.16 Resultado del triángulo difuso asimétrico para elementos estructurales de la subestructura.

ESTRUCTURALES	
CALCULOS	
Σ (Valor x Importancia)	43.59
Σ de importancias	16.00
Valor preferido del promedio ponderado	2.72
MIN-MIN	1.36
MAX-MAX	4.73

3. EVALUACION DE ELEMENTOS FUNCIONALES

3.1. VALOR PREFERIDO DEL PROMEDIO

El procedimiento de cálculo aplicado para la evaluación de los elementos funcionales es el mismo que el descrito en el numeral anterior referido para los elementos estructurales.

La valoración de daños para evaluar los elementos funcionales del puente se muestra en las tablas A- 10.4c, A-10.4d, A-10.4g y A-10.4 h.

A partir de estas valoraciones se obtienen los valores preferidos promedio mostrados en las tablas A-10.17 a y A-10.17 b.

Tabla A-10.17 a Tabla de valor preferido semirrango inferior, semirrango superior, valor mínimo y valor máximo, super estructura y sub estructura.

	ELEMENTOS FUNCIONALES DE LA SUPERESTRUCTURA								ELEMENTOS FUNCIONALES DE LA SUBESTRUCTURA	
	SUPERFICIE DE RODAMIENTO	DEFENSAS DE TRÁFICO	BARANDALES	BORDILLOS Y ACERAS	JUNTAS	DRENAJES EN CALZADA	SEÑALAMIENTO HORIZONTAL	LUMINARIAS	DRENAJE EN ESTRIBOS	EMPLANTILLADO
	REGULAR	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	NULL	NULL
VALOR PREFERIDO	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	NULL	NULL
SEMIRRANGO INFERIOR	3.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
SEMIRRANGO SUPERIOR	3.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
VALOR MINIMO	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
VALOR MAXIMO	8.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
IMPORTANCIA										
	SUPERFICIE DE RODAMIENTO	DEFENSAS DE TRÁFICO	BARANDALES	BORDILLOS Y ACERAS	JUNTAS	DRENAJES	SEÑALAMIENTO HORIZONTAL	LUMINARIAS	DRENAJE EN ESTRIBOS	EMPLANTILLADO
VALOR PREFERIDO	2.00	2.00	1.00	1.00	3.00	4.00	1.00	1.00	0.00	0.00
SEMIRRANGO	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	1.00	0.50	0.50	0.00	0.00
VALOR MINIMO	1.50	1.50	0.50	0.50	2.50	3.00	0.50	0.50	0.00	0.00
VALOR MAXIMO	2.50	2.50	1.50	1.50	3.50	5.00	1.50	1.50	0.00	0.00

Tabla A-10.17 b Tabla de valor preferido semirrango inferior, semirrango superior, valor mínimo y valor máximo accesos.

	ELEMENTOS FUNCIONALES DE ACCESOS										
	TERRAPLENES								SEÑALES Y LUMINARIAS		
	REVESTIMIENTO FRONTAL	REVESTIMIENTO DE CONO DE DERRAME	REVESTIMIENTO LATERAL	MURETE AL PIE DEL TALUD	LOSA DE APROXIMACION	DRENAJES DE ACCESOS	DEFENSAS EN ACCESOS	TERRAPLENES	SEÑALAMIENTO VERTICAL	SEÑALAMIENTO HORIZONTAL	LUMINARIAS
	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	MUY MALO	NULL	MUY MALO	REGULAR	NULL
VALOR PREFERIDO	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	0.00	NULL	0.00	5.00	NULL
SEMIRRANGO INFERIOR	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	3.00	0.00
SEMIRRANGO SUPERIOR	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	3.00	0.00
VALOR MINIMO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00
VALOR MAXIMO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	8.00	0.00
IMPORTANCIA											
	REVESTIMIENTO FRONTAL	REVESTIMIENTO DE CONO DE DERRAME	REVESTIMIENTO LATERAL	MURETE AL PIE DEL TALUD	LOSA DE APROXIMACION	DRENAJES DE ACCESOS	DEFENSAS EN ACCESOS	TERRAPLENES	SEÑALAMIENTO VERTICAL	SEÑALAMIENTO HORIZONTAL	LUMINARIAS
VALOR PREFERIDO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	1.00	1.00	0.00
SEMIRRANGO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00
VALOR MINIMO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
VALOR MAXIMO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00	0.00	2.00	2.00	0.00

Aplicando el procedimiento para la obtención de valor preferido del promedio ponderado; descrito en el capítulo 3 de este trabajo de investigación, a los valores resultante de cada elemento, mostrado en las tablas A-10.17a y A-10.17b, se obtuvieron los valores preferidos promedio para cada una de las categorías de elementos funcionales de la superestructura, subestructura y accesos.

Los resultados de este procedimiento se muestran en las tablas A-10.18a y A-10.18b.

Tabla A-10.18 a Resultado de valor preferido promedio ponderado para súper estructura y subestructura.

SUPER ESTRUCTURA		SUB ESTRUCTURA	
CALCULO		CALCULO	
Σ (Valor x Importancia)	10.00	Σ (Valor x Importancia)	0.00
Σ de importancias	15.00	Σ de importancias	0.00
Valor preferido del promedio ponderado	0.67	Valor preferido del promedio ponderado	0.00

Tabla A-10.18 b Resultado valor preferido promedio ponderado para elementos funcionales de accesos: terraplenes, señales y luminarias.

ACCESOS: TERRAPLENES		ACCESOS: SEÑALES Y LUMINARIAS	
CALCULO		CALCULO	
Σ (Valor x Importancia)	0.00	Σ (Valor x Importancia)	5.00
Σ de importancias	3.00	Σ de importancias	2.00
Valor preferido del promedio ponderado	0.00	Valor preferido del promedio ponderado	2.50

3.1. VALORES EXTREMOS DEL PROMEDIO

Para obtener los valores mínimos y máximos del promedio de cada categoría de agrupación de elementos del puente, se consideraron todas las combinaciones posibles de las importancias mínimas y máximas asignadas a las variables que se promedian. Con cada una de esas combinaciones se calculó el promedio ponderado de las calificaciones mínimas y de las calificaciones máximas de acuerdo con cómo se indica en el procedimiento descrito en el capítulo 3 y cuyos resultados se muestran en las tablas de combinaciones indicadas en esta sección.

3.1.1. Valores extremos del promedio para elementos funcionales pertenecientes a la superestructura y subestructura

Como resultado de la operación del promedio ponderado difuso de las combinaciones para elementos funcionales de la superestructura y subestructura presentadas en la tabla A-10.19 a partir de las valoraciones mostradas en la tabla A-10.18a y A-10.18b, se obtuvieron los valores mínimos y máximos para superestructura y subestructura presentados en la tabla A-11.20.

Ya que para los elementos pertenecientes a la subestructura no presentan daños registrados las combinaciones mostradas en las tabla A-11.19 son únicamente con los datos pertenecientes a las valoraciones de daños de la super estructura.

Tabla A-10.20 Resultado de valor mínimo mínimo y máximo máximo para súper estructura y subestructura.

SUPER ESTRUCTURA		SUB ESTRUCTURA	
CALCULO		CALCULO	
MIN-MIN	0.26	MIN-MIN	0.00
MAX-MAX	2.13	MAX-MAX	0.00

3.1.1. Valores extremos del promedio para elementos funcionales pertenecientes a los accesos.

De la misma manera se procedió para la evaluación de los elementos funcionales de accesos, obteniendo las combinaciones de valores mínimos y máximos mostradas en la tabla A-10.21, datos de los cuales se obtienen los valores resultantes mostrados en la tabla A- 10.22.

Tabla A-10.21 Combinaciones de valores máximos y mínimos de la importancia de la variable elementos funcionales de accesos; señales y luminarias.

COMBINACIONES ELEMENTOS FUNCIONALES DE ACCESOS, :SEÑALES Y LUMINARIAS							
SUMA				MIN		MAX	
0.00	0.00	0	0	0	0	0	0
0.00	0.00	2	2	0	0	0	0
0.00	2.00	0	2	4	0	16	0
0.00	2.00	2	4	4	1	16	4
2.00	0.00	0	2	0	0	2	1
2.00	0.00	2	4	0	0	2	0.5
2.00	2.00	0	4	4	1	18	4.5
2.00	2.00	2	6	4	0.67	18	3.00
				MIN	0	MAX	4.5

Tabla A-10.22 Resultado para valores máximos y mínimos de elementos funcionales de accesos: terraplenes, señales y luminarias.

ACCESOS: TERRAPLENES		ACCESOS: SEÑALES Y LUMINARIAS	
CALCULO		CALCULO	
Σ (Valor x Importancia)	0.00	Σ (Valor x Importancia)	5.00
Σ de importancias	3.00	Σ de importancias	2.00
Valor preferido del promedio ponderado	0.00	Valor preferido del promedio ponderado	2.50
MIN-MIN	0.00	MIN-MIN	0.00
MAX-MAX	1.00	MAX-MAX	4.50

3.1.1. Resultante entre elementos funcionales accesos.

No obstante, se busca determinar una sola calificación para elementos funcionales, por lo cual esta calificación doble de accesos se redujo a una sola, para lo que, se procedió a aplicar esta misma operación de cálculo de promedios ponderados difusos, considerando las variables de obtenidas de accesos para terraplenes, señales y luminarias indicados en la tabla A-10.22, para obtener la calificación de accesos. Para ello se obtuvieron las combinaciones mostradas en la tabla A-10.24, las cuales son resultados a partir los datos resultantes valores preferidos promedio presentados en la tabla A-10.23. Los valores resultantes de estas operaciones para la categoría de accesos se muestran en la tabla A-10.25.

Tabla A-10.23 Resultado del triángulo difuso asimétrico para elementos funcionales de accesos terraplenes, señales y luminarias.

	ELEMENTOS FUNCIONALES DE ACCESOS	
	TERRAPLENES	SEÑALES Y LUMINARIAS
VALOR PREFERIDO	0.00	2.50
SEMIRRANGO INFERIOR	0.00	2.50
SEMIRRANGO SUPERIOR	1.00	2.00
VALOR MÍNIMO	0.00	0.00
VALOR MÁXIMO	1.00	4.50
	IMPORTANCIA	
VALOR PREFERIDO	3.00	3.00
SEMIRRANGO	1.00	1.00
VALOR MÍNIMO	2.00	2.00
VALOR MÁXIMO	4.00	4.00

Tabla A-10.24 Combinaciones de valores máximos y mínimos de la importancia de la variable para elementos funcionales de accesos.

COMBINACIONES ELEMENTOS FUNCIONALES DE ACCESOS						
		SUMA	MIN		MAX	
2	2	4	0	0.00	11.00	2.75
2	4	6	0	0.00	20.00	3.33
4	2	6	0	0.00	13.00	2.17
4	4	8	0	0.00	22.00	2.75
			MIN-MIN	0.00	MAX-MAX	3.33

Tabla A-10.25 Resultado del triángulo difuso asimétrico para elementos funcionales de accesos (terraplenes, señales y luminarias).

ACCESOS	
CALCULO	
Σ (Valor x Importancia)	7.50
Σ de importancias	6.00
Valor preferido del promedio ponderado	1.25
MIN-MIN	0.00
MAX-MAX	3.33

3.1.1. Resultante final de elementos funcionales pertenecientes a superestructura, subestructura y accesos.

Para lo obtención de calificación de los elementos funcionales se aplicó la misma operación de promedios ponderados difusos para las variables de elementos funcionales de superestructura y subestructura y accesos, para dichas operaciones se utilizaron los datos que se muestran en las tablas A-10.26 y A-10.27, siendo así los resultados mostrados en la tabla A-10.28.

Tabla A-10.26 Resultado del triángulo difuso asimétrico para elementos funcionales

ELEMENTOS FUNCIONALES			
	SUPER ESTRUCTURA	SUB ESTRUCTURA	ACCESOS
VALOR PREFERIDO	0.67	0.00	1.25
SEMIRRANGO INFERIOR	0.41	0.00	1.25
SEMIRRANGO SUPERIOR	1.46	0.00	2.08
VALOR MINIMO	0.26	0.00	0.00
VALOR MAXIMO	2.13	0.00	3.33
IMPORTANCIA			
VALOR PREFERIDO	7.00	0.00	3.00
SEMIRRANGO	1.00	0.00	1.00
VALOR MINIMO	6.00	0.00	2.00
VALOR MAXIMO	8.00	0.00	4.00

Habiendo definido lo valores preferidos, semirrangos y valores de importancia para los elementos funcionales de superestructura, subestructura y accesos se procedió a realizar las combinaciones de los valores máximos y mínimos de estas categorías, las cuales los resultados se muestran en la tabla A-10.27.

Tabla A-10.27 Combinaciones de valores máximos y mínimos de la importancia de la variable elementos funcionales.

COMBINACIONES ELEMENTOS FUNCIONALES						
		SUMA	MIN		MAX	
6	2	8	1.54	0.19	19.44	2.43
6	4	10	1.54	0.15	26.11	2.61
8	2	10	2.05	0.21	23.70	2.37
8	4	12	2.05	0.17	30.37	2.53
			MIN-MIN	0.15	MAX-MAX	2.61

Finalmente, y como resultado de estas operaciones se obtiene la calificación final para elementos funcionales del Puente Rio Grande.

Tabla A-10.28 Resultado del triángulo difuso asimétrico para elementos funcionales

FUNCIONALES	
CALCULOS Y RESULTADOS	
Σ (Valor x Importancia)	8.42
Σ de importancias	10.00
Valor preferido del promedio ponderado	0.84
MIN-MIN	0.15
MAX-MAX	2.61

3.2. RESULTANTE DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y ELEMENTOS FUNCIONALES DEL PUENTE RIO GRANDE.

Finalmente, luego de haber obtenido las calificaciones para los elementos funciones y los elementos estructurales del puente se procedió a operar estos valores a manera de obtener los valores preferidos, semirrangos mínimos y máximos y los valores de importancia, como se muestra en la tabla A-10.29, utilizados para la determinación de la calificación definitiva del puente, la cual se presenta en la tabla A-10.31, aplicando el cálculo de promedios ponderados difusos.

Tabla A-10.29 Valor preferido semirrango inferior, semirrango superior, valor mínimo y valor máximo

ESTRUCTURA		
	ESTRUCTURALES	FUNCIONALES
VALOR PREFERIDO	2.72	0.84
SEMIRRANGO INFERIOR	1.37	0.69
SEMIRRANGO SUPERIOR	2.00	1.77
VALOR MINIMO	1.36	0.15
VALOR MAXIMO	4.73	2.61
IMPORTANCIA		
VALOR PREFERIDO	9.00	6.00
SEMIRRANGO	0.50	1.00
VALOR MINIMO	8.50	5.00
VALOR MAXIMO	9.50	7.00

Tabla A-10.30 Combinaciones de valores máximos y mínimos de la importancia de la variable estructura.

COMBINACIONES ESTRUCTURA						
		SUMA	MIN-MIN		MAX-MAX	
8.5	5	13.5	12.31	0.91	53.25	3.94
8.5	7	15.5	12.62	0.81	58.48	3.77
9.5	5	14.5	13.67	0.94	57.98	4.00
9.5	7	16.5	13.98	0.85	63.20	3.83
			MIN-MIN	0.81	MAX-MAX	4.00

Tabla A-10.31 Resultado del triángulo difuso asimétrico para elementos estructurales de la subestructura.

NOTA FINAL DE ESTRUCTURA RIO GRANDE	
CALCULOS	
Σ (Valor x Importancia)	29.57
Σ de importancias	15.00
Valor preferido del promedio ponderado	1.97
MIN-MIN	0.81
MAX-MAX	4.00

PUENTE EL OBRAJE

4. VALORACION DE DAÑOS REGISTRADOS

Las valoraciones numéricas de las variables lingüísticas usadas para el registro de daños en los elementos del Puente El Obraje son las mismas usadas en el Puente Rio Grande. En las tablas desde la A-10.32 hasta la A-10.35 se presentan los resultados obtenidos para la evaluación de daños para cada elemento ya sean estructurales o funcionales.

Tabla A-10. 32 Resultados de evaluación de daños de elementos estructurales de la categoría superestructura

ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LA SUPERESTRUCTURA								
ELEMENTO	NRO DE DAÑO	ESTETICA	SEGURIDAD VIAL	ESTRUCTURAL	MAYOR SEVERIDAD	% ÁREA	CALIFICACION DEL DAÑO	VARIABLE LINGÜÍSTICA
ELEMENTOS PRINCIPALES	24.00	M		M	M	26.00	3.2	REGULAR
	27.00	G		M	G	20.00	3.9	
	CALIFICACION DEL ELEMENTO						3.9	
ELEMENTOS SECUNDARIOS	59.00	L		M	M	60.00	2.6	REGULAR
	CALIFICACION DEL ELEMENTO						2.6	

Tabla A-10. 33a Resultados de evaluación de daños de elementos funcionales de la categoría superestructura

ELEMENTOS FUNCIONALES DE LA SUPERESTRUCTURA							
ELEMENTO	NRO DE DAÑO	ESTETICA	SEGURIDAD VIAL	MAYOR SEVERIDAD	% ÁREA	CALIFICACION DEL DAÑO	VARIABLE LINGÜÍSTICA
SUPERFICIE DE RODAMIENTO	7.00	M	L	M	5.00	1.2	BUENO
	8.00	L	L	L	10.00	0.6	
	60.00	M	L	M	25.00	1.2	
	59.00	L		L	15.00	0.2	
	CALIFICACION DEL ELEMENTO						

Tabla A-10. 33 b Resultados de evaluación de daños de elementos funcionales de la categoría superestructura

ELEMENTOS FUNCIONALES DE LA SUPERESTRUCTURA								
ELEMENTO	NRO DE DAÑO	ESTETICA	SEGURIDAD VIAL	MAYOR SEVERIDAD	% ÁREA	CALIFICACION DEL DAÑO	VARIABLE LINGÜÍSTICA	
BARANDALES	61.00	M	C	C	100.00	4.1	MUY MALO	
	CALIFICACION DEL ELEMENTO					4.1		
BORDILLOS Y ACERAS	61.00	M	G	G	100.00	3.8	MUY MALO	
	CALIFICACION DEL ELEMENTO					3.8		
SEÑALAMIENTO HORIZONTAL	61.00	C	C	C	100.00	5.0	MUY MALO	
	CALIFICACION DEL ELEMENTO					5.0		

Tabla A-10. 34 Resultados de evaluación de daños de elementos estructurales de la categoría subestructura

ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LA SUBESTRUCTURA								
ELEMENTO	NRO DE DAÑO	ESTETICA	SEGURIDAD VIAL	ESTRUCTURAL	MAYOR SEVERIDAD	% ÁREA	CALIFICACION DEL DAÑO	VARIABLE LINGÜÍSTICA
ESTRIBOS								
MURO INFERIOR							0.00	MUY BUENO
	CALIFICACION DEL ELEMENTO						0.00	
ESTRIBOS								
ALETONES	59.00		L	L	L	40.00	1.00	REGULAR
	57.00	L		M	M	20.00	2.60	
	CALIFICACION DEL ELEMENTO						2.60	
FUNDACIONES								
ZAPATA	52.00		M	G	G	50.00	6.10	MALO
	CALIFICACION DEL ELEMENTO						6.10	
							0.00	
CALIFICACION DEL ELEMENTO						0.00		
DRENAJE EN ESTRIBOS							0.00	MUY BUENO
	CALIFICACION DEL ELEMENTO						0.00	

Tabla A-10. 35 Resultados de evaluación de daños de elementos funcionales de la categoría accesos.

ELEMENTOS FUNCIONALES DE ACCESOS							
ELEMENTO	NRO DE DAÑO	ESTETICA	SEGURIDAD VIAL	MAYOR SEVERIDAD	% ÁREA	CALIFICACION DEL DAÑO	VARIABLE LINGÜÍSTICA
TERRAPLENES							
DRENAJES DE ACCESOS	61.00		M	M	100.00	1.6	REGULAR
	CALIFICACION DEL ELEMENTO					1.6	
DEFENSAS EN ACCESOS	61.00		G	G	100.00	3.0	MALO
	CALIFICACION DEL ELEMENTO					3.0	
SEÑALES							
SEÑALAMIENTO VERTICAL	61.00	C	C	C	100.00	5.0	MUY MALO
	CALIFICACION DEL ELEMENTO					5.0	
SEÑALAMIENTO HORIZONTAL	61.00	C	C	C	100.00	5.0	MUY MALO
	CALIFICACION DEL ELEMENTO					5.0	
LUMINARIAS	61.00		C	C	100.00	3.3	MALO
	CALIFICACION DEL ELEMENTO					3.3	

5. EVALUACION DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

5.1. VALOR PREFERIDO DEL PROMEDIO

A partir de valores resultantes en el numeral anterior, se obtiene el valor preferido del promedio, calculando el promedio ponderado considerando los valores preferidos de cada una de las variables y los valores preferidos de las importancias asignadas a cada uno de ellos (valores obtenidos de árbol jerárquico presentado en el anexo 6). Los valores preferidos y semirrangos mínimos y máximos para la valoración de condición de cada elemento, muestran en las tablas A-10.36 a y A-10.36 b.

En estas tablas se marcan y califican los elementos existentes que poseen o no daños registrados, no obstante, si estos elementos no se encuentran marcados, esto indicará que este tipo de elementos no pertenece a la tipología de puente evaluada y por tanto no se considerara para la evaluación, sin embargo, estos elementos se presentan en las tablas de esta sección a manera ilustrativa del procedimiento.

Tabla A-10.36 a Tabla de valor preferido semirrango inferior, semirrango superior, valor mínimo y valor máximo para elementos estructurales de la superestructura.

ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LA SUPERESTRUCTURA				
	ELEMENTOS PRINCIPALES	ELEMENTOS SECUNDARIOS	ELEMENTOS TERCARIOS	ELEMENTOS DE 4TO NIVEL
	REGULAR	REGULAR	NULL	NULL
VALOR PREFERIDO	5.00	5.00	NULL	NULL
SEMIRRANGO INFERIOR	3.00	3.00	0.00	0.00
SEMIRRANGO SUPERIOR	3.00	3.00	0.00	0.00
VALOR MINIMO	2.00	2.00	0.00	0.00
VALOR MAXIMO	8.00	8.00	0.00	0.00
IMPORTANCIA				
VALOR PREFERIDO	8.00	7.00	0.00	0.00
SEMIRRANGO	0.50	1.00	0.00	0.00
VALOR MINIMO	7.50	6.00	0.00	0.00
VALOR MAXIMO	8.50	8.00	0.00	0.00

Tabla A-10.36 b Valor preferido semirrango inferior, semirrango superior, valor mínimo y valor máximo para elementos estructurales de la subestructura

ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LA SUBESTRUCTURA								
	APOYOS		PILAS					
	APARATOS DE APOYO	DADOS DE APOYO	VIGAS DE APOYO	TOPE ANTI SISMICOS	COLUMNAS	VIGA TRANSVERSAL INTERMEDIA	MUROS	ARRIOSTRAMIENTO DIAGONAL
	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
VALOR PREFERIDO	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
SEMIRRANGO INFERIOR	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SEMIRRANGO SUPERIOR	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
VALOR MINIMO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
VALOR MAXIMO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
IMPORTANCIA								
VALOR PREFERIDO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SEMIRRANGO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
VALOR MINIMO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
VALOR MAXIMO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabla A-10.36 c Valor preferido semirrango inferior, semirrango superior, valor mínimo y valor máximo para elementos estructurales de la subestructura.

ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LA SUBESTRUCTURA											
	ESTRIBOS							FUNDACIONES			
	VIGAS DE APOYO	TOPES ANTI SISMICOS	MURO SUPERIOR	MURO INFERIOR	COLUMNAS	ALEROS	ALETONES	ZAPATA	VIGA DE AMARRE	CABEZAL DEL PILOTES	PILOTES
	NULL	NULL	NULL	MUY BUENO	NULL	NULL	REGULAR	MALO	NULL	NULL	NULL
VALOR PREFERIDO	NULL	NULL	NULL	10.0	NULL	NULL	5.0	2.0	NULL	NULL	NULL
SEMIRRANGO INFERIOR	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	3.0	2.0	0.00	0.00	0.00
SEMIRRANGO SUPERIOR	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	3.0	2.0	0.00	0.00	0.00
VALOR MINIMO	0.00	0.00	0.00	9.00	0.00	0.00	2.0	0.0	0.00	0.00	0.00
VALOR MAXIMO	0.00	0.00	0.00	10.0	0.00	0.00	8.0	4.0	0.00	0.00	0.00
IMPORTANCIA											
VALOR PREFERIDO	0.00	0.00	0.00	9.00	0.00	0.00	5.0	9.0	0.00	0.00	0.00
SEMIRRANGO	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	1.0	0.5	0.00	0.00	0.00
VALOR MINIMO	0.00	0.00	0.00	8.50	0.00	0.00	4.0	8.5	0.00	0.00	0.00
VALOR MAXIMO	0.00	0.00	0.00	9.50	0.00	0.00	6.0	9.5	0.00	0.00	0.00

Aplicando el procedimiento para la obtención de valor preferido del promedio ponderado; descrito en el capítulo 3 de este trabajo de investigación, a los valores resultante de cada elemento, mostrado en las tablas A-10.36a, A-10.36b y A-10.36c, se obtuvieron los valores preferidos promedio para cada una de las categorías de elementos estructurales de la superestructura, subestructura y accesos.

Los resultados de este procedimiento se muestran en las tablas A-10.37a, A-10.37b

Tabla A-10. 37a Resultado de valores promedio ponderados para elementos estructurales de la superestructura

SUPER ESTRUCTURA	
CALCULOS	
Σ (Valor x Importancia)	75.00
Σ de importancias	15.00
Valor preferido del promedio ponderado	5.00

Tabla A-10.37 b Resultado de valores promedio ponderados para elementos estructurales de la subestructura.

ESTRIBOS		FUNDACIONES	
CALCULOS		CALCULOS	
Σ (Valor x Importancia)	115.00	Σ (Valor x Importancia)	18.00
Σ de importancias	14.00	Σ de importancias	9.00
Valor preferido del promedio ponderado	8.21	Valor preferido del promedio ponderado	2.00

5.2. VALORES EXTREMOS DEL PROMEDIO

Para obtener los valores mínimos y máximos del promedio de cada categoría de agrupación de elementos del puente, se consideraron todas las combinaciones posibles de las importancias mínimas y máximas asignadas a las variables que se promedian. Con cada una de esas combinaciones se calculó el promedio ponderado de las calificaciones mínimas y de las calificaciones máximas de acuerdo con cómo se indica en el procedimiento descrito en el capítulo 3 y cuyos resultados se muestran en las tablas de combinaciones indicadas en esta sección.

5.2.1. Valores extremos del promedio para elementos estructurales pertenecientes a la superestructura.

Como resultado de la operación del promedio ponderado difuso para elementos estructurales de la superestructura presentadas en la tabla A-10.36 a, se obtuvieron los valores mínimos y máximos para superestructura producto de las combinaciones presentados en la tabla A-10.38.

Tabla A-10.38 Combinaciones de valores máximos y mínimos de la importancia de la variable elementos estructurales de la superestructura.

COMBINACIONES DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LA SUPER ESTRUCTURA						
		SUMA	MIN		MAX	
7.50	6.00	13.50	27.00	2.00	108.00	8.00
7.50	8.00	15.50	31.00	2.00	124.00	8.00
8.50	6.00	14.50	29.00	2.00	116.00	8.00
8.50	8.00	16.50	33.00	2.00	132.00	8.00
			MIN-MIN	2.00	MAX-MAX	8.00

Como resultado de la operación de las combinaciones para elementos estructurales de la super estructura, se obtiene los valores extremos que se muestra en la tabla A-10.39, en donde además se muestran los resultados totales que incluye los valores de importancia y valores preferidos promedio para esta categoría.

Tabla A-10.39 Resultante final para elementos estructurales de la super estructura.

SUPER ESTRUCTURA	
CALCULOS	
Σ (Valor x Importancia)	75.00
Σ de importancias	15.00
Valor preferido del promedio ponderado	5.00
MIN-MIN	2.00
MAX-MAX	8.00

5.2.2. Valores extremos del promedio para elementos estructurales pertenecientes a la subestructura.

Como resultado de la operación del promedio ponderado difuso para elementos estructurales de la subestructura presentadas en la tabla A-10.37c, se obtuvieron los valores mínimos y máximos para subestructura producto de las combinaciones presentados en la tabla A-10.40 a. para la variables estribos; siendo que para las variables fundaciones no resulta necesario calcular valores máximos y mínimos debido a que no presenta más variables a combinar, manteniendo sus resultados.

Tabla A-10.40 a Combinaciones de valores máximos y mínimos de la importancia de la variable elementos estructurales de la subestructura.

COMBINACIONES DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LA SUBESTRUCTURA: ESTRIBOS							
		SUMA	MIN		MAX		
8.50	4.00	12.50	84.50	6.76	117.00	9.36	
8.50	6.00	14.50	88.50	6.10	133.00	9.17	
9.50	4.00	13.50	93.50	6.93	127.00	9.41	
9.50	6.00	15.50	97.50	6.29	143.00	9.23	
				MIN-MIN	6.10	MAX-MAX	9.41

Como resultado de la operación de las combinaciones para elementos estructurales de la super estructura, se obtiene los valores extremos que se muestra en la tabla A-10.41, en donde además se muestran los resultados totales que incluye los valores de importancia y valores preferidos promedio para esta categoría.

Tabla A-10.41 Resultante final para elementos estructurales de la subestructura.

ESTRIBOS		FUNDACIONES	
CALCULOS		CALCULOS	
Σ (Valor x Importancia)	115.00	Σ (Valor x Importancia)	18.00
Σ de importancias	14.00	Σ de importancias	9.00
Valor preferido del promedio ponderado	8.21	Valor preferido del promedio ponderado	2.00
MIN	6.10	MIN	0.00
MAX	9.41	MAX	4.00

5.2.3. Resultante de elementos estructurales pertenecientes a la subestructura.

A continuación, se presenta la calificación resultante del conjunto de elementos pertenecientes a la subestructura. Mostrando en la tabla A-10.42 los valores preferidos, importancias, máximos y mínimos para cada uno de los elementos de esta categoría, utilizados para la operación de obtención de la calificación.

Tabla A-10.42 Valor preferido semirrango inferior, semirrango superior, valor mínimo y valor máximo

ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LA SUBESTRUCTURA		
	ESTRIBOS	FUNDACIONES
VALOR PREFERIDO	8.21	2.00
SEMIRRANGO INFERIOR	2.11	2.00
SEMIRRANGO SUPERIOR	1.19	2.00
VALOR MINIMO	6.10	0.00
VALOR MAXIMO	9.41	4.00
IMPORTANCIA		
VALOR PREFERIDO	6.00	9.00
SEMIRRANGO	1.50	0.50
VALOR MINIMO	4.50	8.50
VALOR MAXIMO	7.50	9.50

Se procedió a realizar las combinaciones para obtener los valores mínimos y máximos del promedio, las cuales se muestran en la tabla 10.43. Valores con los cuales se obtuvo la calificación de la subestructura mostrada en la tabla A-10.44.

Tabla A-10.43. Combinaciones de valores máximos y mínimos de la importancia de la variable elementos estructurales de la subestructura.

COMBINACIONES DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LA SUBESTRUCTURA						
		SUMA	MIN		MAX	
4.50	8.50	13.00	27.47	2.11	76.33	5.87
4.50	9.50	14.00	27.47	1.96	80.33	5.74
7.50	8.50	16.00	45.78	2.86	104.56	6.53
7.50	9.50	17.00	45.78	2.69	108.56	6.39
			MIN-MIN	1.96	MAX-MAX	6.53

Como resultado de la operación de las combinaciones para elementos estructurales de la sub estructura, se obtiene los valores extremos que se muestra en la tabla A-10.42, en donde además se muestran los resultados totales que incluye los valores de importancia y valores preferidos promedio para esta categoría.

Tabla A-10.44 Resultado del triángulo difuso asimétrico para elementos estructurales de la subestructura.

SUB ESTRUCTURA	
CALCULOS	
Σ (Valor x Importancia)	67.29
Σ de importancias	15.00
Valor preferido del promedio ponderado	4.49
MIN-MIN	1.96
MAX-MAX	6.53

5.2.4. Resultante de elementos estructurales pertenecientes a la superestructura y la subestructura.

Obtenidos las calificaciones para super estructura y subestructura, estos se promedian nuevamente para determinar la calificación final para elementos estructurales. Estos valores se muestran en la tabla A-10.45 y las combinaciones de ellos se presentan en la tabla A-10.46.

A partir de estas operaciones se obtiene la calificación final para los elementos estructurales, resultados que son mostrados en la tabla A-10.47

Tabla A-10.45 Valor preferido semirrango inferior, semirrango superior, valor mínimo y valor máximo

ELEMENTOS ESTRUCTURALES		
	SUPER ESTRUCTURA	SUB ESTRUCTURA
VALOR PREFERIDO	5.00	4.49
SEMIRRANGO INFERIOR	3.00	2.52
SEMIRRANGO SUPERIOR	3.00	2.05
VALOR MINIMO	2.00	1.96
VALOR MAXIMO	8.00	6.53
IMPORTANCIA		
VALOR PREFERIDO	7.00	9.00
SEMIRRANGO	1.00	0.50
VALOR MINIMO	6.00	8.50
VALOR MAXIMO	8.00	9.50

Tabla A-10.46 Combinaciones de valores máximos y mínimos de la importancia de la variable elementos estructurales de la subestructura.

COMBINACIONES DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LA SUBESTRUCTURA							
		SUMA	MIN		MAX		
6.00	8.50	14.50	28.68	1.98	103.55	7.14	
6.00	9.50	15.50	30.64	1.98	110.08	7.10	
8.00	8.50	16.50	32.68	1.98	119.55	7.25	
8.00	9.50	17.50	34.64	1.98	126.08	7.20	
				MIN-MIN	1.98	MAX-MAX	7.25

Tabla A-10.47 Resultado del triángulo difuso asimétrico para elementos estructurales de la subestructura.

ESTRUCTURALES	
CALCULOS	
Σ (Valor x Importancia)	75.37
Σ de importancias	16.00
Valor preferido del promedio ponderado	4.71
MIN-MIN	1.98
MAX-MAX	7.25

6. EVALUACION DE ELEMENTOS FUNCIONALES

6.1. VALOR PREFERIDO DEL PROMEDIO

El procedimiento de cálculo aplicado para la evaluación de los elementos funcionales es el mismo que el descrito en el numeral anterior referido para los elementos estructurales.

La valoración de daños para evaluar los elementos funcionales del puente se muestra en las tablas A- 10.4c, A-10.4d, A-10.4g y A-10.4 h.

A partir de estas valoraciones se obtienen los valores preferidos promedio mostrados en las tablas A-10.48 y A-10.49

Tabla A-10.48 Tabla de valor preferido semirrango inferior, semirrango superior, valor mínimo y valor máximo, super estructura y sub estructura.

	ELEMENTOS FUNCIONALES DE LA SUPERESTRUCTURA								ELEMENTOS FUNCIONALES DE LA SUBESTRUCTURA	
	SUPERFICIE DE RODAMIENTO	DEFENSAS DE TRÁFICO	BARANDALES	BORDILLOS Y ACERAS	JUNTAS	DRENAJES EN CALZADA	SEÑALAMIENTO HORIZONTAL	LUMINARIAS	DRENAJE EN ESTRIBOS	EMPLANTILLADO
	BUENO	NULL	MUY MALO	MUY MALO	NULL	NULL	MUY MALO	NULL	MUY BUENO	NULL
VALOR PREFERIDO	8.00	NULL	0.00	0.00	NULL	NULL	0.00	NULL	10.00	NULL
SEMIRRANGO INFERIOR	2.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
SEMIRRANGO SUPERIOR	2.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
VALOR MINIMO	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.00	0.00
VALOR MAXIMO	10.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	10.00	0.00
IMPORTANCIA										
	SUPERFICIE DE RODAMIENTO	DEFENSAS DE TRÁFICO	BARANDALES	BORDILLOS Y ACERAS	JUNTAS	DRENAJES	SEÑALAMIENTO HORIZONTAL	LUMINARIAS	DRENAJE EN ESTRIBOS	EMPLANTILLADO
VALOR PREFERIDO	2.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	8.00	0.00
SEMIRRANGO	0.50	0.00	0.50	0.50	0.00	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00
VALOR MINIMO	1.50	0.00	0.50	0.50	0.00	0.00	0.50	0.00	7.50	0.00
VALOR MAXIMO	2.50	0.00	1.50	1.50	0.00	0.00	1.50	0.00	8.50	0.00

Tabla A-10.49 Tabla de valor preferido semirrango inferior, semirrango superior, valor mínimo y valor máximo accesos.

	ELEMENTOS FUNCIONALES DE ACCESOS										
	TERRAPLENES								SEÑALES Y LUMINARIAS		
	REVESTIMIENTO FRONTAL	REVESTIMIENTO DE CONO DE DERRAME	REVESTIMIENTO LATERAL	MURETE AL PIE DEL TALUD	LOSA DE APROXIMACION	DRENAJES DE ACCESOS	DEFENSAS EN ACCESOS	TERRAPLENES	SEÑALAMIENTO VERTICAL	SEÑALAMIENTO HORIZONTAL	LUMINARIAS
	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	REGULAR	MALO	NULL	MUY MALO	MUY MALO	MALO
VALOR PREFERIDO	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	5.00	2.00	NULL	0.00	0.00	2.00
SEMIRRANGO INFERIOR	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	2.00	0.00	1.00	1.00	2.00
SEMIRRANGO SUPERIOR	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	2.00	0.00	1.00	1.00	2.00
VALOR MINIMO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
VALOR MAXIMO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00	4.00	0.00	1.00	1.00	4.00
IMPORTANCIA											
VALOR PREFERIDO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.00	3.00	0.00	1.00	1.00	1.00
SEMIRRANGO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00
VALOR MINIMO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
VALOR MAXIMO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00	4.00	0.00	2.00	2.00	2.00

Aplicando el procedimiento para la obtención de valor preferido del promedio ponderado; descrito en el capítulo 3 de este trabajo de investigación, a los valores resultante de cada elemento, mostrado en las tablas A-10.48 y A-10.49, se obtuvieron

los valores preferidos promedio para cada una de las categorías de elementos funcionales de la superestructura, subestructura y accesos.

Los resultados de este procedimiento se muestran en las tablas A-10.50a y A-10.50b.

Tabla A-10.50 a Resultado de valor preferido promedio ponderado para súper estructura y subestructura.

SUPER ESTRUCTURA		SUB ESTRUCTURA	
CALCULO		CALCULO	
Σ (Valor x Importancia)	16.00	Σ (Valor x Importancia)	80.00
Σ de importancias	5.00	Σ de importancias	8.00
Valor preferido del promedio ponderado	3.20	Valor preferido del promedio ponderado	10.00

Tabla A-10.50 b Resultado valor preferido promedio ponderado para elementos funcionales de accesos: terraplenes, señales y luminarias.

ACCESOS: TERRAPLENES		ACCESOS: SEÑALES Y LUMINARIAS	
CALCULO		CALCULO	
Σ (Valor x Importancia)	41.00	Σ (Valor x Importancia)	2.00
Σ de importancias	10.00	Σ de importancias	3.00
Valor preferido del promedio ponderado	4.10	Valor preferido del promedio ponderado	0.67

6.2. VALORES EXTREMOS DEL PROMEDIO

Para obtener los valores mínimos y máximos del promedio de cada categoría de agrupación de elementos del puente, se consideraron todas las combinaciones posibles de las importancias mínimas y máximas asignadas a las variables que se promedian. Con cada una de esas combinaciones se calculó el promedio ponderado de las calificaciones mínimas y de las calificaciones máximas de acuerdo con cómo se indica en el procedimiento descrito en el capítulo 3 y cuyos resultados se muestran en las tablas de combinaciones indicadas en esta sección.

6.2.1. Valores extremos del promedio para elementos funcionales pertenecientes a la superestructura y subestructura

Como resultado de la operación del promedio ponderado difuso de las combinaciones para elementos funcionales de la superestructura y subestructura presentadas en la tabla A-10.51 a partir de las valoraciones mostradas en la tabla A-10.50a y A-10.50b, se obtuvieron los valores mínimos y máximos para superestructura y subestructura presentados en la tabla A-10.52.

Tabla A-10.51 Combinaciones de valores máximos y mínimos de la importancia de la variable elementos funcionales de la superestructura.

COMBINACIONES ELEMENETOS FUNCIONALES DE LA SUPER ESTRUCTURA								
				SUMA	MIN		MAX	
1.50	0.50	0.50	0.50	3.00	9.00	3.00	21.00	7.00
1.50	0.50	0.50	1.50	4.00	9.00	2.25	31.00	7.75
1.50	0.50	1.50	0.50	4.00	9.00	2.25	22.00	5.50
1.50	0.50	1.50	1.50	5.00	9.00	1.80	32.00	6.40
1.50	1.50	0.50	0.50	4.00	9.00	2.25	22.00	5.50
1.50	1.50	0.50	1.50	5.00	9.00	1.80	32.00	6.40
1.50	1.50	1.50	0.50	5.00	9.00	1.80	23.00	4.60
1.50	1.50	1.50	1.50	6.00	9.00	1.50	33.00	5.50
2.50	0.50	0.50	0.50	4.00	15.00	3.75	31.00	7.75
2.50	0.50	0.50	1.50	5.00	15.00	3.00	41.00	8.20
2.50	0.50	1.50	0.50	5.00	15.00	3.00	32.00	6.40
2.50	0.50	1.50	1.50	6.00	15.00	2.50	42.00	7.00
2.50	1.50	0.50	0.50	5.00	15.00	3.00	32.00	6.40
2.50	1.50	0.50	1.50	6.00	15.00	2.50	42.00	7.00
2.50	1.50	1.50	0.50	6.00	15.00	2.50	33.00	5.50
2.50	1.50	1.50	1.50	7.00	15.00	2.14	43.00	6.14
					MIN-MIN	1.50	MAX-MAX	7.75

Tabla A-10.52 Resultado de valor mínimo mínimo y máximo máximo para súper estructura y subestructura.

SUPER ESTRUCTURA		SUB ESTRUCTURA	
CALCULO		CALCULO	
MIN-MIN	1.50	MIN-MIN	9.00
MAX-MAX	7.75	MAX-MAX	10.00

6.2.2. Valores extremos del promedio para elementos funcionales pertenecientes a los accesos.

De la misma manera se procedió para la evaluación de los elementos funcionales de accesos, obteniendo las combinaciones de valores mínimos y máximos mostradas en la tabla A-10.53, datos de los cuales se obtienen los valores resultantes mostrados en la tabla A- 10.54.

Tabla A-10.53 a Combinaciones de valores máximos y mínimos de la importancia de la variable elementos funcionales de accesos; Terraplenes.

COMBINACIONES ELEMENTOS FUNCIONALES DE ACCESOS: TERRRAPLENES							
		SUMA	MIN		MAX		
6.00	2.00	8.00	12.00	1.50	56.00	7.00	
6.00	4.00	10.00	12.00	1.20	64.00	6.40	
8.00	2.00	10.00	16.00	1.60	72.00	7.20	
8.00	4.00	12.00	16.00	1.33	80.00	6.67	
				MIN-MIN	1.20	MAX-MAX	7.20

Tabla A-10.53 b Combinaciones de valores máximos y mínimos de la importancia de la variable elementos funcionales de accesos; señales y luminarias.

COMBINACIONES ELEMENTOS FUNCIONALES DE ACCESOS: SEÑALES Y LUMINARIAS							
			SUMA	MIN		MAX	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	2.00	2.00	0.00	0.00	8.00	4.00
0.00	2.00	0.00	2.00	0.00	0.00	2.00	0.00
0.00	2.00	2.00	4.00	0.00	0.00	10.00	2.50
2.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	2.00	1.00
2.00	0.00	2.00	4.00	0.00	0.00	10.00	2.50
2.00	2.00	0.00	4.00	0.00	0.00	4.00	1.00
2.00	2.00	2.00	6.00	0.00	0.00	12.00	2.00
				MIN	0.00	MAX	4.00

Tabla A-10.54 Resultado para valores máximos y mínimos de elementos funcionales de accesos: terraplenes, señales y luminarias.

ACCESOS: TERRAPLENES		ACCESOS: SEÑALES Y LUMINARIAS	
CALCULO		CALCULO	
Σ (Valor x Importancia)	41.00	Σ (Valor x Importancia)	2.00
Σ de importancias	10.00	Σ de importancias	3.00
Valor preferido del promedio ponderado	4.10	Valor preferido del promedio ponderado	0.67
MIN-MIN	1.20	MIN-MIN	0.00
MAX-MAX	7.20	MAX-MAX	4.00

6.2.3. Resultante entre elementos funcionales accesos.

No obstante, se busca determinar una sola calificación para elementos funcionales, por lo cual esta calificación doble de accesos se redujo a una sola, para lo que, se procedió a aplicar esta misma operación de cálculo de promedios ponderados difusos, considerando las variables de obtenidas de accesos para terraplenes, señales y luminarias indicados en la tabla A-10.54, para obtener la calificación de accesos. Para ello se obtuvieron las combinaciones mostradas en la tabla A-10.56, las cuales son resultados a partir los datos resultantes valores preferidos promedio presentados en la tabla A-10.55. Los valores resultantes de estas operaciones para la categoría de accesos se muestran en la tabla A-10.57.

Tabla A-10.55 Resultado del triángulo difuso asimétrico para elementos funcionales de accesos terraplenes, señales y luminarias.

	ELEMENTOS FUNCIONALES DE ACCESOS	
	TERRAPLENES	SEÑALES Y LUMINARIAS
VALOR PREFERIDO	4.10	0.67
SEMIRRANGO INFERIOR	2.90	0.67
SEMIRRANGO SUPERIOR	3.10	3.33
VALOR MÍNIMO	1.20	0.00
VALOR MÁXIMO	7.20	4.00
	IMPORTANCIA	
VALOR PREFERIDO	3.00	3.00
SEMIRRANGO	1.00	1.00
VALOR MÍNIMO	2.00	2.00
VALOR MÁXIMO	4.00	4.00

Tabla A-10.56 Combinaciones de valores máximos y mínimos de la importancia de la variable para elementos funcionales de accesos.

COMBINACIONES ELEMENTOS FUNCIONALES DE ACCESOS						
		SUMA	MIN		MAX	
2.00	2.00	4.00	2.40	0.60	22.40	5.60
2.00	4.00	6.00	2.40	0.40	30.40	5.07
4.00	2.00	6.00	4.80	0.80	36.80	6.13
4.00	4.00	8.00	4.80	0.60	44.80	5.60
			MIN-MIN	0.40	MAX-MAX	6.13

Tabla A-10.57 Resultado del triángulo difuso asimétrico para elementos funcionales de accesos (terraplenes, señales y luminarias).

ACCESOS	
CALCULO	
Σ (Valor x Importancia)	14.30
Σ de importancias	6.00
Valor preferido del promedio ponderado	2.38
MIN-MIN	0.40
MAX-MAX	6.13

6.2.4. Resultante final de elementos funcionales pertenecientes a superestructura, subestructura y accesos.

Para la obtención de calificación de los elementos funcionales se aplicó la misma operación de promedios ponderados difusos para las variables de elementos funcionales de superestructura y subestructura y accesos, para dichas operaciones se utilizaron los datos que se muestran en las tablas A-10.58 y A-10.59, siendo así los resultados mostrados en la tabla A-10.60.

Tabla A-10.58 Resultado del triángulo difuso asimétrico para elementos funcionales

ELEMENTOS FUNCIONALES			
	SUPER ESTRUCTURA	SUB ESTRUCTURA	ACCESOS
VALOR PREFERIDO	3.20	10.00	2.38
SEMIRRANGO INFERIOR	1.70	1.00	1.98
SEMIRRANGO SUPERIOR	4.55	0.00	3.75
VALOR MINIMO	1.50	9.00	0.40
VALOR MAXIMO	7.75	10.00	6.13
IMPORTANCIA			
VALOR PREFERIDO	7.00	9.00	3.00
SEMIRRANGO	1.00	0.50	1.00
VALOR MINIMO	6.00	8.50	2.00
VALOR MAXIMO	8.00	9.50	4.00

Habiendo definido lo valores preferidos, semirrangos y valores de importancia para los elementos funcionales de superestructura, subestructura y accesos se procedió a realizar las combinaciones de los valores máximos y mínimos de estas categorías, las cuales los resultados se muestran en la tabla A-10.59.

Tabla A-10.59 Combinaciones de valores máximos y mínimos de la importancia de la variable elementos funcionales.

COMBINACIONES ELEMENTOS FUNCIONALES							
			SUMA	MIN		MAX	
6.00	8.50	2.00	16.5	86.30	5.23	143.77	8.71
6.00	8.50	4.00	18.5	87.10	4.71	156.03	8.43
6.00	9.50	2.00	17.5	95.30	5.45	153.77	8.79
6.00	9.50	4.00	19.5	96.10	4.93	166.03	8.51
8.00	8.50	2.00	18.5	89.30	4.83	159.27	8.61
8.00	8.50	4.00	20.5	90.10	4.40	171.53	8.37
8.00	9.50	2.00	19.5	98.30	5.04	169.27	8.68
8.00	9.50	4.00	21.5	99.10	4.61	181.53	8.44
				MIN-MIN	4.71	MAX-MAX	8.79

Finalmente, y como resultado de estas operaciones se obtiene la calificación final para elementos funcionales del Puente El Obraje.

Tabla A-10.60 Resultado del triángulo difuso asimétrico para elementos funcionales

FUNCIONALES	
CALCULOS Y RESULTADOS	
Σ (Valor x Importancia)	119.55
Σ de importancias	19.00
Valor preferido del promedio ponderado	6.29
MIN-MIN	4.71
MAX-MAX	8.79

6.3. RESULTANTE DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y ELEMENTOS FUNCIONALES DEL PUENTE EL OBRAJE.

Finalmente, luego de haber obtenido las calificaciones para los elementos funciones y los elementos estructurales del puente se procedió a operar estos valores a manera de obtener los valores preferidos, semirrangos mínimos y máximos y los valores de importancia, como se muestra en la tabla A-10.61, utilizados para la determinación de la calificación definitiva del puente, la cual se presenta en la tabla A-10.63, aplicando el cálculo de promedios ponderados difusos.

Tabla A-10.61 Valor preferido semirrango inferior, semirrango superior, valor mínimo y valor máximo

ESTRUCTURA		
	ESTRUCTURALES	FUNCIONALES
VALOR PREFERIDO	4.71	6.29
SEMIRRANGO INFERIOR	2.73	1.58
SEMIRRANGO SUPERIOR	2.53	2.49
VALOR MINIMO	1.98	4.71
VALOR MAXIMO	7.25	8.79
IMPORTANCIA		
VALOR PREFERIDO	9.00	6.00
SEMIRRANGO	0.50	1.00
VALOR MINIMO	8.50	5.00
VALOR MAXIMO	9.50	7.00

Tabla A-10.62 Combinaciones de valores máximos y mínimos de la importancia de la variable estructura.

COMBINACIONES ESTRUCTURA						
		SUMA	MIN-MIN		MAX-MAX	
8.50	5.00	13.50	40.34	2.99	105.52	7.82
8.50	7.00	15.50	49.76	3.21	123.09	7.94
9.50	5.00	14.50	42.32	2.92	112.76	7.78
9.50	7.00	16.50	51.73	3.14	130.34	7.90
			MIN-MIN	2.92	MAX-MAX	7.94

Tabla A-10.63 Resultado del triángulo difuso asimétrico para elementos estructurales de la subestructura.

NOTA FINAL DE ESTRUCTURA EL OBRAJE	
CALCULOS	
Σ (Valor x Importancia)	80.15
Σ de importancias	15.00
Valor preferido del promedio ponderado	5.34
MIN-MIN	2.92
MAX-MAX	7.94

PUENTE
SANTA BARBARA

7. VALORACION DE DAÑOS REGISTRADOS

Las valoraciones numéricas de las variables lingüísticas usadas para el registro de daños en los elementos del Puente Santa Bárbara son las mismas usadas en el Puente Rio Grande y El Obraje. En las tablas desde la A-10.64 hasta la A-10.67 se presentan los resultados obtenidos para la evaluación de daños para cada elemento ya sean estructurales o funcionales.

Tabla A-10. 64 Resultados de evaluación de daños de elementos estructurales de la categoría superestructura

ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LA SUPERESTRUCTURA							
ELEMENTO	NRO DE DAÑO	ESTETICA	SEGURIDAD VIAL	ESTRUCTURAL	% ÁREA	CALIFICACION DEL DAÑO	VARIABLE LINGÜÍSTICA
ELEMENTOS PRINCIPALES	43.00	G	L	L		2.5	BUENO
	35.00	M		L		1.4	
	36.00	M		L		1.4	
	45.00	L		L		0.8	
	47.00	L		L		0.8	
	27.00	M		L		1.4	
	CALIFICACION DEL ELEMENTO						
ELEMENTOS SECUNDARIOS	59.00	L	L			0.6	BUENO
	CALIFICACION DEL ELEMENTO						

Tabla A-10. 65 Resultados de evaluación de daños de elementos funcionales de la categoría superestructura

ELEMENTOS FUNCIONALES DE LA SUPERESTRUCTURA						
ELEMENTO	NRO DE DAÑO	ESTETICA	SEGURIDAD VIAL	% ÁREA	CALIFICACION DEL DAÑO	VARIABLE LINGÜÍSTICA
SUPERFICIE DE RODAMIENTO					0.0	MUY BUENO
	CALIFICACION DEL ELEMENTO					
BORDILLOS Y ACERAS					0.0	MUY BUENO
	CALIFICACION DEL ELEMENTO					
DRENAJES EN CALZADA	59.00	L			0.2	BUENO
	CALIFICACION DEL ELEMENTO					
SEÑALAMIENTO HORIZONTAL					0.0	MUY BUENO
	CALIFICACION DEL ELEMENTO					

Tabla A-10. 66 Resultados de evaluación de daños de elementos estructurales de la categoría subestructura

ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LA SUBESTRUCTURA							
ELEMENTO	NRO DE DAÑO	ESTETICA	SEGURIDAD VIAL	ESTRUCTURAL	% ÁREA	CALIFICACION DEL DAÑO	VARIABLE LINGÜÍSTICA
ESTRIBOS							
ALEROS	59.00	M	L	L		1.8	BUENO
	CALIFICACION DEL ELEMENTO					1.8	

Tabla A-10. 67 Resultados de evaluación de daños de elementos funcionales de la categoría accesos.

ELEMENTOS FUNCIONALES DE ACCESOS							
ELEMENTO	NRO DE DAÑO	ESTETICA	SEGURIDAD VIAL	% ÁREA	CALIFICACION DEL DAÑO	VARIABLE LINGÜÍSTICA	
TERRAPLENES							
DRENAJES DE ACCESOS	59.00	M			0.8	BUENO	
	CALIFICACION DEL ELEMENTO						0.8
DEFENSAS EN ACCESOS					0.0	MUY BUENO	
	CALIFICACION DEL ELEMENTO						0.0
TERRAPLENES	59.00	L	L		0.6	BUENO	
	CALIFICACION DEL ELEMENTO						0.6
SEÑALES							
SEÑALAMIENTO VERTICAL	61.00		G		3.0	MALO	
	CALIFICACION DEL ELEMENTO						3.0
SEÑALAMIENTO HORIZONTAL					0.0	MUY BUENO	
	CALIFICACION DEL ELEMENTO						0.0
LUMINARIAS					0.0	MUY BUENO	
	CALIFICACION DEL ELEMENTO						0.0

8. EVALUACION DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

8.1. VALOR PREFERIDO DEL PROMEDIO

A partir de valores resultantes en el numeral anterior, se obtiene el valor preferido del promedio, calculando el promedio ponderado considerando los valores preferidos de cada una de las variables y los valores preferidos de las importancias asignadas a cada uno de ellos (valores obtenidos de árbol jerárquico presentado en el anexo 6). Los valores preferidos y semirrangos mínimos y máximos para la valoración de condición de cada elemento, muestran en las tablas A-10.68

En esta tablas se marca y califica los elementos existentes que poseen o no daños registrados, no obstante, si estos elementos no se encuentran marcados, esto indicará que este tipo de elementos no pertenece a la tipología de puente evaluada y por tanto no se considerara para la evaluación, sin embargo, estos elementos se presentan en las tablas de esta sección a manera ilustrativa del procedimiento.

Tabla A-10.68 a **Tabla de valor preferido semirrango inferior, semirrango superior, valor mínimo y valor máximo para elementos estructurales de la superestructura.**

ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LA SUPERESTRUCTURA				
	ELEMENTOS PRINCIPALES	ELEMENTOS SECUNDARIOS	ELEMENTOS TERCARIOS	ELEMENTOS DE 4TO NIVEL
	BUENO	BUENO	NULL	NULL
VALOR PREFERIDO	8.00	8.00	NULL	NULL
SEMIRRANGO INFERIOR	2.00	2.00	0.00	0.00
SEMIRRANGO SUPERIOR	2.00	2.00	0.00	0.00
VALOR MINIMO	6.00	6.00	0.00	0.00
VALOR MAXIMO	10.00	10.00	0.00	0.00
IMPORTANCIA				
VALOR PREFERIDO	8.00	7.00	0.00	0.00
SEMIRRANGO	0.50	1.00	0.00	0.00
VALOR MINIMO	7.50	6.00	0.00	0.00
VALOR MAXIMO	8.50	8.00	0.00	0.00

Tabla A-10.69 Valor preferido semirrango inferior, semirrango superior, valor mínimo y valor máximo para elementos estructurales de la subestructura.

ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LA SUBESTRUCTURA											
	ESTRIBOS							FUNDACIONES			
	VIGAS DE APOYO	TOPES ANTI SISMICOS	MURO SUPERIOR	MURO INFERIOR	COLUMNAS	ALEROS	ALETONES	ZAPATA	VIGA DE AMARRE	CABEZAL DEL PILOTES	PILOTES
	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	BUENO	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
VALOR PREFERIDO	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	8.00	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
SEMIRRANGO INFERIOR	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SEMIRRANGO SUPERIOR	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
VALOR MINIMO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
VALOR MAXIMO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
IMPORTANCIA											
VALOR PREFERIDO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SEMIRRANGO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
VALOR MINIMO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
VALOR MAXIMO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Aplicando el procedimiento para la obtención de valor preferido del promedio ponderado; descrito en el capítulo 3 de este trabajo de investigación, a los valores resultante de cada elemento, mostrado en las tablas A-10.68, A-10.69, se obtuvieron los valores preferidos promedio para cada una de las categorías de elementos estructurales de la superestructura, subestructura y accesos.

Los resultados de este procedimiento se muestran en las tablas A-10.70a, A-10.70b

Tabla A-10. 70a Resultado de valores promedio ponderados para elementos estructurales de la superestructura

SUPER ESTRUCTURA	
CALCULOS	
Σ (Valor x Importancia)	120.00
Σ de importancias	15.00
Valor preferido del promedio ponderado	8.00

Tabla A-10.70 b Resultado de valores promedio ponderados para elementos estructurales de la subestructura.

ESTRIBOS	
CALCULOS	
Σ (Valor x Importancia)	40.00
Σ de importancias	5.00
Valor preferido del promedio ponderado	8.00

8.2. VALORES EXTREMOS DEL PROMEDIO

Para obtener los valores mínimos y máximos del promedio de cada categoría de agrupación de elementos del puente, se consideraron todas las combinaciones posibles de las importancias mínimas y máximas asignadas a las variables que se promedian. Con cada una de esas combinaciones se calculó el promedio ponderado de las calificaciones mínimas y de las calificaciones máximas de acuerdo con cómo se indica en el procedimiento descrito en el capítulo 3 y cuyos resultados se muestran en las tablas de combinaciones indicadas en esta sección.

8.2.1. Valores extremos del promedio para elementos estructurales pertenecientes a la superestructura.

Como resultado de la operación del promedio ponderado difuso para elementos estructurales de la superestructura presentadas en la tabla A-10.68, se obtuvieron los valores mínimos y máximos para superestructura producto de las combinaciones presentados en la tabla A-10.71.

Tabla A-10.71 Combinaciones de valores máximos y mínimos de la importancia de la variable elementos estructurales de la superestructura.

COMBINACIONES DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LA SUPER ESTRUCTURA						
		SUMA	MIN		MAX	
7.50	6.00	13.50	81.00	6.00	135.00	10.00
7.50	8.00	15.50	93.00	6.00	155.00	10.00
8.50	6.00	14.50	87.00	6.00	145.00	10.00
8.50	8.00	16.50	99.00	6.00	165.00	10.00
			MIN-MIN	6.00	MAX-MAX	10.00

Como resultado de la operación de las combinaciones para elementos estructurales de la super estructura, se obtiene los valores extremos que se muestra en la tabla A-10.72, en donde además se muestran los resultados totales que incluye los valores de importancia y valores preferidos promedio para esta categoría.

Tabla A-10.72 Resultante final para elementos estructurales de la super estructura.

SUPER ESTRUCTURA	
CALCULOS	
Σ (Valor x Importancia)	120.00
Σ de importancias	15.00
Valor preferido del promedio ponderado	8.00
MIN-MIN	6.00
MAX-MAX	10.00

8.2.2. Valores extremos del promedio para elementos estructurales pertenecientes a la subestructura.

Como resultado de la operación del promedio ponderado difuso para elementos estructurales de la subestructura presentadas en la tabla A-10.68a, se obtuvieron los valores mínimos y máximos; siendo que para las variables fundaciones no resulta necesario calcular valores máximos y mínimos debido a que no presenta más variables a combinar, manteniendo sus resultados.

8.2.3. Resultante de elementos estructurales pertenecientes a la subestructura.

A continuación, se presenta la calificación resultante del conjunto de elementos pertenecientes a la subestructura. Mostrando en la tabla A-10.73 los valores preferidos, importancias, máximos y mínimos para cada uno de los elementos de esta categoría, utilizados para la operación de obtención de la calificación.

Tabla A-10.73 Resultado del triángulo difuso asimétrico para elementos estructurales de la subestructura.

SUB ESTRUCTURA	
CALCULOS	
Σ (Valor x Importancia)	48.00
Σ de importancias	6.00
Valor preferido del promedio ponderado	8.00
MIN-MIN	6.00
MAX-MAX	10.00

8.2.4. Resultante de elementos estructurales pertenecientes a la superestructura y la subestructura.

Obtenidos las calificaciones para super estructura y subestructura, estos se promedian nuevamente para determinar la calificación final para elementos estructurales. Estos valores se muestran en la tabla A-10.74 y las combinaciones de ellos se presentan en la tabla A-10.75.

A partir de estas operaciones se obtiene la calificación final para los elementos estructurales, resultados que son mostrados en la tabla A-10.76

Tabla A-10.74 Valor preferido semirango inferior, semirango superior, valor mínimo y valor máximo

ELEMENTOS ESTRUCTURALES		
	SUPER ESTRUCTURA	SUB ESTRUCTURA
VALOR PREFERIDO	8.00	8.00
SEMIRRANGO INFERIOR	2.00	2.00
SEMIRRANGO SUPERIOR	2.00	2.00
VALOR MINIMO	6.00	6.00
VALOR MAXIMO	10.00	10.00

IMPORTANCIA		
VALOR PREFERIDO	7.00	9.00
SEMIRRANGO	1.00	0.50
VALOR MINIMO	6.00	8.50
VALOR MAXIMO	8.00	9.50

Tabla A-10.75 Combinaciones de valores máximos y mínimos de la importancia de la variable elementos estructurales de la subestructura.

COMBINACIONES ESTRUCTURA						
		SUMA	MIN-MIN		MAX-MAX	
8.50	5.00	13.50	76.22	5.65	135.00	10.00
8.50	7.00	15.50	86.31	5.57	155.00	10.00
9.50	5.00	14.50	82.22	5.67	145.00	10.00
9.50	7.00	16.50	92.31	5.59	165.00	10.00
			MIN-MIN	5.57	MAX-MAX	10.00

Tabla A-10.76 Resultado del triángulo difuso asimétrico para elementos estructurales de la subestructura.

ESTRUCTURALES	
CALCULOS	
Σ (Valor x Importancia)	128.00
Σ de importancias	16.00
Valor preferido del promedio ponderado	8.00
MIN-MIN	6.00
MAX-MAX	10.00

9. EVALUACION DE ELEMENTOS FUNCIONALES

9.1. VALOR PREFERIDO DEL PROMEDIO

El procedimiento de cálculo aplicado para la evaluación de los elementos funcionales es el mismo que el descrito en el numeral anterior referido para los elementos estructurales.

La valoración de daños para evaluar los elementos funcionales del puente se muestra en las tablas A- 10.4c, A-10.4d, A-10.4g y A-10.4 h.

A partir de estas valoraciones se obtienen los valores preferidos promedio mostrados en las tablas A-10.77 y A-10.78

Tabla A-10.77 Tabla de valor preferido semirrango inferior, semirrango superior, valor mínimo y valor máximo, super estructura y sub estructura.

	ELEMENTOS FUNCIONALES DE LA SUPERESTRUCTURA								ELEMENTOS FUNCIONALES DE LA SUBESTRUCTURA	
	SUPERFICIE DE RODAMIENTO	DEFENSAS DE TRÁFICO	BARANDALES	BORDILLOS Y ACERAS	JUNTAS	DRENAJES EN CALZADA	SEÑALAMIENTO HORIZONTAL	LUMINARIAS	DRENAJE EN ESTRIBOS	EMPLANTILLADO
	MUY BUENO	NULL	NULL	MUY BUENO	NULL	BUENO	MUY BUENO	NULL	NULL	NULL
VALOR PREFERIDO	10.00	NULL	NULL	10.00	NULL	8.00	10.00	NULL	NULL	NULL
SEMIRRANGO INFERIOR	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	2.00	1.00	0.00	0.00	0.00
SEMIRRANGO SUPERIOR	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	2.00	1.00	0.00	0.00	0.00
VALOR MINIMO	9.00	0.00	0.00	9.00	0.00	6.00	9.00	0.00	0.00	0.00
VALOR MAXIMO	10.00	0.00	0.00	10.00	0.00	10.00	10.00	0.00	0.00	0.00
IMPORTANCIA										
VALOR PREFERIDO	2.00	0.00	0.00	1.00	0.00	4.00	1.00	0.00	0.00	0.00
SEMIRRANGO	0.50	0.00	0.00	0.50	0.00	1.00	0.50	0.00	0.00	0.00
VALOR MINIMO	1.50	0.00	0.00	0.50	0.00	3.00	0.50	0.00	0.00	0.00
VALOR MAXIMO	2.50	0.00	0.00	1.50	0.00	5.00	1.50	0.00	0.00	0.00

Tabla A-10.78 Tabla de valor preferido semirrango inferior, semirrango superior, valor mínimo y valor máximo accesos.

	ELEMENTOS FUNCIONALES DE ACCESOS										
	TERRAPLENES								SEÑALES Y LUMINARIAS		
	REVESTIMIENTO FRONTAL	REVESTIMIENTO DE CONO DE DERRAME	REVESTIMIENTO LATERAL	MURETE AL PIE DEL TALUD	LOSA DE APROXIMACION	DRENAJES DE ACCESOS	DEFENSAS EN ACCESOS	TERRAPLENES	SEÑALAMIENTO VERTICAL	SEÑALAMIENTO HORIZONTAL	LUMINARIAS
	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	BUENO	MUY BUENO	BUENO	MALO	MUY BUENO	MUY BUENO
VALOR PREFERIDO	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	8.00	10.0	8.00	2.0	10.0	10.0
SEMIRRANGO INFERIOR	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	1.00	2.00	2.0	1.00	1.00
SEMIRRANGO SUPERIOR	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	1.00	2.00	2.0	1.00	1.00
VALOR MINIMO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.00	9.00	6.00	0.0	9.00	9.00
VALOR MAXIMO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00	10.0	10.00	4.0	10.0	10.0
IMPORTANCIA											
VALOR PREFERIDO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.00	3.00	7.00	1.0	1.00	1.00
SEMIRRANGO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.0	1.00	1.00
VALOR MINIMO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.00	2.00	6.00	0.0	0.00	0.00
VALOR MAXIMO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00	4.00	8.00	2.00	2.00	2.00

Aplicando el procedimiento para la obtención de valor preferido del promedio ponderado; descrito en el capítulo 3 de este trabajo de investigación, a los valores resultante de cada elemento, mostrado en las tablas A-10.77 y A-10.78, se obtuvieron

los valores preferidos promedio para cada una de las categorías de elementos funcionales de la superestructura, subestructura y accesos.

Los resultados de este procedimiento se muestran en las tablas A-10.79a y A-10.79b.

Tabla A-10.79 a Resultado de valor preferido promedio ponderado para súper estructura y subestructura.

SUPER ESTRUCTURA		SUB ESTRUCTURA	
CALCULO		CALCULO	
Σ (Valor x Importancia)	72.00	Σ (Valor x Importancia)	0.00
Σ de importancias	8.00	Σ de importancias	0.00
Valor preferido del promedio ponderado	9.00	Valor preferido del promedio ponderado	0.00

Tabla A-10.79 b Resultado valor preferido promedio ponderado para elementos funcionales de accesos: terraplenes, señales y luminarias.

ACCESOS: TERRAPLENES		ACCESOS: SEÑALES Y LUMINARIAS	
CALCULO		CALCULO	
Σ (Valor x Importancia)	142.00	Σ (Valor x Importancia)	22.00
Σ de importancias	17.00	Σ de importancias	3.00
Valor preferido del promedio ponderado	8.35	Valor preferido del promedio ponderado	7.33

9.2. VALORES EXTREMOS DEL PROMEDIO

Para obtener los valores mínimos y máximos del promedio de cada categoría de agrupación de elementos del puente, se consideraron todas las combinaciones posibles de las importancias mínimas y máximas asignadas a las variables que se promedian. Con cada una de esas combinaciones se calculó el promedio ponderado de las calificaciones mínimas y de las calificaciones máximas de acuerdo con cómo se indica en el procedimiento descrito en el capítulo 3 y cuyos resultados se muestran en las tablas de combinaciones indicadas en esta sección.

9.2.1. Valores extremos del promedio para elementos funcionales pertenecientes a la superestructura y subestructura

Como resultado de la operación del promedio ponderado difuso de las combinaciones para elementos funcionales de la superestructura y subestructura presentadas en la tabla A-10.80 a partir de las valoraciones mostradas en la tabla A-10.79a y A-10.79b, se obtuvieron los valores mínimos y máximos para superestructura y subestructura presentados en la tabla A-10.81.

Tabla A-10.80 Combinaciones de valores máximos y mínimos de la importancia de la variable elementos funcionales de la superestructura.

COMBINACIONES ELEMENETOS FUNCIONALES DE LA SUPER ESTRUCTURA								
				SUMA	MIN		MAX	
1.50	0.50	3.00	0.50	5.50	40.50	7.36	55.00	10.00
1.50	0.50	3.00	1.50	6.50	49.50	7.62	65.00	10.00
1.50	0.50	5.00	0.50	7.50	52.50	7.00	75.00	10.00
1.50	0.50	5.00	1.50	8.50	61.50	7.24	85.00	10.00
1.50	1.50	3.00	0.50	6.50	49.50	7.62	65.00	10.00
1.50	1.50	3.00	1.50	7.50	58.50	7.80	75.00	10.00
1.50	1.50	5.00	0.50	8.50	61.50	7.24	85.00	10.00
1.50	1.50	5.00	1.50	9.50	70.50	7.42	95.00	10.00
2.50	0.50	3.00	0.50	6.50	49.50	7.62	65.00	10.00
2.50	0.50	3.00	1.50	7.50	58.50	7.80	75.00	10.00
2.50	0.50	5.00	0.50	8.50	61.50	7.24	85.00	10.00
2.50	0.50	5.00	1.50	9.50	70.50	7.42	95.00	10.00
2.50	1.50	3.00	0.50	7.50	58.50	7.80	75.00	10.00
2.50	1.50	3.00	1.50	8.50	67.50	7.94	85.00	10.00
2.50	1.50	5.00	0.50	9.50	70.50	7.42	95.00	10.00
2.50	1.50	5.00	1.50	10.50	79.50	7.57	105.00	10.00
MIN-MIN						7.00	MAX-MAX	10.00

Tabla A-10.81 Resultado de valor mínimo mínimo y máximo máximo para súper estructura y subestructura.

SUPER ESTRUCTURA		SUB ESTRUCTURA	
CALCULO		CALCULO	
MIN-MIN	7.00	MIN-MIN	0.00
MAX-MAX	10.00	MAX-MAX	0.00

9.2.2. Valores extremos del promedio para elementos funcionales pertenecientes a los accesos.

De la misma manera se procedió para la evaluación de los elementos funcionales de accesos, obteniendo las combinaciones de valores mínimos y máximos mostradas en la tabla A-10.82 a y A-10.82 b, datos de los cuales se obtienen los valores resultantes mostrados en la tabla A- 10.83.

Tabla A-10.82 a Combinaciones de valores máximos y mínimos de la importancia de la variable elementos funcionales de accesos; Terraplenes.

COMBINACIONES ELEMENTOS FUNCIONALES DE ACCESOS: TERRAPLENES							
			SUMA	MIN		MAX	
6.00	2.00	6.00	14.00	90.00	6.43	140.00	10.00
6.00	2.00	8.00	16.00	102.00	6.38	160.00	10.00
6.00	4.00	6.00	16.00	108.00	6.75	160.00	10.00
6.00	4.00	8.00	18.00	120.00	6.67	180.00	10.00
8.00	2.00	6.00	16.00	102.00	6.38	160.00	10.00
8.00	2.00	8.00	18.00	114.00	6.33	180.00	10.00
8.00	4.00	6.00	18.00	120.00	6.67	180.00	10.00
8.00	4.00	8.00	20.00	132.00	6.60	200.00	10.00
				MIN-MIN	6.33	MAX-MAX	10.00

Tabla A-10.82 b Combinaciones de valores máximos y mínimos de la importancia de la variable elementos funcionales de accesos; señales y luminarias.

COMBINACIONES ELEMENTOS FUNCIONALES DE ACCESOS: SEÑALES Y LUMINARIAS							
			SUMA	MIN		MAX	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	2.00	2.00	18.00	9.00	20.00	10.00
0.00	2.00	0.00	2.00	18.00	0.00	20.00	0.00
0.00	2.00	2.00	4.00	36.00	9.00	40.00	10.00
2.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	8.00	4.00
2.00	0.00	2.00	4.00	18.00	4.50	28.00	7.00
2.00	2.00	0.00	4.00	18.00	4.50	28.00	7.00
2.00	2.00	2.00	6.00	36.00	6.00	48.00	8.00
				MIN	0.00	MAX	10.00

Tabla A-10.83 Resultado para valores máximos y mínimos de elementos funcionales de accesos: terraplenes, señales y luminarias.

ACCESOS: TERRAPLENES		ACCESOS: SEÑALES Y LUMINARIAS	
CALCULO		CALCULO	
Σ (Valor x Importancia)	142.00	Σ (Valor x Importancia)	22.00
Σ de importancias	17.00	Σ de importancias	3.00
Valor preferido del promedio ponderado	8.35	Valor preferido del promedio ponderado	7.33
MIN-MIN	6.33	MIN-MIN	0.00
MAX-MAX	10.00	MAX-MAX	10.00

9.2.3. Resultante entre elementos funcionales accesos.

No obstante, se busca determinar una sola calificación para elementos funcionales, por lo cual esta calificación doble de accesos se redujo a una sola, para lo que, se procedió a aplicar esta misma operación de cálculo de promedios ponderados difusos, considerando las variables de obtenidas de accesos para terraplenes, señales y luminarias indicados en la tabla A-10.83, para obtener la calificación de accesos. Para ello se obtuvieron las combinaciones mostradas en la tabla A-10.85, las cuales son resultados a partir los datos resultantes valores preferidos promedio presentados en la tabla A-10.84. Los valores resultantes de estas operaciones para la categoría de accesos se muestran en la tabla A-10.86.

Tabla A-10.84 Resultado del triángulo difuso asimétrico para elementos funcionales de accesos terraplenes, señales y luminarias.

	ELEMENTOS FUNCIONALES DE ACCESOS	
	TERRAPLENES	SEÑALES Y LUMINARIAS
VALOR PREFERIDO	8.35	7.33
SEMIRRANGO INFERIOR	2.02	7.33
SEMIRRANGO SUPERIOR	1.65	2.67
VALOR MÍNIMO	6.33	0.00
VALOR MÁXIMO	10.00	10.00
	IMPORTANCIA	
VALOR PREFERIDO	3.00	3.00
SEMIRRANGO	1.00	1.00
VALOR MÍNIMO	2.00	2.00
VALOR MÁXIMO	4.00	4.00

Tabla A-10.85 Combinaciones de valores máximos y mínimos de la importancia de la variable para elementos funcionales de accesos.

COMBINACIONES ELEMENTOS FUNCIONALES DE ACCESOS							
		SUMA	MIN		MAX		
2.00	2.00	4.00	12.67	3.17	40.00	10.00	
2.00	4.00	6.00	12.67	2.11	60.00	10.00	
4.00	2.00	6.00	25.33	4.22	60.00	10.00	
4.00	4.00	8.00	25.33	3.17	80.00	10.00	
				MIN-MIN	2.11	MAX-MAX	10.00

Tabla A-10.86 Resultado del triángulo difuso asimétrico para elementos funcionales de accesos (terraplenes, señales y luminarias).

ACCESOS	
CALCULO	
Σ (Valor x Importancia)	47.06
Σ de importancias	6.00
Valor preferido del promedio ponderado	7.84
MIN-MIN	2.11
MAX-MAX	10.00

9.2.4. Resultante final de elementos funcionales pertenecientes a superestructura, subestructura y accesos.

Para la obtención de calificación de los elementos funcionales se aplicó la misma operación de promedios ponderados difusos para las variables de elementos funcionales de superestructura y subestructura y accesos, para la cual se utilizaron los datos que se muestran en las tablas A-10.87 y A-10.88, siendo así los resultados mostrados en la tabla A-10.89.

Tabla A-10.87 Resultado del triángulo difuso asimétrico para elementos funcionales

ELEMENTOS FUNCIONALES			
	SUPER ESTRUCTURA	SUB ESTRUCTURA	ACCESOS
VALOR PREFERIDO	9.00	0.00	7.84
SEMIRRANGO INFERIOR	2.00	0.00	5.73
SEMIRRANGO SUPERIOR	1.00	0.00	2.16
VALOR MINIMO	7.00	0.00	2.11
VALOR MAXIMO	10.00	0.00	10.00
IMPORTANCIA			
VALOR PREFERIDO	7.00	0.00	3.00
SEMIRRANGO	1.00	0.00	1.00
VALOR MINIMO	6.00	0.00	2.00
VALOR MAXIMO	8.00	0.00	4.00

Habiendo definido lo valores preferidos, semirrangos y valores de importancia para los elementos funcionales de superestructura, subestructura y accesos se procedió a realizar las combinaciones de los valores máximos y mínimos de estas categorías, las cuales los resultados se muestran en la tabla A-10.88.

Tabla A-10.88 Combinaciones de valores máximos y mínimos de la importancia de la variable elementos funcionales.

COMBINACIONES ELEMENTOS FUNCIONALES						
SUMA			MIN		MAX	
6.00	2.00	8.00	46.22	5.78	80.00	10.00
6.00	4.00	10.00	50.44	5.04	100.00	10.00
8.00	2.00	10.00	60.22	6.02	100.00	10.00
8.00	4.00	12.00	64.44	5.37	120.00	10.00
			MIN-MIN	5.04	MAX-MAX	10.00

Finalmente, y como resultado de estas operaciones se obtiene la calificación final para elementos funcionales del Puente Santa Bárbara.

Tabla A-10.89 Resultado del triángulo difuso asimétrico para elementos funcionales

FUNCIONALES	
CALCULOS Y RESULTADOS	
Σ (Valor x Importancia)	86.53
Σ de importancias	10.00
Valor preferido del promedio ponderado	8.65
MIN-MIN	5.04
MAX-MAX	10.00

9.3. RESULTANTE DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y ELEMENTOS FUNCIONALES DEL PUENTE EL SANTA BARBARA.

Finalmente, luego de haber obtenido las calificaciones para los elementos funciones y los elementos estructurales del puente se procedió a operar estos valores a manera de obtener los valores preferidos, semirrango mínimos y máximos y los valores de importancia, como se muestra en la tabla A-10.90, utilizados para la determinación de la calificación definitiva del puente, la cual se presenta en la tabla A-10.92, aplicando el cálculo de promedios ponderados difusos.

Tabla A-10.90 Valor preferido semirrango inferior, semirrango superior, valor mínimo y valor máximo

ESTRUCTURA		
	ESTRUCTURALES	FUNCIONALES
VALOR PREFERIDO	8.00	8.65
SEMIRRANGO INFERIOR	2.00	3.61
SEMIRRANGO SUPERIOR	2.00	1.35
VALOR MINIMO	6.00	5.04
VALOR MAXIMO	10.00	10.00
IMPORTANCIA		
VALOR PREFERIDO	9.00	6.00
SEMIRRANGO	0.50	1.00
VALOR MINIMO	8.50	5.00
VALOR MAXIMO	9.50	7.00

Tabla A-10.91 Combinaciones de valores máximos y mínimos de la importancia de la variable estructura.

COMBINACIONES ESTRUCTURA						
		SUMA	MIN-MIN		MAX-MAX	
8.50	5.00	13.50	76.22	5.65	135.00	10.00
8.50	7.00	15.50	86.31	5.57	155.00	10.00
9.50	5.00	14.50	82.22	5.67	145.00	10.00
9.50	7.00	16.50	92.31	5.59	165.00	10.00
			MIN-MIN	5.57	MAX-MAX	10.00

Tabla A-10.92 Resultado del triángulo difuso asimétrico para elementos estructurales de la subestructura.

NOTA FINAL DE ESTRUCTURA SANTA BARBARA	
CALCULOS	
Σ (Valor x Importancia)	123.92
Σ de importancias	15.00
Valor preferido del promedio ponderado	8.26
MIN-MIN	5.57
MAX-MAX	10.00