



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**METODOLOGIA PARA LA INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO
DE PUENTES DE EMERGENCIA TIPO BAILEY**

Mario Roberto García Peña

Asesorado por el Ing. Luis Felipe Arango Chamalé

Guatemala, mayo de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**METODOLOGIA PARA LA INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO
DE PUENTES DE EMERGENCIA TIPO BAILEY**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

MARIO ROBERTO GARCIA PEÑA

ASESORADO POR EL ING. LUIS FELIPE ARANGO CHAMALÉ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, MAYO DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol
EXAMINADOR	Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero
EXAMINADOR	Ing. José Gabriel Ordoñez Morales
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**METODOLOGÍA PARA LA INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO
DE PUENTES DE EMERGENCIA TIPO BAILEY**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha septiembre de 2013.


Mario Roberto García Peña

Guatemala, Noviembre del 2013

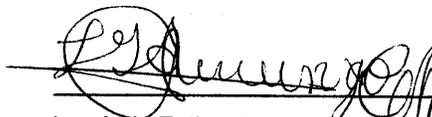
Licenciado Manuel María Guillen Salazar
Coordinador del Área de Planeamiento
Escuela de Ingeniería Civil
Universidad de San Carlos
Guatemala

Estimado Licenciado:

Por medio de la presente hago constar que he asesorado y revisado el trabajo de graduación del estudiante universitario Mario Roberto García Peña, titulado: **METODOLOGIA PARA LA INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO DE PUENTES DE EMERGENCIA TIPO BAILEY.**

El cual está estructurado conforme al reglamento de trabajos de graduación, por lo que luego de la revisión y correcciones realizadas a dicho trabajo, considero que la información cumple con los requisitos para su aprobación final.

Sin otro particular, me suscribo de usted, cordialmente.



Ing. Luis Felipe Arango Chámale

Asesor de trabajo de graduación

Luis Felipe Arango
INGENIERO CIVIL
COLEGIADO 7883



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>



Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil

Guatemala,

27 de febrero de 2014

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación METODOLOGÍA PARA LA INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO DE PUENTES DE EMERGENCIA TIPO BAILEY, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Mario Roberto García Peña, quien contó con la asesoría del Ing. Luis Felipe Arango Chamalé.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

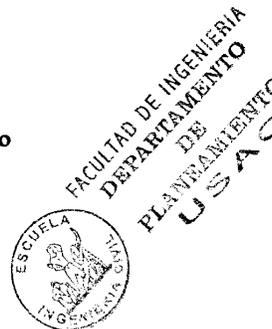
Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Lic. Manuel María Guillén Salazar
Jefe del Departamento de Planeamiento

Manuel María Guillén Salazar
ECONOMISTA
Colegiado No. 4758

/bbdeb.



Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Luis Felipe Arango Chamalé y del Jefe del Departamento de Planeamiento, Lic. Manuel María Guillén Salazar, al trabajo de graduación del estudiante Mario Roberto García Peña, titulado **METODOLOGÍA PARA LA INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO DE PUENTES DE EMERGENCIA TIPO BAILEY**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, abril 2014.

/bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua



Universidad de San Carlos
de Guatemala

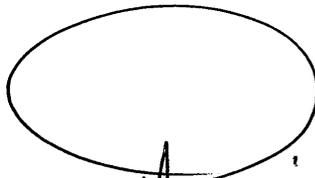


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 206.2014

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **METODOLOGÍA PARA LA INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO DE PUENTES DE EMERGENCIA TIPO BAILEY**, presentado por el estudiante universitario **Mario Roberto García Peña**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 6 de mayo de 2014

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por darme la vida, llenarme de bendiciones y nunca desampararme.
- Mis hijos** Mario Roberto y Pablo Andrés García Mansilla, que me han llenado de alegría para cumplir mis metas y sueños.
- Mis padres** Ingeniero Guillermo García Ovalle y Amabilia Peña, por su esfuerzo y ejemplo de vida.
- Mis hermanos** Guillermo, Fabiola y Juan José García Peña, por su apoyo y compañía durante toda mi vida.

AGRADECIMIENTOS A:

La Facultad de Ingeniería

Porque tuve el privilegio de estudiar y recibir conocimientos dentro de sus salones.

Mi asesor

Ingeniero Luis Felipe Arango, por asesorarme y apoyarme en la elaboración del presente trabajo de graduación.

Mi papá

Ingeniero Guillermo García Ovalle, por servirme de ejemplo como padre de familia y profesional, por sus valores humanos y profesionales.

Mis amigos

Por su amistad y compañía en las distintas etapas de mi vida.

Mis compañeros de trabajo

A mis amigos de Hacienda Real, Cuerpo de Ingenieros del Ejército y Constructora Codico, por su colaboración, ejemplo y apoyo en todos los proyectos desarrollados durante mi carrera profesional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
GLOSARIO.....	XI
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII
1. DESCRIPCIÓN DE PUENTES DE EMERGENCIA.....	1
1.1. Generalidades de puentes de emergencia	1
1.1.1. Uso y función	1
1.2. Tipos de construcción.....	3
1.2.1. Construcción normal.....	4
1.3. Otros tipos de puentes de emergencia	5
1.4. Normas para el diseño de puentes metálicos	5
1.5. Especificaciones técnicas de los componentes principales.....	9
1.5.1. Piezas del puente Bailey.....	9
1.5.1.1. Panel Bailey.....	10
1.5.1.2. Pasador de panel.....	11
1.5.1.3. Travesero o travesaño	12
1.5.1.4. Abrazadera de travesero	13
1.5.1.5. Puntales.....	14
1.5.1.6. Marco de refuerzo.....	15
1.5.1.7. Varillas tensoras	15
1.5.1.8. Perno de cabeza.....	16
1.5.1.9. Pasador de tornillo.....	17
1.5.1.10. Larguero	17

	1.5.1.11.	Tablón de piso.....	18
	1.5.1.12.	Guardabanda	19
	1.5.1.13.	Abrazadera de guardabanda.....	19
	1.5.1.14.	Poste final.....	20
	1.5.1.15.	Soporte o apoyo del puente	20
	1.5.1.16.	Rampa de botón y rampa sencilla	21
	1.5.1.17.	Pedestal de rampa	21
	1.5.1.18.	Placa base.....	22
	1.5.1.19.	Placa de unión.....	23
	1.5.1.20.	Soporte de pasarela	23
	1.5.1.21.	Poste de pasarela	24
2.	DISEÑO POR CARGA DE PUENTES BAILEY.....		25
2.1.	Criterios de diseño		25
	2.1.1.	Longitud.....	25
	2.1.2.	Peso, magnitud y tipo de carga	25
	2.1.3.	Tiempo a utilizar el puente	26
2.2.	Cálculo de la longitud		26
	2.2.1.	Estribos preparados	26
		2.2.1.1. Distancia de seguridad.....	27
	2.2.2.	Estribos no preparados	28
		2.2.2.1. Distancia de seguridad.....	29
2.3.	Tipos de carga.....		31
2.4.	Carga viva		31
	2.4.1.	Carga total.....	32
	2.4.2.	Número de ejes	32
	2.4.3.	Espaciamiento entre ejes	32
	2.4.4.	Carga por eje.....	32
	2.4.5.	Máxima carga por rueda.....	33

2.4.6.	Ancho y altura del vehículo	33
2.5.	Cargas utilizadas para diseño	34
2.5.1.	Carga H	35
2.5.2.	Carga HS	35
2.6.	Impacto.....	36
2.6.1.	Cálculo de factor de impacto	37
2.7.	Carga muerta.....	37
2.7.1.	Deflexión.....	38
2.8.	Momento de flexión	38
2.8.1.	Momento para carga tipo camión HS 20-44	39
2.9.	Esfuerzo cortante.....	40
2.9.1.	Esfuerzo para carga tipo camión HS 20-44	40
2.10.	Ejemplo de cálculo.....	41
2.10.1.	Descripción del problema	41
2.10.2.	Criterio de solución	41
2.10.3.	Cálculo de momento	42
2.10.4.	Cálculo de corte máximo	43
2.10.5.	Resumen de cálculos y conclusión	44
3.	PROCEDIMIENTO DE INSTALACIÓN DE PUENTES BAILEY	47
3.1.	Reconocimiento y requerimientos del sitio	47
3.1.1.	Determinar la longitud del obstáculo.....	47
3.1.2.	Determinar el tipo de puente a instalar	48
3.1.3.	Determinar el tipo de emparrillado	48
3.1.4.	Determinar la cantidad de piezas a utilizar	48
3.2.	Replanteo previo al lanzamiento.....	49
3.2.1.	Personal y equipo	50
3.2.2.	Práctica del replanteo	50
3.3.	Equipo para lanzamiento del puente Bailey.....	51

3.3.1.	Rodillo oscilante	51
3.3.2.	Rodillo sencillo.....	52
3.3.3.	Plantilla de rodillo oscilante	52
3.3.4.	Plantilla de rodillo sencillo	53
3.3.5.	Gato (<i>tricket</i>).....	53
3.3.6.	Eslabón de lanzamiento	54
3.3.7.	Barra de carga.....	54
3.3.8.	Tijera de carga.....	55
3.3.9.	Extractor de pasadores	55
3.3.10.	Gato para el montaje de paneles.....	56
3.3.11.	Levador de paneles	57
3.3.12.	Rodillo de travesaño.....	58
3.3.13.	Juego de herramientas.....	58
3.4.	Transporte.....	59
3.5.	Organización y deberes del personal	60
3.6.	Lanzamiento del puente Bailey	65
3.6.1.	Nariz de lanzamiento del puente	65
3.6.2.	Primer tramo del puente	67
3.6.3.	Instalación de tramos siguientes	68
3.6.4.	Otro método de lanzamiento	69
3.6.5.	Instalación de rampas de acceso	71
3.7.	Señalización y marcación.....	73
4.	INSPECCIÓN DE PUENTES DE EMERGENCIA.....	75
4.1.	Definición.....	75
4.2.	Personal y sus funciones	75
4.2.1.	Ingeniero inspector	75
4.2.2.	Auxiliar de ingeniería.....	76
4.2.3.	Cuadrilla de topografía	76

4.3.	Equipo para realizar inspección.....	76
4.4.	Tipos de inspección	78
4.4.1.	Inspección inicial.....	78
4.4.2.	Inspección de rutina.....	79
4.4.3.	Inspecciones por daño.....	79
4.4.4.	Inspección profunda.....	80
4.5.	Principales problemas que presentan.....	80
4.5.1.	Componentes de metal.....	81
4.5.2.	Componentes de madera	81
4.5.3.	Componentes de concreto.....	82
4.5.4.	Daños en estribos, juntas y apoyos	82
4.5.5.	Fatiga y fractura.....	82
4.5.6.	Daños graves y colapso.....	83
4.6.	Ensayos No Destructivos (END).....	84
4.6.1.	Función de Ensayos No Destructivos	86
4.6.2.	END en piezas de madera.....	86
4.6.3.	END en estructuras de concreto armado.....	87
4.7.	Procedimiento de inspección en puentes Bailey	87
4.7.1.	Acciones previas a los trabajos de campo.....	87
4.7.2.	Acciones en el campo.....	88
4.8.	Formulario de inspección.....	88
4.9.	Entrevista en el lugar	89
4.10.	Toma de datos directa.....	90
5.	MANTENIMIENTO DE PUENTES DE EMERGENCIA.....	91
5.1.	Definición.....	91
5.2.	Tipos de mantenimiento	91
5.3.	Mantenimiento preventivo.....	92
5.3.1.	Actividades del mantenimiento preventivo	92

5.3.2.	Limpieza	93
5.3.3.	Limpieza previa a la pintura.....	94
5.3.4.	Pintura	95
5.3.4.1.	Equipo básico.....	96
5.3.5.	Corrosión.....	96
5.3.6.	Fallas en soldadura	97
5.4.	Mantenimiento correctivo	99
5.4.1.	Reparación	99
5.4.2.	Reemplazo	100
5.5.	Costos del mantenimiento	100
5.6.	Almacenamiento de las piezas.....	101
CONCLUSIONES.....		103
RECOMENDACIONES.....		105
BIBLIOGRAFÍA.....		107
ANEXOS.....		109

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Lanzamiento de puente de emergencia	2
2.	Esquema de tipos de construcción.....	4
3.	Fabricación de piezas de puentes.....	7
4.	Panel Bailey	11
5.	Pasador largo y corto	12
6.	Travesero	13
7.	Abrazadera de travesero.....	14
8.	Puntales	14
9.	Marco de refuerzo	15
10.	Varillas tensoras.....	16
11.	Perno de cabeza	16
12.	Pasador de tornillo	17
13.	Larguero.....	18
14.	Tablón de piso.....	18
15.	Guardabanda	19
16.	Abrazadera de guardabanda.....	19
17.	Poste final	20
18.	Soporte o apoyo del puente	20
19.	Rampa de botón y rampa sencilla.....	21
20.	Pedestal de rampa	22
21.	Placa base	22
22.	Placa de unión	23
23.	Soporte de pasarela.....	24

24.	Poste de pasarela	24
25.	Estribo preparado	27
26.	Distancia de seguridad estribo preparado	27
27.	Estribo no preparado	29
28.	Distancia de seguridad estribo no preparado	29
29.	Cálculo de longitud de estribo no preparado	30
30.	Ancho y altura de puentes	34
31.	Carga H y Hs 20 - 44	36
32.	Momento para carga Hs 20 - 44	39
33.	Esfuerzo para carga Hs 20 - 44	40
34.	Ejemplo de momento para carga Hs 20 - 44	42
35.	Ejemplo de esfuerzo para carga Hs 20 - 44.....	43
36.	Lanzamiento de puente de emergencia tipo delta	49
37.	Rodillo oscilante.....	51
38.	Rodillo sencillo.....	52
39.	Plantilla de rodillo oscilante.....	52
40.	Plantilla de rodillo sencillo.....	53
41.	Gato (<i>tricket</i>)	53
42.	Eslabón de lanzamiento.....	54
43.	Barra de carga	54
44.	Tijera de carga	55
45.	Extractor de pasadores	55
46.	Gato para el montaje de paneles	56
47.	Levantador de paneles	57
48.	Rodillo de travesaño	58
49.	Juego de herramientas	58
50.	Transporte y colocación de piezas.....	60
51.	Grupo de paneles	61
52.	Organización de grupos de trabajo	65

53.	Nariz de lanzamiento de puente Bailey	66
54.	Lanzamiento de puente utilizando maquinaria	70
55.	Grupo instalando rampa de acceso.....	72
56.	Señalización de puente instalado.....	74
57.	Equipo para realizar inspección	77
58.	Puente Bailey colapsado por carga.....	83
59.	Señalización mientras se realiza mantenimiento	92
60.	Limpieza mediante <i>sand blast</i>	95
61.	Almacenamiento de piezas metálicas	102

TABLAS

I.	Tipos de construcción	3
II.	Otros tipos de puentes de emergencia y modulares	5
III.	Uso de herramientas	59
IV.	Grupos de trabajo sugeridos	64
V.	Métodos de Ensayos No Destructivos aplicables.....	85

GLOSARIO

AASHTO	Siglas en inglés de la Asociación Americana Oficial de Autopistas del Estado y Transporte, que rigen las normas de transporte en Estados Unidos y han servido de base en Guatemala.
Carga viva	Es el peso de los vehículos o camiones que transitan sobre la estructura, definidos con códigos o normas de acuerdo a sus características.
END	Siglas de los Ensayos No Destructivos utilizados para la inspección de elementos en estructuras sin dañar o cambiar sus propiedades físicas o mecánicas.
Estribo	Es la estructura que sirve de apoyo o base de los puentes, se ubica en la orilla de la carretera y pueden ser muros de contención y pilotes.
Guardabanda	Es un bordillo metálico que limita la superficie útil o ancho del puente, también sirve para asegurar los tablonos de madera o superficie de rodadura.
HS 20	Es la nomenclatura de un camión de tres ejes, con un peso de 20 toneladas, establecida por la normas de la AASHTO.

Impacto	Factor de incremento que se aplica a la carga viva, debido a esfuerzos adicionales como vibración, aceleración y frenado, sus valores son aproximadamente del 20 al 30 por ciento.
<i>Mabey bridge</i>	Tipo de puente de emergencia o modular desarrollado en el Reino Unido, con base en el diseño original de Bailey, realizaron distintos tipos de puentes.
CIV	Siglas del Ministerio de Comunicaciones, Vivienda e Infraestructura, responsable de las normas de construcción y mantenimiento de carreteras en Guatemala.
Nariz Bailey	Es la construcción que se realiza para el lanzamiento del puente Bailey, se construye una parte y se desliza en voladizo del estribo de salida hasta el de llegada.
Panel Bailey	Pieza básica de los puentes tipo Bailey, mide 10 pies de largo y puede ser distribuido en orientación horizontal o vertical para reforzar el puente según la necesidad.
Puente modular	Es otro nombre que se le da a los puentes de emergencia, es decir puentes construidos con base en piezas intercambiables que forman módulos.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación pretende ser una guía sobre puentes de emergencia, con información básica que pueda ser utilizada por personas que conozcan poco sobre el tema e información especializada para quienes ejecutan o diseñan proyectos con este tipo de puentes.

El informe de investigación se divide en capítulos que guían desde las generalidades del puente, profundizando en el diseño y construcción, así como la inspección y mantenimiento de las estructuras ya instaladas.

El capítulo I describe la importancia y versatilidad que tienen los puentes de emergencia en caso de desastre, además se muestran las principales piezas y componentes, sus características, función y figura.

El capítulo II detalla aspectos estructurales que tiene el diseño de este tipo de puentes. Con base en las características de los vehículos que transitarán sobre el mismo y la longitud, se puede realizar el cálculo de momento y corte máximo, para definir el tipo de construcción a realizar.

El capítulo III consiste en el procedimiento y personal necesario para la instalación, se explica desde el replanteo en campo, construcción de la nariz de lanzamiento y su posterior lanzamiento y refuerzo.

El capítulo IV explica con base en formularios de inspección propuestos, la guía para lograr determinar el estado del sitio de lanzamiento, apoyos y estructuras, así como de la estructura propia del puente y sus principales componentes.

El capítulo V es una sucesión de la inspección, debido a que con base en los resultados de la inspección, se puede determinar el tipo de trabajos de mantenimiento que necesita la estructura para funcionar como fue diseñada, construida y utilizada actualmente.

Al final se incluyen las tablas de cálculo, que sirven de base para el diseño, los formularios de inspección divididos en partes y esquemas de las piezas más importantes, así como el mantenimiento de las estructuras.

Se presentan las conclusiones y recomendaciones a las que se llegó producto del trabajo realizado, así como la bibliografía consultada que sirvió de soporte para dicho trabajo.

OBJETIVOS

General

Metodología para inspección y mantenimiento de puentes de emergencia tipo Bailey en la República de Guatemala.

Específicos

1. Conocer el procedimiento de instalación de puentes Bailey, desde la visita de campo, diseño, hasta el método constructivo que se utiliza para su colocación.
2. Conocer las normas técnicas, características de materiales de los componentes y de diseño de puentes metálicos.
3. Proponer la metodología para la inspección y mantenimiento de las piezas que componen el puente Bailey.

INTRODUCCIÓN

La red vial de la República de Guatemala se ha visto afectada por causas fortuitas o de fuerza mayor, daños ocasionados por la naturaleza, por los efectos de la constante precipitación pluvial, derrumbes o hasta terremotos, perjudicando comunidades del área rural del país. Frente a estos acontecimientos se debe dar una respuesta oportuna que permita solucionar los problemas de la población y la movilidad del transporte, que sirve para apoyar las necesidades básicas como agua, saneamiento, comercio, entre otros.

Es necesario poseer información técnica de los puentes de emergencia, para determinar las fortalezas y debilidades de este tipo de estructuras que se han utilizado en la República de Guatemala para afrontar los desastres.

Los puentes de emergencia poseen la característica de tener piezas metálicas intercambiables de montaje rápido. El diseño original fue creado por sir Donald Bailey, actualmente ha evolucionado de acuerdo a las necesidades, características de los materiales y avances técnicos, por lo que existe una variedad de puentes de emergencia.

El presente trabajo incluye la descripción, características y especificaciones técnicas, diseño y procedimiento de lanzamiento, proceso de inspección y mantenimiento de las estructuras metálicas de los puentes de emergencia, esto con el objetivo de presentar conclusiones y recomendaciones que contribuyan y sirvan de base para el ingeniero civil y las instituciones del Estado responsables de dichas actividades.

1. DESCRIPCIÓN DE PUENTES DE EMERGENCIA

1.1. Generalidades de puentes de emergencia

Un puente es una estructura cuya función es la de soportar el tránsito de vehículos, camiones de carga, personas, entre otros, sobre un cruce u obstáculo que puede ser un río o quebrada, desnivel o estructuras dañadas.

Los puentes metálicos de emergencia o modulares son estructuras de acero formadas por un conjunto de paneles que se eslabonan o unen por medio de piezas intercambiables. El piso puede ser de madera o metal, los paneles, postes, travesaños y vigas de la rampa son de un acero de aleación pobre, altamente tensado.

Los puentes tipo Bailey fueron inventados por los ingleses, durante la Segunda Guerra Mundial para el uso del Ejército; Fueron nombrados en honor de su inventor, sir Donald Bailey, posteriormente fue adoptado con algunas modificaciones por el ejército norteamericano.

1.1.1. Uso y función

Ha sido utilizado como puente provisional en algunos proyectos carreteros, principalmente se ha empleado para solucionar situaciones de emergencia, motivadas por la destrucción total o parcial de puentes permanentes por causa de fenómenos naturales, provocados por el hombre o daños a las estructuras existentes.

Además de usarse en puentes fijos, también puede utilizarse para la construcción de estribos y pilares. Otras estructuras especiales que pueden ser construidas tales como puentes flotantes, colgantes y móviles, mediante la utilización de piezas especiales.

Los puentes Bailey se emplean en todo el mundo para resolver problemas de viabilidad, su sistema de construcción permite simplicidad de armado mediante el uso de mano de obra no especializada, lo que coadyuva en la economía de los proyectos, sin que esto perjudique factores de importancia como la durabilidad y resistencia de los mismos.

Figura 1. Lanzamiento de puente de emergencia



Fuente. www.mabeybridge.com. Consulta: 9 de octubre de 2013.

1.2. Tipos de construcción

Se pueden colocar paneles en filas simples, dobles o triples, en el plano horizontal y en el plano vertical, de acuerdo con los requerimientos de longitud y capacidad soportante.

Como son estructuras modulares se pueden armar mediante piezas intercambiables de acuerdo a la longitud y carga a soportar. Los puentes pueden construirse con los siguientes tipos de estructura:

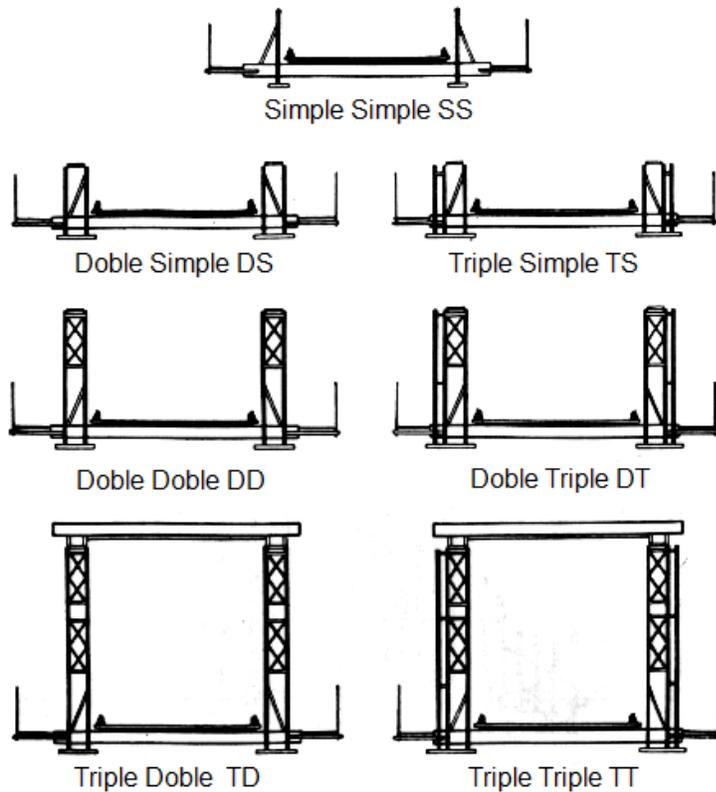
Tabla I. **Tipos de construcción**

Tipo de construcción		Nombre	Abreviatura
Armadura simple	Altura simple	Simple - Simple	SS
Armadura doble	Altura simple	Doble - Simple	DS
Armadura triple	Altura simple	Triple - Simple	TS
Armadura doble	Altura doble	Doble - Doble	DD
Armadura doble	Altura triple	Doble - Triple	DT
Armadura triple	Altura doble	Triple - Doble	TD
Armadura triple	Altura triple	Triple - Triple	TT

Fuente: Ejército de EE.UU. *Manual TM 5-277 Bailey bridge*. p. 295.

Los tipos de construcción antes mencionados son los más comunes, aunque también se pueden encontrar construcciones reforzadas mediante la utilización de piezas especiales que aumentan su resistencia.

Figura 2. **Esquema de tipos de construcción**



Fuente: Ejército de EE.UU. *Manual TM 5-277 Bailey bridge*. p. 295.

1.2.1. **Construcción normal**

El equipo de puentes de paneles es usado normalmente para construir puentes fijos de un tramo de 30 a 210 pies de largo (9 a 64 metros) y de 10 a 80 toneladas de capacidad.

El conjunto básico para el puente Bailey M-2, consta de todas las piezas necesarias para la construcción de dos puentes Doble-Simple (DS) de 80 pies o un puente Doble-Doble (DD) de 130 pies; las piezas de la nariz de lanzamiento están incluidas como parte del conjunto básico.

1.3. Otros tipos de puentes de emergencia

En la actualidad los puentes de emergencia más conocidos en Guatemala son los puentes tipo Bailey, pero existen otras fábricas a nivel mundial que tienen la patente de distintos diseños de puentes modulares, con distintas aplicaciones y características, como los siguientes:

Tabla II. Otros tipos de puentes de emergencia o modulares

Nombre	Tamaño del panel	Longitud	Características
Mabey Compact 200	3,05 metros	9,15 – 60,96 metros	Desde 1986 es el más popular de Mabey Bridge, han construido más de 200 kilómetros alrededor del mundo
Mabey Universal	2,25 metros	hasta 81 metros	Creado en los años 70 es más utilizado para alquiler en casos de emergencia.
Mabey Delta	4,50 metros	hasta 90 metros	Creado en 2003, estéticamente mejorado y con contraflecha positiva.
Puente de Apoyo Logístico Mabey	3,05 metros	9,15 – 60,96 metros	Creado para operaciones militares, utilizado por la mayoría de ejércitos, extra ancho.
Puente Acrow Panel	3,05 metros		Creado en 1960, tiene mejoras al diseño y sus piezas tienen más resistencia que el puente Bailey.

Fuente: elaboración propia

1.4. Normas para el diseño de puentes metálicos

En Estados Unidos la primera norma nacional ampliamente reconocida para el diseño y la construcción de puentes fue publicada en 1931, por la American Association of State Highway Officials (AASHO), organismo antecesor de la (AASHTO).

Esta primera publicación se convirtió en una norma nacional y fue utilizada por autoridades y agencias tanto en Estados Unidos como en otros países, como es el caso de Guatemala.

- AASHTO Standard specifications for highway bridges design, 17^a edición, 2002

Estas especificaciones rigen el diseño de la mayor parte de los puentes de los Estados Unidos. Las especificaciones estándar para el diseño de puentes de carretera de la AASHTO están constituidas por tres divisiones. La primera división establece los requisitos para diseño, la segunda proporciona los requerimientos para el diseño sísmico y la tercera división hace referencia a los requisitos de la construcción.

- AASHTO LRFD Bridge design specification, 3^a edición, 2004

Estas especificaciones contienen los requisitos para el diseño, evaluación y rehabilitación de puentes de carreteras, tanto fijos como móviles, pero no se incluyen requisitos para puentes ferroviarios, ni para puentes usados exclusivamente para el tendido de servicios públicos.

Los requisitos de diseño de estas especificaciones emplean la metodología del diseño por factores de carga y resistencia (LRFD). Los factores fueron desarrollados a partir de la teoría de la confiabilidad con base en el conocimiento estadístico actual de las cargas y el comportamiento de las estructuras.

- Código de soldadura de puentes AASHTO/AWS D1.5M/D1.5:2002 (Bridge Welding Code)

Este código contiene los requisitos de la AASHTO para la fabricación de puentes de carretera por soldadura con aceros al carbono y de baja aleación. Además, cubre lo referente a inspección, calificación, detalles estructurales, soldadura con espárragos, detalles de las juntas soldadas y otros.

Figura 3. **Fabricación de piezas de puentes**



Fuente. www.mabeybridge.com. Consulta: 9 de octubre de 2013.

- Especificaciones para el diseño de miembros estructurales de acero conformado en frío (AISI).

Estas especificaciones han sido desarrolladas por el Comité del American Iron and Steel Institute (AISI), se aplica al diseño de miembros estructurales conformados en frío a partir de láminas, planchas, planchuelas, o barras de

acero al carbono o de baja aleación de no más de una pulgada (25,4 mm) de espesor, y utilizadas para soportar cargas en un edificio. Está permitido utilizarla para estructuras que no sean edificios, siempre que los efectos dinámicos se consideren adecuadamente.

La especificación AISI para el diseño de miembros estructurales de acero conformado en frío presenta un tratamiento integrado de dos métodos de diseño, el diseño por tensiones admisibles (ASD) y el diseño por factores de carga y resistencia (LRFD).

- Código de práctica normalizada para edificios y puentes de acero (AISC)

El American Institute of Steel Construction (AISC) ha realizado un control continuo de la industria del acero estructural para determinar las prácticas estándares y a partir de 1924, ha publicado su código de práctica normalizada.

Las prácticas definidas en este Código han sido adoptadas por el AISC, como las normas comúnmente aceptadas por la industria del acero estructural, además de proporcionarles a los propietarios, arquitectos, ingenieros, contratistas y demás personas asociadas con la construcción un marco útil para lograr un entendimiento común de las normas aceptables al contratar una construcción de acero estructural.

- ASTM A709: especificaciones estándar para aceros estructurales para puentes

Esta especificación cubre a los aceros de baja aleación de alta resistencia para perfiles, placas y barras estructurales y a los aceros aleados templados y revenidos para perfiles estructurales destinados para el uso en puentes.

En este grupo están los aceros de grado 36, 50, 50w, 100,100w, que son equivalentes al A36, A572, A588 y A514 respectivamente. Todos estos aceros son soldables, además los denominados como grado 50W y 100W presentan gran resistencia a la corrosión atmosférica.

En resumen, esta especificación indica los requerimientos generales para la entrega, los procesos de manufactura recomendados para la obtención de los aceros, tratamiento térmico, requerimientos químicos, requerimientos de tensión, requerimientos de dureza Brinell para aceros de grado 100 y 100w únicamente.

1.5. Especificaciones técnicas de los componentes principales

Los puentes Bailey cumplen con las especificaciones de la AASHTO, las principales piezas tienen las siguientes características:

- Son hechas de carbón y manganeso, con una aleación pobre de acero, altamente tensado.
- Carga de rotura 35 ton por pulg².
- Límite elástico 23 ton por pulg².
- Elongación del 18 % para secciones de 3/8" a 3/4" de espesor.

1.5.1. Piezas del puente Bailey

La estructura del puente está compuesta de piezas que se unen por medio de tornillos y bulones, que a su vez forman módulos que se arman de acuerdo a las necesidades de longitud y capacidad.

A continuación se describen los principales componentes. Existen componentes específicos que mejoran o aumentan la capacidad del puente que deben ser utilizados en casos específicos, los más utilizados son los siguientes:

1.5.1.1. Panel Bailey

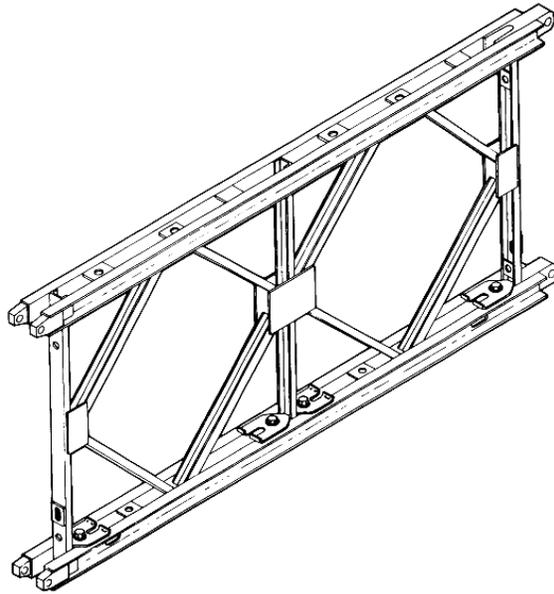
Este es el elemento básico en el armado del puente. Son piezas de acero fuertemente construidas, cuyas dimensiones son de 3,04 metros de longitud, 1,54 metros de altura, 16,51 centímetros de ancho y cuyo peso es de 576,9 libras.

En la parte delantera tiene dos salientes dobles formando alojamientos hembras, con orificios para el pasador. En la parte posterior posee salientes machos. En la parte central lleva un puntal intermedio, al que van soldados tirantes de acero, de refuerzo.

Puede ser transportado por seis hombres usando barras de transporte, debe tenerse especial cuidado al armar cualquier forma de puente Bailey, en que el primer panel quede con los alojamientos hembras hacia la punta de construcción, lo que facilita el desarrollo y continuidad del montaje.

Como las piezas están construidas de acero de alta resistencia a tracción, también pueden ser utilizadas como base de otras estructuras, algunas de las resistencias son: carga distribuida hasta 30 toneladas, carga individual sobre un par 10 toneladas y carga vertical colocando el panel en sentido vertical hasta 50 toneladas en cada par y 6 toneladas al centro de la pieza.

Figura 4. **Panel Bailey**



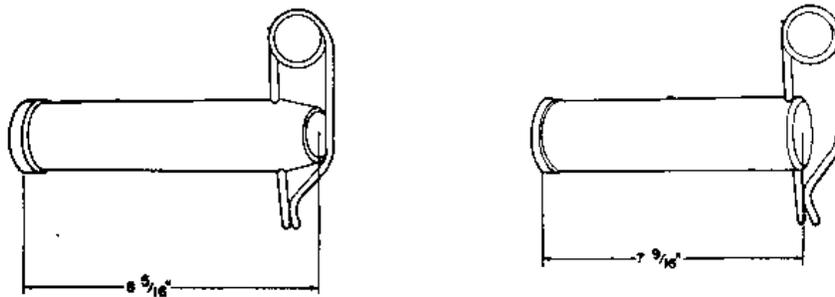
Fuente: Ejército de EE.UU. *Manual TM 5-277 Bailey bridge*. p. 295.

1.5.1.2. Pasador de panel

Son de acero cementado, hay dos clases, cortos y largos. Los pasadores largos tienen las siguientes dimensiones: 21,9 centímetros de longitud, 4,75 centímetros de diámetro, con un peso de 5,99 libras. Tiene un extremo cónico con un agujero para la chaveta de seguro y en la cabeza tiene una ranura guía perpendicular. Los pasadores cortos tienen las siguientes dimensiones: 20 centímetros de longitud, 4,75 centímetros de diámetro, con un peso de 5,79 libras.

Los pasadores largos se emplean para la unión de paneles entre sí. Los pasadores cortos se usan para unir los postes extremos de los paneles medio y exterior en un puente de armadura triple.

Figura 5. **Pasador largo y corto**



Fuente: Ejército de EE.UU. *Manual TM 5-277 Bailey bridge*. p. 295.

1.5.1.3. **Travesero o travesaño**

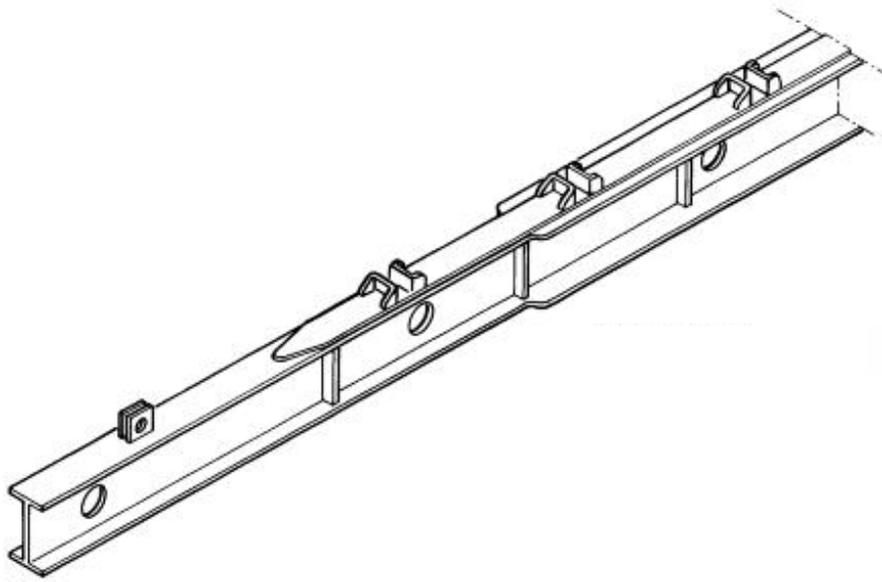
Son vigas de acero en forma de doble T y sus dimensiones son de 6,07 metros de longitud, 11,5 centímetros de ancho en las alas y tiene un peso de 617,99 libras. En la base tiene seis agujeros en los cuales se acondicionan las espigas del panel.

En la parte superior tiene cinco aletas que permiten a los largueros permanecer fijos y dos tetones en los extremos lateralmente bajo los cuales se acondicionan los soportes de la pasarela; en la parte superior tiene una aleta con un orificio para dar cabida al dispositivo del puntal.

Los travesaños descansan en la base de los paneles y son asegurados por grapas o abrazaderas. Van colocadas con una separación de 5 pies en un extremo y en la mitad de cada panel. El puente nunca debe levantarse con gatos por debajo de los travesaños porque pueden fallar las abrazaderas.

El último travesañero colocado a los extremos del puente, debe ser emparrillado para cargas de más de 39 toneladas, las rampas deben ser emparrilladas en la mitad o en el centro para cargas de más de 45 toneladas.

Figura 6. **Travesero**

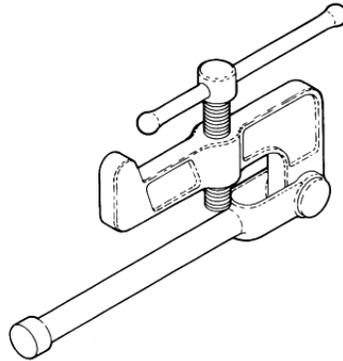


Fuente: Ejército de EE.UU. *Manual TM 5-277 Bailey bridge*. p. 295.

1.5.1.4. Abrazadera de travesero

Es un tipo de grapa con tornillos de bisagra de 34,29 centímetros de altura, 20,32 centímetros de ancho y pesa 7,01 libras. Se emplea para ajustar el travesañero contra el vertical del panel y al mismo tiempo asegura sobre su base.

Figura 7. **Abrazadera de travesero**

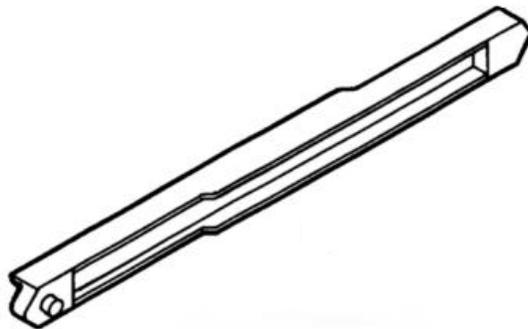


Fuente: Ejército de EE.UU. *Manual TM 5-277 Bailey bridge*. p. 295.

1.5.1.5. **Puntales**

Son piezas de acero doble T, con aletas de 6,35 centímetros, tienen por objeto asegurar la parte superior de los paneles, evitando su movimiento lateral. En cada extremo tiene un orificio cónico donde van los pernos de cabeza que unen a los paneles y a los travesaños. Tiene una altura de 1,11 metros y pesa 21,82 libras.

Figura 8. **Puntales**



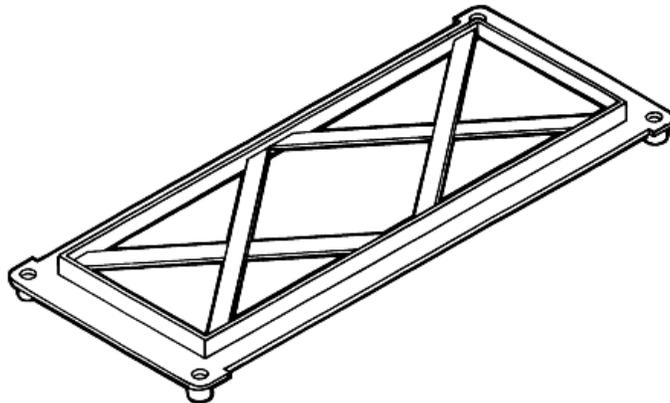
Fuente: Ejército de EE.UU. *Manual TM 5-277 Bailey bridge*. p. 295.

1.5.1.6. Marco de refuerzo

Es de forma rectangular de 1,28 metros de longitud, 70,80 centímetros de ancho y pesa 64,0 libras. Posee en cada esquina un hueco de forma cónica. Se emplea para unir dos paneles en los puentes de doble y triple armadura.

Por medio de los pernos de cabeza se aseguran los marcos de refuerzo a la parte superior de los paneles y verticalmente en los extremos cuando son de 2 o 3 pisos en el segundo y en el tercero.

Figura 9. Marco de refuerzo

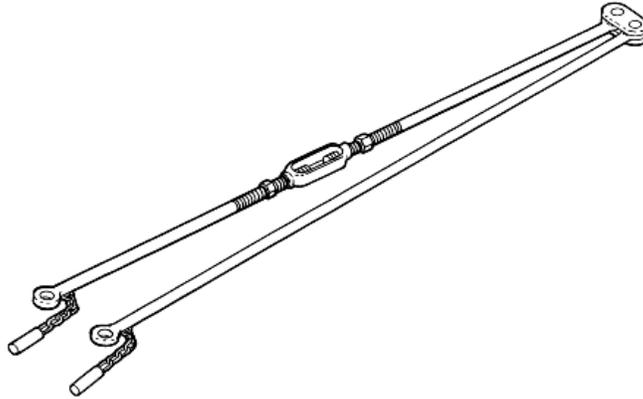


Fuente: Ejército de EE.UU. *Manual TM 5-277 Bailey bridge*. p. 295.

1.5.1.7. Varillas tensoras

Son de acero con articulación en el centro y son ajustables por un torniquete. Su peso es de 68,01 libras. En cada extremo hay un orificio por donde es introducido un pasador asegurado por una cadena para fijarlo a los paneles, se tensionan introduciendo la punta de una llave en el torniquete. En cada tramo se colocan 2, a excepción del primero de la nariz. Las varillas tensoras hacen el puente más estable transversalmente.

Figura 10. **Varillas tensoras**

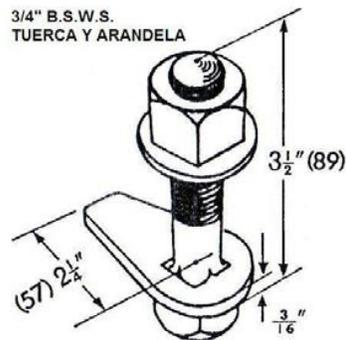


Fuente: Ejército de EE.UU. *Manual TM 5-277 Bailey bridge*. p. 295.

1.5.1.8. **Perno de cabeza**

Contiene una cabeza con una aleta, tornillo y se emplea para unir los puntales a los travesaños y las placas de unión, además asegura los marcos de refuerzo en los puentes Doble-Simple (DS).

Figura 11. **Perno de cabeza**

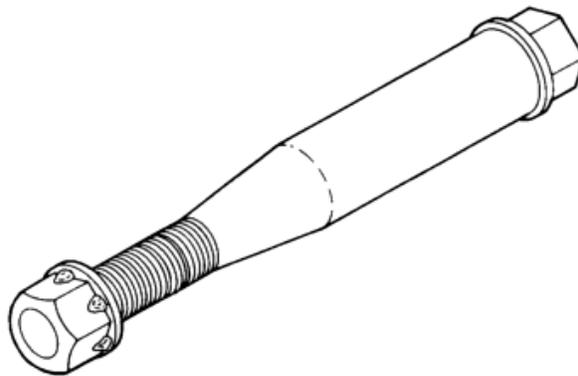


Fuente: Ejército de EE.UU. *Manual TM 5-277 Bailey bridge*. p. 295.

1.5.1.9. Pasador de tornillo

Consta de una cabeza y espiga en un extremo y tornillo y tuerca en el otro. Se usa para unir los paneles en armadura de doble o triple piso. Su longitud es de 27,7 centímetros, diámetro 4,5 centímetros y 7,5 libras de peso.

Figura 12. **Pasador de tornillo**



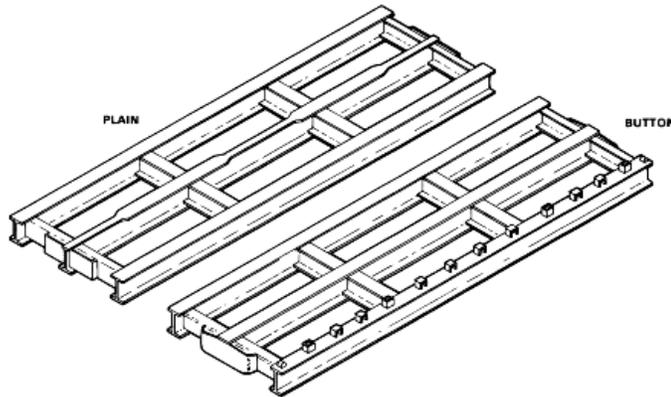
Fuente: Ejército de EE.UU. *Manual TM 5-277 Bailey bridge*. p. 295.

1.5.1.10. Larguero

Soportan la calzada del puente, cada larguero consta de 2 vigas en forma de doble T de 3,05 metros de longitud soldadas a un travesaño. Hay 2 tipos de largueros: los sencillos que pesan 237,87 libras y los de botones que pesan 267,01 libras.

Cada tramo del puente tiene 5 largueros; o sea 3 sencillos y 2 de botón, uno a cada lado del puente. Los largueros son asegurados a los travesaños por medio de unas aletas que encajan en unas ranuras.

Figura 13. **Larguero**

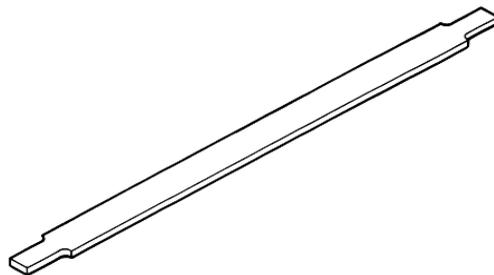


Fuente: Ejército de EE.UU. *Manual TM 5-277 Bailey bridge*. p. 295.

1.5.1.11. **Tablón de piso**

Estos forman la superficie de rodadura tienen 6,98 centímetros de espesor por 20 centímetros de ancho y 3,96 metros de largo. Son de madera y pesan 87,03 libras cada uno. Son más angostos en los extremos para que quepan entre los pivotes de los largueros. Cada tramo tiene 13 tableros colocados a través de los largueros y mantenidos en su puesto por los pivotes y los guarda bandas.

Figura 14. **Tablón de piso**

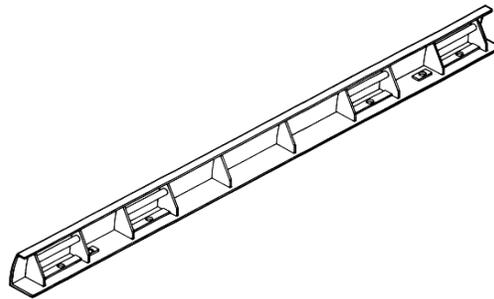


Fuente: Ejército de EE.UU. *Manual TM 5-277 Bailey bridge*. p. 295.

1.5.1.12. Guardabanda

Es una pieza de acero con las siguientes dimensiones: 21,27 centímetros de altura, 3,04 metros de longitud y pesa 214,98 libras. Van asegurados a los largueros de botón por cuatro abrazaderas de guardabanda o tornillo tipo J.

Figura 15. Guardabanda

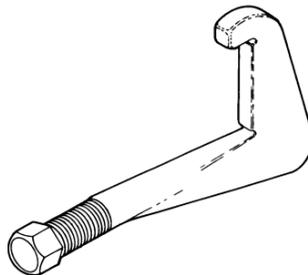


Fuente: Ejército de EE.UU. *Manual TM 5-277 Bailey bridge*. p. 295.

1.5.1.13. Abrazadera de guardabanda

Consta de cuerpo, tornillo y tuerca. Sirven para sujetar los guarda bandas a los largueros y tienen forma de J, tiene un largo de 18 centímetros, diámetro de 2,5 centímetros y peso de 4,5 libras.

Figura 16. Abrazadera de guardabanda

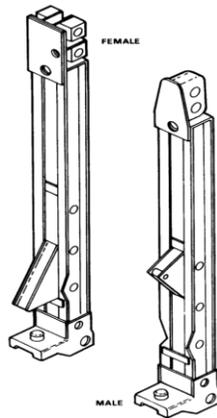


Fuente: Ejército de EE.UU. *Manual TM 5-277 Bailey bridge*. p. 295.

1.5.1.14. Poste final

Son columnas de láminas de acero en forma de U. Hay 2 clases: macho y hembra. Las dimensiones consisten de 1,54 metros de longitud y 10,16 centímetros en la acanaladura. Se emplean en los extremos de cada lado del puente y tiene un peldaño donde descansa el travesaño exterior de los paneles.

Figura 17. Poste final

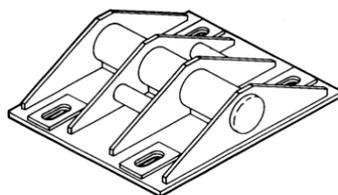


Fuente: Ejército de EE.UU. *Manual TM 5-277 Bailey bridge*. p. 295.

1.5.1.15. Soporte o apoyo del puente

Contiene un eje donde descansa la espiga de los postes finales del puente y una base con huecos para clavarla al piso, su longitud es de 10,3 centímetros y pesa 68 libras.

Figura 18. Soporte o apoyo del puente



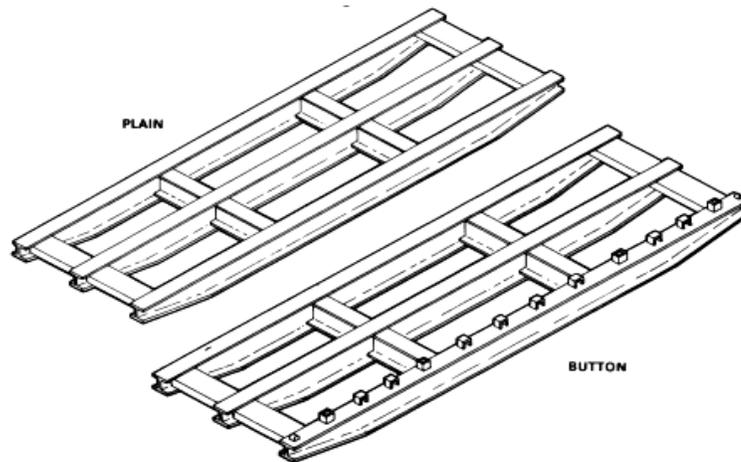
Fuente: Ejército de EE.UU. *Manual TM 5-277 Bailey bridge*. p. 295.

1.5.1.16. Rampa de botón y rampa sencilla

Tiene una forma similar a los largueros y consisten de 3 vigas de acero en forma de doble T de 12,70 centímetros que están unidos por medio de soldadura a un travesaño. La rampa es colocada en los extremos del puente al terminar, poseen 12 botones para sostener los tablones.

Son utilizadas 3 rampas sencillas y 2 de botones a continuación de los largueros y van del puente a los estribos. Si la pendiente es grande se prolonga la rampa colocando pedestales con travesaños en la unión de las rampas.

Figura 19. Rampa de botón y rampa sencilla

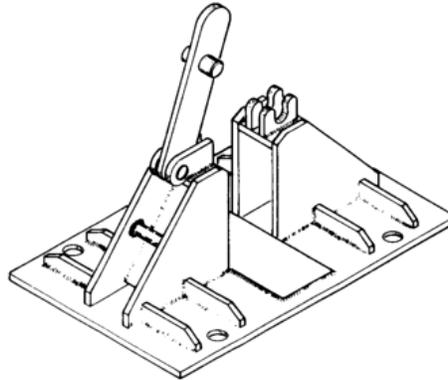


Fuente: Ejército de EE.UU. *Manual TM 5-277 Bailey bridge*. p. 295.

1.5.1.17. Pedestal de rampa

Está construido de láminas de acero fuertemente unidas, tiene un peso de 90,01 libras. Evitan que los travesaños que están sosteniendo las rampas se volteen, y al mismo tiempo reparten el peso del travesaño en el suelo. Se fijan al lugar por medio de estacas o piquetes que pasan por los orificios de la base.

Figura 20. **Pedestal de rampa**

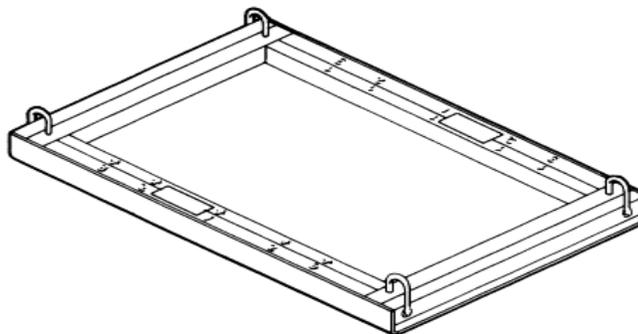


Fuente: Ejército de EE.UU. *Manual TM 5-277 Bailey bridge*. p. 295.

1.5.1.18. **Placa base**

Es un conjunto de acero soldado con lados sobre puestos y unidos para levantamiento en la parte de arriba de cada esquina. Es usada bajo los apoyos finales del puente para distribuir el peso de los apoyos finales sobre el terreno o el emparrillado. El área del fondo de la placa es de 1,24 metros cuadrados, la placa base pesa 381,38 libras y es suficiente para acomodar los apoyos finales para un puente sencillo, doble o triple.

Figura 21. **Placa base**

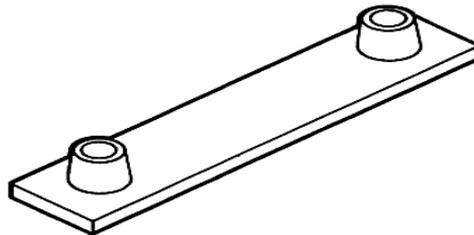


Fuente: Ejército de EE.UU. *Manual TM 5-277 Bailey bridge*. p. 295.

1.5.1.19. Placa de unión

Es una pieza de acero plano de 30,4 centímetros de largo, por 6,35 centímetros de ancho, por 8 milímetros de espesor y pesa 3,53 libras, en los extremos tiene 2 horados alrededor de los cuales hay un resalte cónico que se introduce en los paneles y se aseguran mediante pernos de cabeza. Se usan solamente en puentes de triple armadura lateral para unir la segunda y tercer armadura entre sí. Se colocan asegurados con pernos en los horados de los puntales en cada unión y a los extremos.

Figura 22. **Placa de unión**



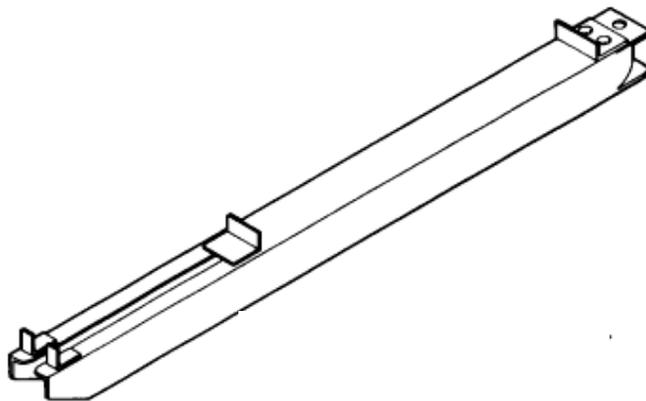
Fuente: Ejército de EE.UU. *Manual TM 5-277 Bailey bridge*. p. 295.

1.5.1.20. Soporte de pasarela

Es una viga de acero prensado de 1,22 metros de longitud y 24,03 libras de peso. Se colocan hacia los costados del puente cada 10 pies, uniéndolos a los travesaños en donde se aseguran mediante un muñón especial soldado al extremo.

El peso de la pasarela lateral se asegura mediante tetones en la parte superior de los soportes. Al extremo tiene un horado para colocar el poste de pasamanos, en los tramos finales se colocan los soportes cada 5 pies.

Figura 23. **Soporte de pasarela**

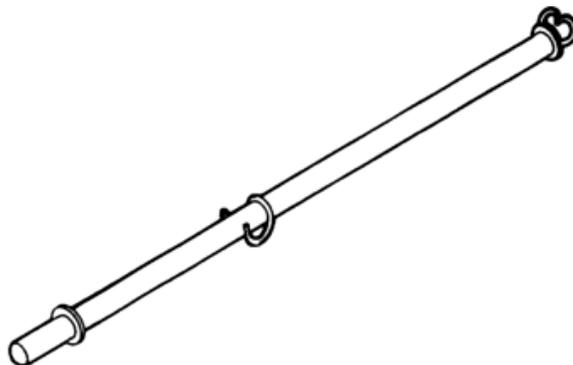


Fuente: Ejército de EE.UU. *Manual TM 5-277 Bailey bridge*. p. 295.

1.5.1.21. **Poste de pasarela**

Tiene una longitud de 1,2 metros y un peso de 10 libras. Se coloca en el extremo exterior del soporte de pasarela. Sirve para colocar cables de protección en la parte superior y media del mismo.

Figura 24. **Poste de pasarela**



Fuente: Ejército de EE.UU. *Manual TM 5-277 Bailey bridge*. p. 295.

2. DISEÑO POR CARGA DE PUENTES BAILEY

2.1. Criterios de diseño

Para la selección del tipo de puente a utilizar se debe considerar que aunque regularmente es para cubrir una emergencia, se debe diseñar a mediano o largo plazo, lo que depende principalmente de tres factores:

- Longitud
- Peso, magnitud y características especiales de la carga a soportar
- Tiempo a utilizar el puente

2.1.1. Longitud

Es la distancia que se desea cubrir que se determina al medir el accidente u obstáculo a cruzar, más una distancia de seguridad adicional para la colocación de los soportes del puente (rodillos oscilantes y postes finales), la distancia total se debe expresar en pies y aproximarse al múltiplo de 10 superior.

2.1.2. Peso, magnitud y tipo de carga

Se pueden conocer las características de los vehículos que van a utilizar el puente, o bien se puede estimar para un tráfico mixto, en este caso se determina una carga máxima que sea razonable y económica, utilizando como base las especificaciones de la AASHTO.

Se debe rotular para limitar el tipo de carga que puede soportar el puente y algunas características como el ancho máximo de los vehículos.

2.1.3. Tiempo a utilizar el puente

Permite decidir el tipo de rodadura que tendrá el puente, es decir tablero de madera para emergencias a corto plazo, o bien utilizando emparrillado con capa asfáltica para puentes a utilizarse a largo plazo.

2.2. Cálculo de la longitud

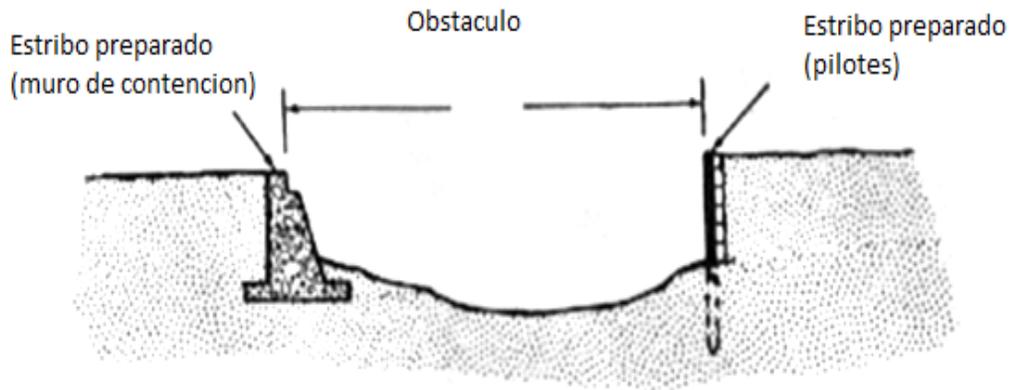
La determinación de la luz del obstáculo depende de las condiciones de los estribos existentes, los cuales pueden ser preparados o no preparados, para cada caso existen fórmulas con los criterios de seguridad a considerar, además se debe realizar la medición en campo con aparatos de topografía.

2.2.1. Estribos preparados

Se consideran estribos preparados cuando pueden ser utilizados para colocar las bases del puente, sin que exista riesgo de que estos fallen. Pueden ser de concreto, mampostería, columnas, pilotes (de concreto, acero o madera), la luz del obstáculo (en pies) será la distancia existente entre las 2 caras internas de los estribos.

Puede denominarse los estribos como de salida y de llegada, según cual sea el punto donde se construya la nariz de lanzamiento del puente Bailey.

Figura 25. **Estribo preparado**

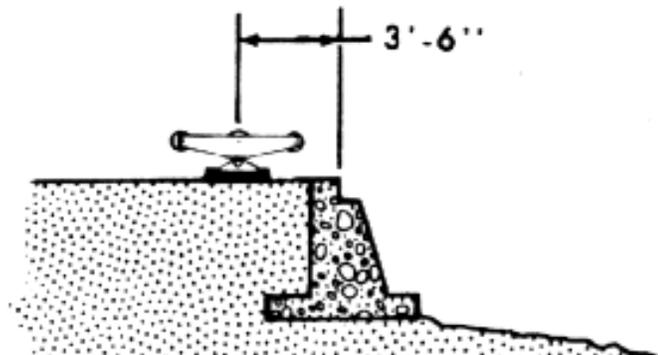


Fuente: Ejército de EE.UU. *Manual TM 5-277 Bailey bridge*. p. 295.

2.2.1.1. **Distancia de seguridad**

En un estribo preparado la distancia mínima para la colocación de los rodillos oscilantes será de 3'-6", medidos desde el centro del estribo hacia atrás, en el estribo de salida y en el de llegada.

Figura 26. **Distancia de seguridad estribo preparado**



Fuente: Ejército de EE.UU. *Manual TM 5-277 Bailey bridge*. p. 295.

- Cálculo de longitud con estribos preparados

Como se indicó anteriormente, se debe calcular o medir la longitud del obstáculo, además de considerar los criterios de seguridad y características de las piezas a instalar, siendo los siguientes datos y cálculos:

Datos:

Longitud del obstáculo: 56'

Distancia de seguridad de los rodillos: 3' 6"

Distancia entre soportes de rodillo y postes finales: 2' 6"

Cálculo:

$$L = 56' + (3,5' + 3,5') + (2,5' + 2,5') = 68'$$

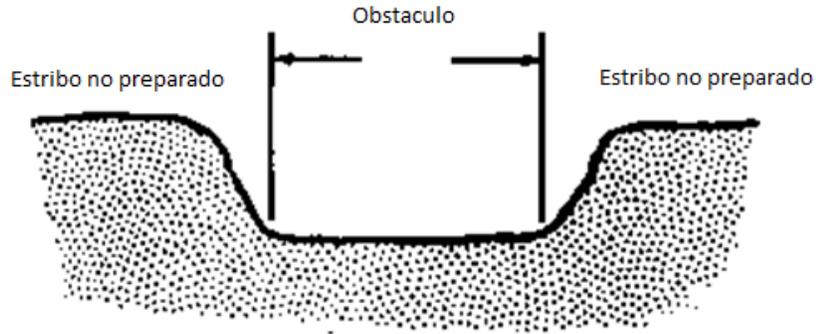
$$L = 68' \text{ se aproxima al múltiplo de 10 superior} = 70'$$

2.2.2. Estribos no preparados

Se consideran estribos no preparados aquellos que tienen posibilidades de fallar al ser utilizados para la colocación de las bases del puente, pueden ser de terreno natural, estribos demolidos o dañados, o estribos construidos de materiales que ofrecen poca o ninguna resistencia a la carga a que serán sometidos.

En un estribo no preparado la distancia de seguridad deberá ser calculada, ya que si los rodillos oscilantes son colocados muy cerca de la orilla del obstáculo, el terreno puede fallar durante el lanzamiento del puente.

Figura 27. **Estribo no preparado**

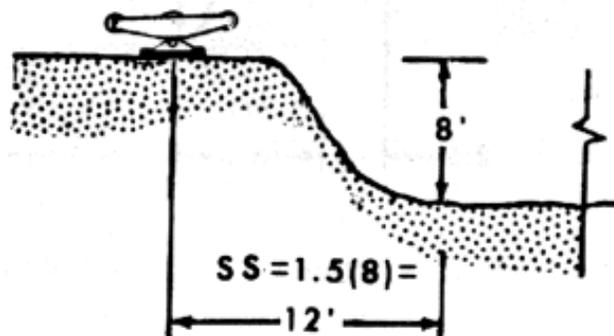


Fuente: Ejército de EE.UU. *Manual TM 5-277 Bailey bridge*. p. 295.

2.2.2.1. **Distancia de seguridad**

La distancia de seguridad para un estribo no preparado se determina multiplicando la constante 1,5 por la altura total del obstáculo, la altura del obstáculo se mide de la base del talud hasta el nivel superior del terreno del estribo.

Figura 28. **Distancia de seguridad estribo no preparado**



Fuente: Ejército de EE.UU. *Manual TM 5-277 Bailey bridge*. p. 295.

- Cálculo de longitud con estribos no preparados

Inicialmente se debe calcular o medir la longitud del obstáculo, además de medir la altura del talud que presente inseguridad y considerar el espacio de las piezas que sirve para instalar el puente, en el ejemplo se tienen los siguientes datos y cálculos:

Datos:

Longitud del obstáculo: 57'

Altura del obstáculo de la orilla cercana: 9'

Altura del obstáculo de la orilla lejana: 12'

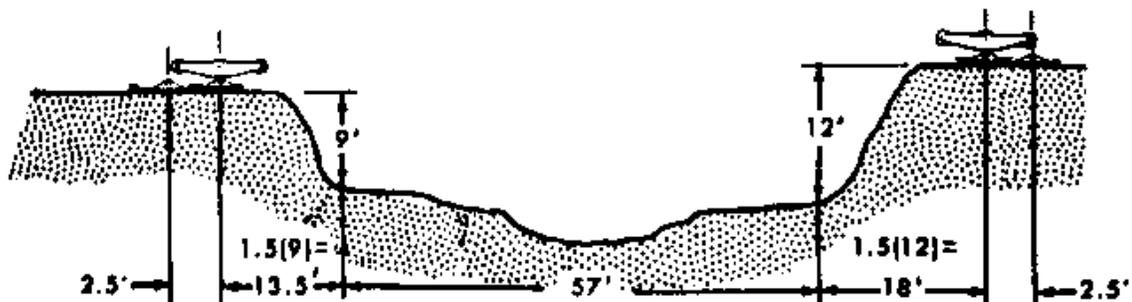
Distancia entre soportes de rodillo y postes finales: 5"

Cálculo:

$$L = 57' + (1,5 \times 9') + (1,5 \times 12') + (2,5' + 2,5') = 93,5'$$

$$L = 93,5 \text{ se aproxima al múltiplo superior de } 10 = 100'$$

Figura 29. Cálculo de longitud de estribos no preparados



Fuente: Ejército de EE.UU. *Manual TM 5-277 Bailey bridge*. p. 295.

2.3. Tipos de carga

Las normas de la Standard specifications for highway bridges de la AASHTO, requieren que los puentes sean diseñados para soportar los siguientes tipos de carga:

- Carga viva
- Carga muerta
- Impacto

2.4. Carga viva

Es el peso de los vehículos que transitan sobre el puente y que será aplicado a la estructura. La carga viva puede variar desde vehículos livianos hasta la que producen camiones y remolques de servicio pesado. Los diferentes códigos han establecido vehículos uniformes para ser utilizados en el diseño de puentes y carreteras, fijando límites al peso total, a la carga por eje y a las dimensiones de los vehículos incluyendo su carga.

Existen cargas extraordinarias que son mayores a las fijadas en límites legales y que pueden circular bajo permiso especial que se tramita en el Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda (CIV), luego de verificar los efectos que producen sobre las estructuras y en algunos casos utilizando piezas de puentes Bailey para reforzarlos.

Para definir un vehículo es necesario conocer las características que se detallan a continuación.

2.4.1. Carga total

Es la suma del peso propio del camión y la carga o materiales que transporta; es el valor que se utiliza para calcular el momento máximo en toneladas – pies, y corte máximo en toneladas.

2.4.2. Número de ejes

Es la cantidad de ejes que posee un vehículo. Permite visualizar la forma en que se distribuye la carga, ya sea 2 o 3 ejes, que es la cantidad típica que poseen los camiones.

2.4.3. Espaciamiento entre ejes

Es la distancia entre los ejes del vehículo y sirve para analizar como se distribuyen los esfuerzos; si es mayor a 4 pies es importante verificar la cantidad de traveseros a colocar por célula, para soportar la carga axial máxima.

2.4.4. Carga por eje

Es necesario para el cálculo del esfuerzo cortante y el momento máximo, debe considerarse que la carga viva axial simple máxima que soporta el travesero es de 20 toneladas.

Cualquier otro caso crítico por el peso o los ejes se debe verificar. Cuando se desea poner piso de asfalto se colocan 3 traveseros por célula.

2.4.5. Máxima carga por rueda

Permite decidir el tipo de tablero a utilizar, el cual depende del tiempo y tipo de uso que vaya tener el puente, lo que afecta el peso de la estructura y la resistencia de la misma, los 2 tipos de tablero que existen son:

- El tablero de madera Bailey está proyectado para una carga máxima por rueda de 6 toneladas.
- El tablero de acero Bailey esta proyectado para una carga máxima por rueda de 11,25 toneladas.

2.4.6. Ancho y altura del vehículo

Las características de ancho y alto de vehículos especiales dan un criterio para determinar el tipo de ancho a utilizar. Cada ancho posee tablas específicas de momento y corte permisibles, la medida y designación de anchos son los siguientes:

- Standard Bailey (10'9" ancho de rodadura).
- Bailey Standard ensanchado (12' 6" ancho de rodadura).
- Bailey extra ancho (13'9" ancho de rodadura).

La altura limita en el caso de instalar un puente tipo Triple-Triple (TT) o Doble-Triple (DT), ya que en esta construcción se necesita enlazar cordones superiores para el arriostramiento superior. La altura en este caso se restringe a 14 pies y 6 pulgadas.

Figura 30. **Ancho y altura de puentes**



Fuente. www.mabeybridge.com. Consulta: 9 de octubre de 2013.

2.5. Cargas utilizadas para diseño

En Guatemala son utilizadas las cargas establecidas por la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), que establecen 2 tipos de carga:

- Carga H
- Carga HS

2.5.1. Carga H

Consiste en un camión de 2 ejes, se nombra como H seguido de un número que indica el peso total del camión en toneladas, al que sigue otro número que indica el año en que se creó la especificación. Este tipo de camión se utilizará en puentes de caminos en fincas o lugares donde van a pasar solamente vehículos livianos. Ejemplo:

- H 20 – 44

Esto indica que es un camión de 2 ejes, con un peso total de 20 toneladas y de acuerdo a la especificación de la AASHTO de 1944.

2.5.2. Carga HS

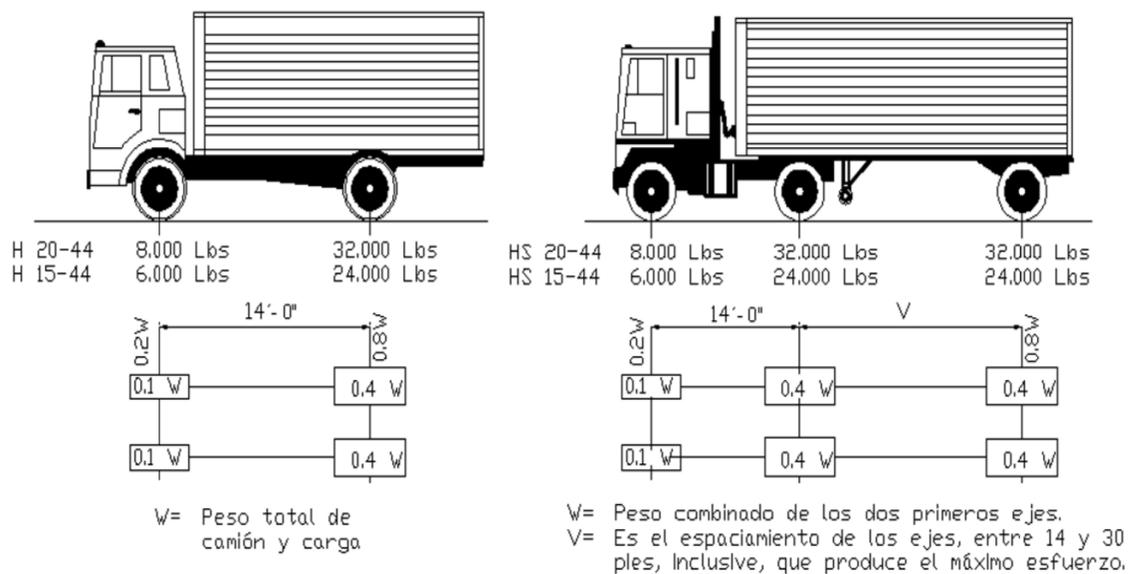
Consiste en un camión cabezal con remolque, se nombra como HS seguido de un número que indica el peso total del camión en toneladas, al que sigue otro número que indica el año en que se creó la especificación.

En Guatemala los vehículos que transitan en las distintas carreteras están especificados por este tipo de carga, aunque también existen otras denominaciones que se indican en el manual de carreteras del SIECA.

En el diseño de puentes se debe tomar en cuenta para este tipo de carga, por ser el camión más pesado especificado por la AASHTO. La distancia entre el eje posterior del cabezal y el eje del semirremolque, varía entre 14 y 30 pies, debiéndose utilizar el espaciamiento que produzca esfuerzos máximos.

- Ejemplo:
HS 20 – 44
Esto indica que es un camión de 3 ejes, con un peso total de 20 toneladas y de acuerdo a la especificación de la AASHTO de 1944.

Figura 31. Carga H y HS 20 - 44



Fuente: especificaciones AASHTO.

2.6. Impacto

Es un factor de incremento que se aplica a las cargas vivas que va soportar el puente, debido a esfuerzos adicionales que son producidos a la estructura por lo siguiente:

- Vibraciones ocasionadas por la velocidad de la carga
- Brinco de ruedas

- Efecto de aceleración y frenado
- Cargas dinámicas

2.6.1. Cálculo de factor de impacto

En Guatemala se calcula bajo las normas de la AASHTO, por medio de la siguiente fórmula:

- Fórmula de impacto:
 $I = 50 / L + 125$ (sistema inglés)
Donde I = impacto
L = luz del puente (centro a centro de los soportes en pies)

Algunas de las recomendaciones para el factor de impacto para casos especiales, son las siguientes:

- No debe ser mayor del 30 % de la carga viva
- Utilizar factor del 25 % en tráfico normal de ruedas de goma
- Utilizar factor del 10 % en caso de grúas y maquinaria con oruga

2.7. Carga muerta

Se calcula para determinar el efecto producido por el propio peso de la estructura. En el caso de puentes de emergencia o modulares se facilita debido a que se conoce el peso de cada una de las piezas que conforman células (tramos de 10 pies).

En la tabla XXIII, dentro de los anexos, se tabularon los pesos por tramos de 10 pies de los tipos de construcción de puente más comunes, en algunos casos se dan valores separadamente del tipo de parrilla para que puedan ser utilizados de acuerdo a cada caso particular.

2.7.1. Deflexión

La deflexión es la flecha o deformación que sufre la estructura por el peso propio de la estructura y la deformación producida por la carga, en este caso por ser puentes modulares se utilizan uniones por medio de bulones, por lo que la deformación de la estructura es normal.

- Deflexión por holgura de los agujeros

En el caso de puentes Bailey se puede determinar la deflexión máxima en el centro del puente, aunque es un dato aproximado, debido al desgaste que se produce entre los agujeros del panel y el bulón de panel.

- Deflexión elástica por carga

Se tiene demostrado que el puente Bailey se comporta casi como una placa rígida, por lo tanto se pueden utilizar fórmulas de deflexión elástica, que se deduce de una viga simplemente apoyada.

2.8. Momento de flexión

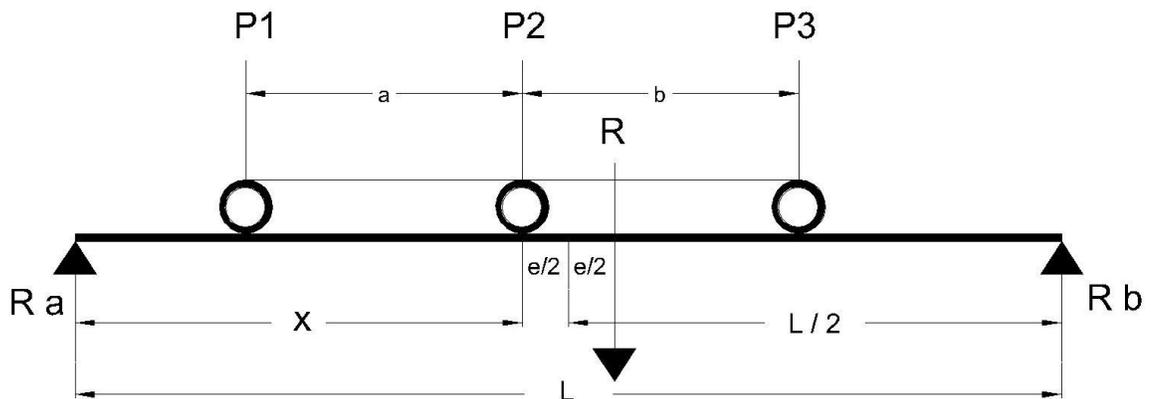
Como se indicó anteriormente el puente Bailey se comporta como una viga simplemente apoyada, cuando un camión o vehículos circulan sobre el mismo se forma el denominado tren de carga, Cuando es una carga uniforme

por carril más una carga concentrada aplicada, se denomina carga pista y lo que interesa es el cálculo del momento tipo camión HS 20-44, como se indica a continuación.

2.8.1. Momento para carga tipo camión HS 20-44

En este caso se saben los valores de las cargas y las distancias críticas a las que se encuentran los ejes, tomando como base el caso crítico determinado por la AASHTO.

Figura 32. Momento para carga HS 20 - 44



Fuente: elaboración propia.

Donde:

$$R = p1 + p2 + p3$$

$$M = \frac{R(L - e)^2}{4L} - p1(a)$$

2.9. Esfuerzo cortante

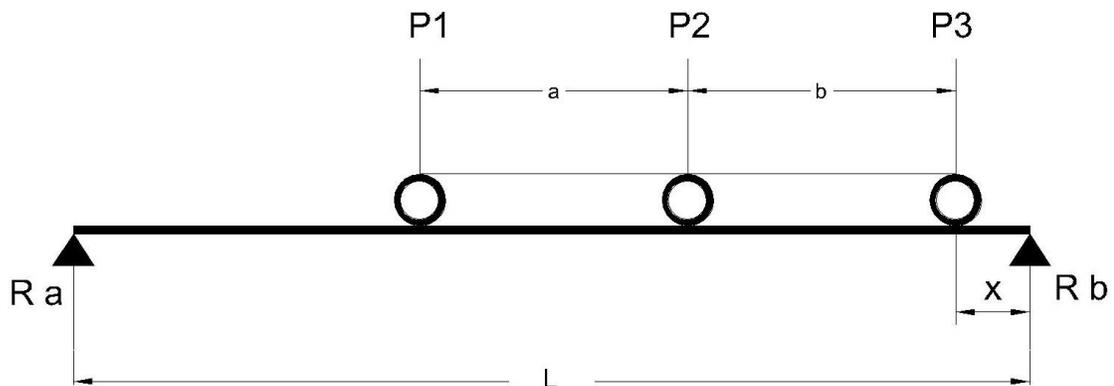
La ecuación de diagrama de corte respecto al eje de atrás, cuando este abandona el apoyo de la entrada del puente puede determinarse considerando que se comporta como una viga simplemente apoyada.

Se analiza hasta la mitad, pues el corte máximo es simétrico en ambos lados, el corte es máximo cuando la distancia x es mínima.

2.9.1. Esfuerzo para carga tipo camión HS 20-44

Se determina el esfuerzo para la carga crítica, en la tabla VII de los anexos se encuentra el cálculo con la carga viva HS 20-44 para distintas longitudes, se debe incluir el factor de impacto.

Figura 33. Esfuerzo para carga HS 20 – 44



Fuente: elaboración propia.

Donde:

$$V = p_3 (l) + p_2 (l - a) + p_1 (l - a - b)$$

2.10. Ejemplo de cálculo

Como se explicó anteriormente para realizar el cálculo de un puente Bailey se debe tener los datos de longitud, tipo de carga, ancho y tiempo a utilizar.

Todo esto se puede determinar o asumir de acuerdo a la experiencia del encargado o la institución responsable de dar solución al problema vial determinado.

2.10.1. Descripción del problema

Se necesita instalar un puente Bailey de 80 pies de largo, para una carga viva tipo HS 20-44, se solicita que sea un puente ensanchado y se utilizará de forma provisional por una emergencia ocurrida en el lugar.

2.10.2. Criterio de solución

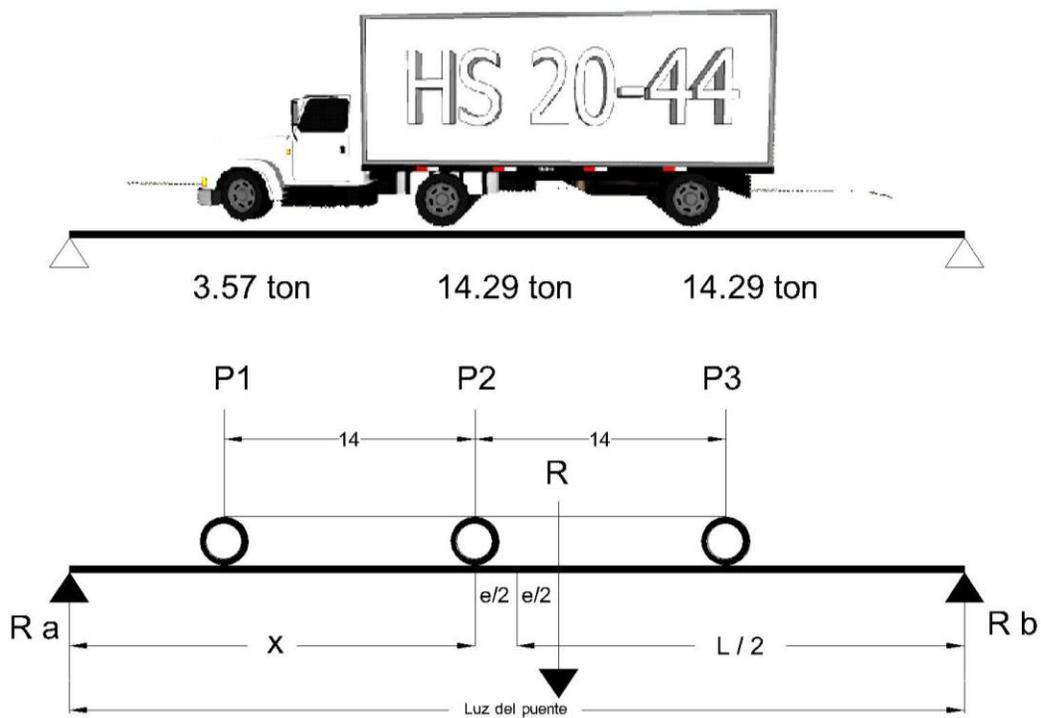
Considerando la carga viva HS 20-44, que es la máxima considerada por la AASHTO, para una longitud de 80 pies, se calcula el momento flector y esfuerzo cortante incluyendo impacto.

Se debe verificar las restricciones de ancho y tipo de piso, en este caso se restringe el ancho, por lo que se debe instalar un puente Bailey *standard* ensanchado. Por ser de emergencia y tipo provisional, se utilizará una plataforma de madera.

2.10.3. Cálculo de momento

Tomando la fórmula para cálculo de momento máximo para carga viva HS 20-44, que es la máxima considerada por la AASHTO, se muestran en la figura 34 los valores siguientes:

Figura 34. Ejemplo de momento para carga HS 20 – 44



Fuente: elaboración propia.

Sustituyendo datos:

$$R = p_1 + p_2 + p_3$$

$$R = 14,29 + 14,29 + 3,57 = 32,15 \text{ toneladas}$$

$$M = \frac{R (L - e)^2}{4 L} - p_1 (a)$$

$$M = \frac{32,15 (80 - 4,67)^2}{4 (80)} - 3,57 (14) = 520 \text{ tonelada - pie}$$

Cálculo del factor de impacto (I)

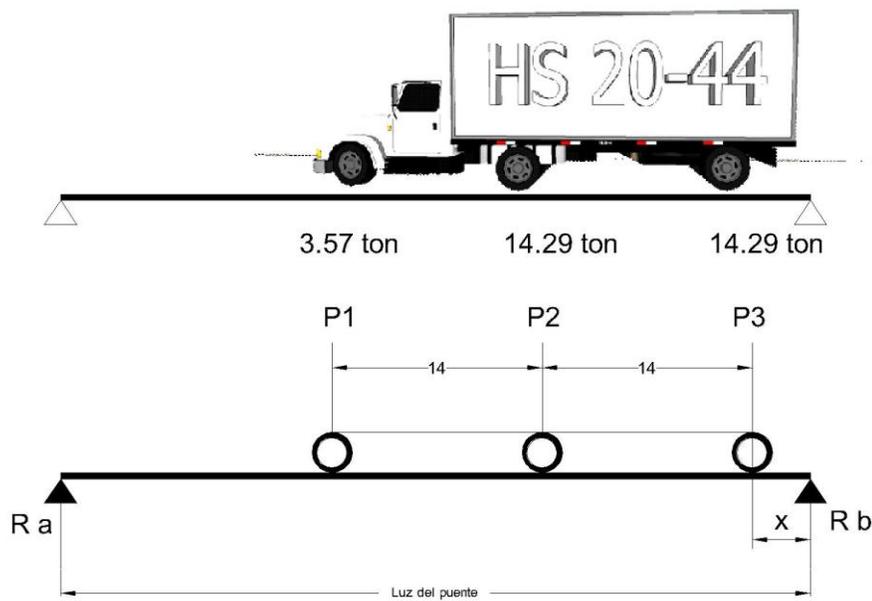
$$I = 50 / (L + 125) = 50 / (80 + 125) = 0,24$$

Momento máximo = 520 + 520 (0,24) = 646 tonelada – pie

2.10.4. Cálculo de corte máximo

Tomando la fórmula para cálculo de corte máximo para carga viva HS 20-44, que es la máxima considerada por las normas de la AASHTO, se tiene lo siguiente:

Figura 35. Ejemplo de esfuerzo para carga HS 20 – 44



Fuente: elaboración propia.

Sustituyendo valores

$$V = p_3 (L) + p_2 (L - a) + p_1 (L - a - b)$$

$$V = 14,29 (80) + 14,29 (80 - 14) + 3,57 (80 - 14 - 14) = 28,40 \text{ toneladas}$$

Corte máximo incluyendo impacto

$$V_{\max} = v + I (v) = 28,40 + 0,24 (28,40) = 35,22 \text{ toneladas}$$

2.10.5. Resumen de cálculos y conclusión

Luego de realizar los cálculos o bien considerar la carga máxima (carga HS 20-44) se pueden tomar los valores de corte y momento para distintas longitudes, que se encuentran calculadas en las tablas VI y VII de los anexos respectivamente.

- Momento máximo = 646 toneladas – pie
- Esfuerzo máximo = 36 toneladas

En las tablas del XVIII al XIX de los anexos, están calculados los momentos flectores máximos producidos por carga viva que soportan las diferentes estructuras de puentes Bailey, con distintos tipos de tablero y tres tipos de anchos.

Se verifica la tabla respectiva, en este caso las tablas XII y XIII (puente Bailey ensanchado con piso de madera) de los anexos, se visualiza el largo deseado (80 pies), verificando algunas construcciones que cumplan momento y esfuerzo, entre los cuales se tienen los siguientes:

- Doble Simple (DS) capacidad de $M = 520 \text{ ton} - \text{pie}$ y $V = 44 \text{ ton}$
- Triple Simple (TS) capacidad de $M = 888 \text{ ton} - \text{pie}$ y $V = 62 \text{ ton}$

- Doble Doble (DD) capacidad de $M = 1360 \text{ ton} - \text{pie}$ y $V = 80 \text{ ton}$

Por lo tanto se escoge la construcción del puente Triple Simple (TS), pues cumple los requerimientos de momento y corte calculados, utilizando menos recursos.

Luego se realiza el cálculo de la configuración del morro o nariz de lanzamiento en la tabla XX de los anexos, para un puente tipo Bailey de 80 pies, con plataforma de madera y con 2 traveseros por célula.

- Longitud del morro (5 células)
- Tipo de construcción (5 SS)

El cálculo de piezas a utilizar se encuentra en la tabla XXII de los anexos, el procedimiento de lanzamiento y construcción se encuentra detallado a continuación en el capítulo 3.

3. PROCEDIMIENTO DE INSTALACIÓN DE PUENTES BAILEY

3.1. Reconocimiento y requerimientos del sitio

Al seleccionar el lugar donde se va a construir el puente, se debe hacer un reconocimiento para determinar el punto específico, en el cual resulte más ventajoso y económico el empleo del personal, el equipo y el tiempo de construcción disponibles.

Será conveniente que el sitio donde será instalado el puente, satisfaga estos requerimientos:

- Debe haber una carretera con suficiente espacio, sobre la cual el equipo para la construcción del puente pueda ser transportado hasta el sitio del puente.
- Aproximaciones o estribos que requieran poca preparación.
- Carreteras de acceso en ambos extremos del puente que conecten con una red principal de carreteras.
- Riberas firmes y estables, además el nivel a unir debe ser similar.
- Se debe adjuntar al informe croquis, fotografías, videos, entre otros.

3.1.1. Determinar la longitud del obstáculo

Inicialmente se debe determinar la luz del obstáculo donde se colocará el puente, con base en el tipo de estribo y su capacidad de soporte, además criterios de seguridad para la colocación de apoyos, ver detalles en el tema de cálculo de longitud en el capítulo de diseño de puentes de emergencia.

3.1.2. Determinar el tipo de puente a instalar

La clase será determinada por el peso máximo de los vehículos, con su respectiva carga que transitará sobre el puente, los cuales pueden ser de llantas o de oruga.

La clase puede ser mayor de la requerida pero nunca menor, sirve para el cálculo del momento y corte que produce dicha carga.

3.1.3. Determinar el tipo de emparrillado

El emparrillado se utiliza cuando se necesita aumentar la capacidad de soporte del terreno, donde se asientan los rodillos oscilantes y los postes finales (placa base), para evitar que este falle y se pueda producir un hundimiento ya sea durante el lanzamiento del puente o bien cuando ya se encuentre instalado.

También se puede utilizar para nivelar los rodillos oscilantes y los apoyos del puente, cuando las orillas tengan diferente altura.

3.1.4. Determinar la cantidad de piezas a utilizar

Después de haber determinado la longitud, clase y tipo del puente a instalarse, se debe calcular la cantidad y tipo de piezas necesarias para la nariz de lanzamiento y para el puente.

La cantidad de piezas para el puente y nariz de lanzamiento, se indican en la tabla XXII de los anexos.

3.2. Replanteo previo al lanzamiento

El replanteo se efectúa en el sitio que se ha seleccionado para la colocación del puente Bailey, previo al inicio de su construcción. Tiene por objeto la marcación en el terreno de la línea central del puente, la ubicación de los rodillos que se utilizarán en el lanzamiento y la ubicación de los postes finales con sus respectivas placas base.

Figura 36. **Lanzamiento de puente de emergencia tipo delta**



Fuente. www.mabeybridge.com. Consulta: 9 de octubre de 2013.

3.2.1. Personal y equipo

El grupo de replanteo está integrado por el ingeniero o encargado, topógrafo, 3 cadeneros y 5 ayudantes, el equipo básico para realizar el replanteo y construcción inicial es el siguiente:

- Teodolito, nivel, cinta métrica, plomada, estacas, alambre o pita.
- Palas, piochas, barretas, serrucho, martillo, cinta métrica y nivel.

3.2.2. Práctica del replanteo

El replanteo es el proceso que se lleva a cabo antes de la construcción del puente consiste en medir, nivelar y ubicar las piezas que se utilizarán durante la construcción, siguiendo los pasos siguientes:

- Estirar un alambre a través del obstáculo, marcarlo cada 10 pies y determinar la distancia a la que pueden colocarse los rodillos en las 2 orillas.
- Determinar la longitud final del puente, debe ser por lo menos 7 pies más largo que la distancia entre rodillos.
- Extender la línea central en la longitud estimada de la nariz más cola del puente y marcar la posición de todos los rodillos y placas bases.
- Usar el nivel para hacer un perfil en la línea central del puente, en la orilla de lanzamiento y en la longitud total requerida para construir la cola.
- Calcular la altura del emparrillado o profundidad de la excavación necesaria para los rodillos. Los rodillos de lanzamiento, recibidores y de construcción, deben estar al mismo nivel, excepto los rodillos sencillos temporales, que van 2 pulgadas bajo el nivel de los otros.

- De acuerdo con la capacidad de soporte del suelo, colocar el emparrillado convenientemente; si es un suelo de baja resistencia, el emparrillado debe ser más grande y viceversa.
- Determinar la ubicación para las pilas del equipo en ambos lados a lo largo de la línea central.
- Comenzar la construcción del puente.

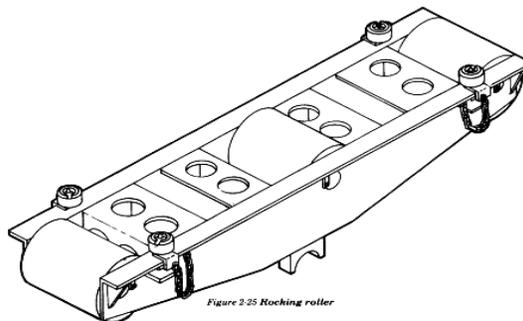
3.3. Equipo para lanzamiento del puente Bailey

Además de las piezas de la estructura del puente, también existen piezas y equipo que se utiliza como base para el lanzamiento de dicha estructura, siendo los más importantes los que se describen a continuación:

3.3.1. Rodillo oscilante

Consiste en 3 rodillos en un brozo balanceado que va sobre los soportes. Distribuyen el peso del puente durante su botadura y pesan 205,99 libras. Cada rodillo oscilante puede resistir un peso de 30 toneladas.

Figura 37. **Rodillo oscilante**

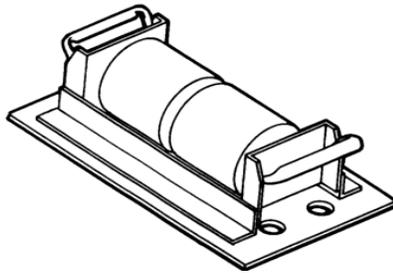


Fuente: Ejército de EE.UU. *Manual TM 5-277 Bailey bridge*. p. 295.

3.3.2. Rodillo sencillo

Son de 2 pies de ancho y pesan 115,61 libras. Se usan para rodar el puente durante su construcción y lanzamiento. Cada rodillo puede soportar un peso de 10 toneladas.

Figura 38. Rodillo sencillo

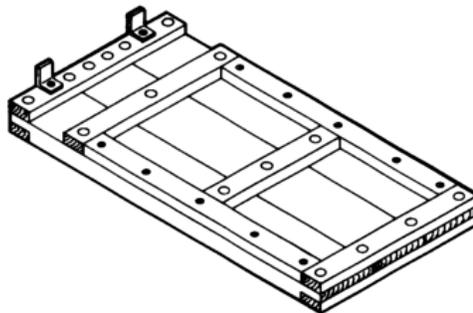


Fuente: Ejército de EE.UU. *Manual TM 5-277 Bailey bridge*. p. 295.

3.3.3. Plantilla de rodillo oscilante

Es la base que se utiliza para colocar los rodillos oscilantes, su función es distribuir en un área mayor el peso que soportan los mismos, tiene un peso de 75,49 libras.

Figura 39. Plantilla de rodillo oscilante

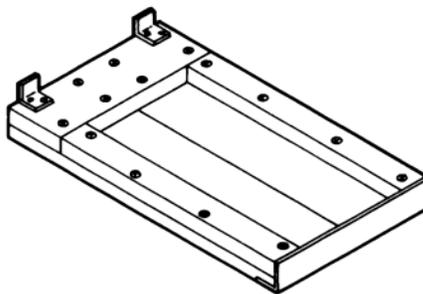


Fuente: Ejército de EE.UU. *Manual TM 5-277 Bailey bridge*. p. 295.

3.3.4. Plantilla de rodillo sencillo

Es la base que se utiliza para colocar los rodillos sencillos, su función es distribuir en el peso de la estructura provisionalmente, mientras se realiza el lanzamiento del puente, pesa 21,82 libras.

Figura 40. **Plantilla de rodillo sencillo**

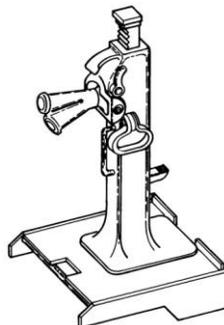


Fuente: Ejército de EE.UU. *Manual TM 5-277 Bailey bridge*. p. 295.

3.3.5. Gato (*tricket*)

Tiene una capacidad de 15 toneladas y levanta hasta 38 centímetros, su peso es de 111,99 libras, la base de apoyo del gato, tiene una altura de 10 centímetros y pesa 35,27 libras.

Figura 41. **Gato (*tricket*)**

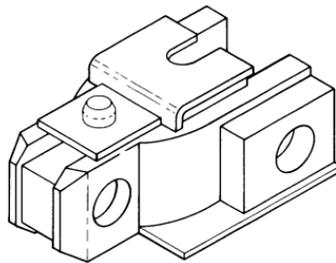


Fuente: Ejército de EE.UU. *Manual TM 5-277 Bailey bridge*. p. 295.

3.3.6. Eslabón de lanzamiento

Tiene un largo de 25 centímetros y 17 centímetros de ancho y pesa 11,90 libras, se usa para compensar la caída del puente. Levanta 33 centímetros por cada tramo que se añade al frente en la nariz de lanzamiento.

Figura 42. Eslabón de lanzamiento

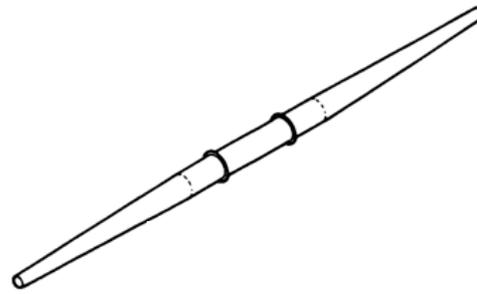


Fuente: Ejército de EE.UU. *Manual TM 5-277 Bailey bridge*. p. 295.

3.3.7. Barra de carga

Son barras metálicas que se utilizan atravesando los paneles y travesaños y se apoyan sobre los brazos, lo utilizan para el acarreo de los mismos durante la instalación del puente. Tiene un largo de 105 centímetros y pesa 7,94 libras.

Figura 43. Barra de carga

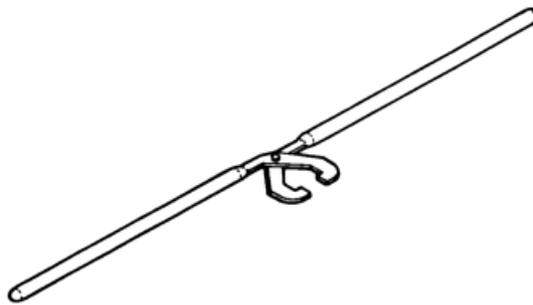


Fuente: Ejército de EE.UU. *Manual TM 5-277 Bailey bridge*. p. 295.

3.3.8. Tijera de carga

Se utiliza para cargar travesaños, largueros y rampas, el uso es similar a la barra de carga. Permite que el grupo de trabajo de 6 personas, sea más ágil y cuidadoso en el acarreo de las piezas.

Figura 44. Tijera de carga

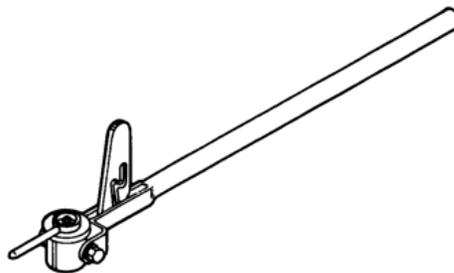


Fuente: Ejército de EE.UU. *Manual TM 5-277 Bailey bridge*. p. 295.

3.3.9. Extractor de pasadores

Se usa como ayuda para desarmar el puente. Para utilizarlo, se saca a golpe ligeramente el pasador hasta que la cabeza sobresalga en el panel y el extractor pueda agarrarlo y sacarlo de su alojamiento haciendo palanca.

Figura 45. Extractor de pasadores



Fuente: Ejército de EE.UU. *Manual TM 5-277 Bailey bridge*. p. 295.

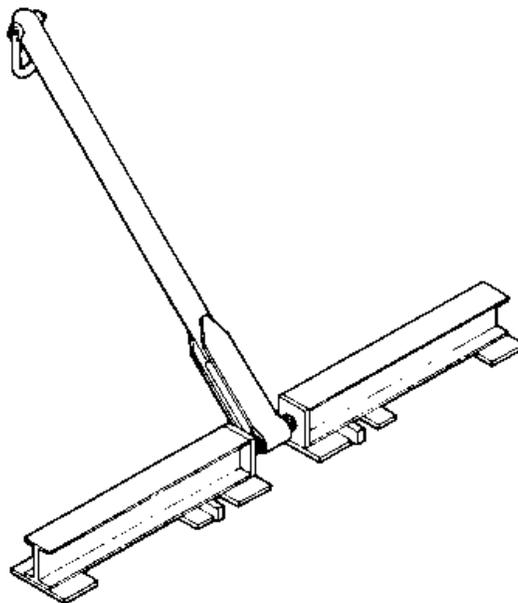
3.3.10. Gato para el montaje de paneles

Consiste de 2 viguetas de forma doble T que se acomodan sobre el cordón superior de 2 paneles que se quieren unir. Se ajustan mediante pernos soldados a la vigueta que atraviesan el panel y se aseguran con tuerca, además tiene una placa al extremo que lo mantiene en su posición correcta.

Entre las 2 viguetas se coloca la palanca en cuyo extremo existe un gato hidráulico que produce empuje hacia los 2 lados simultáneamente al mover la palanca de arriba hacia abajo.

Cuando se está poniendo una segunda o tercera armadura del puente ya lanzado, el trabajo debe comenzarse en el centro y continuar hacia los extremos.

Figura 46. Gato para montaje de paneles



Fuente: Ejército de EE.UU. *Manual TM 5-277 Bailey bridge*. p. 295.

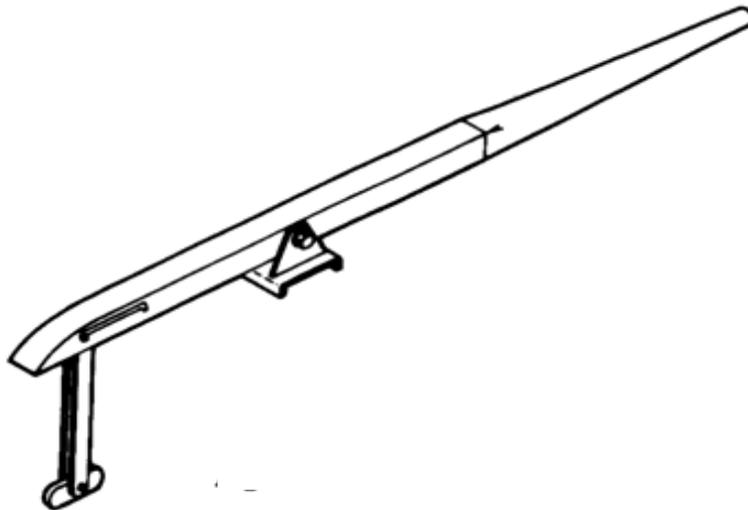
3.3.11. Levantador de paneles

Se usa para colocar una segunda o tercera fila de paneles hacia fuera del eje del puente construido, para reforzar el mismo. Consiste de una barra de madera de 2,32 metros de largo con un peso de 48,06 libras.

Cerca del centro se encuentra una placa de apoyo unida a la barra con un eje, y al extremo un brazo corto con pasador para asegurar el panel al momento de levantarlo.

La placa de apoyo se coloca siempre sobre la primera fila interior de paneles. Para colocar un panel se requieren 2 levantadores de panel, manejados cada uno por 2 hombres.

Figura 47. Levantador de paneles

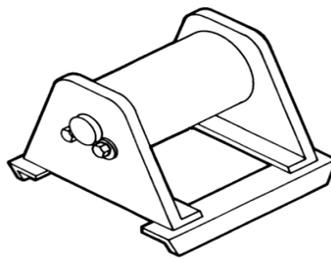


Fuente: Ejército de EE.UU. *Manual TM 5-277 Bailey bridge*. p. 295.

3.3.12. Rodillo de travesaño

Esta pieza va colocada sobre la parte baja de los paneles y sirve para facilitar el deslizamiento de los travesaños durante la construcción del puente, debido a la posición y peso de los travesaños.

Figura 48. Rodillo de travesaño

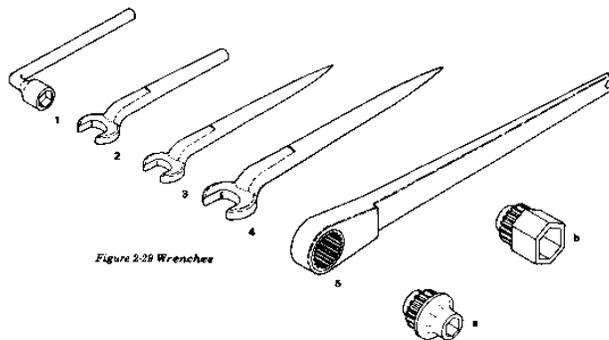


Fuente: Ejército de EE.UU. *Manual TM 5-277 Bailey bridge*. p. 295.

3.3.13. Juego de herramientas

Consisten en llaves de diferentes medidas que se utilizan para la colocación de los distintos tipos de tornillos, que se utilizan en la construcción del puente.

Figura 49. Juego de herramientas



Fuente: Ejército de EE.UU. *Manual TM 5-277 Bailey bridge*. p. 295.

Tabla III. **Uso de herramientas**

No.	Tipo de herramienta	Uso en puentes Bailey
1	Llave de copa de $\frac{3}{4}$ "	Tornillos para marco de refuerzo
2	Llave de cola de $\frac{3}{4}$ "	Tornillos para marco de refuerzo y guardabandas
3	Llave de cola de 1"	Varillas tensoras
4	Llave de cola de 1 $\frac{1}{4}$ "	Pasadores de tornillo
5	Ratch reversible con adaptadores de 1 $\frac{1}{4}$ " y $\frac{3}{4}$ "	Pasadores de tornillo y marcos de refuerzo

Fuente: Ejército de EE.UU. *Manual TM 5-277 Bailey bridge*. p. 295.

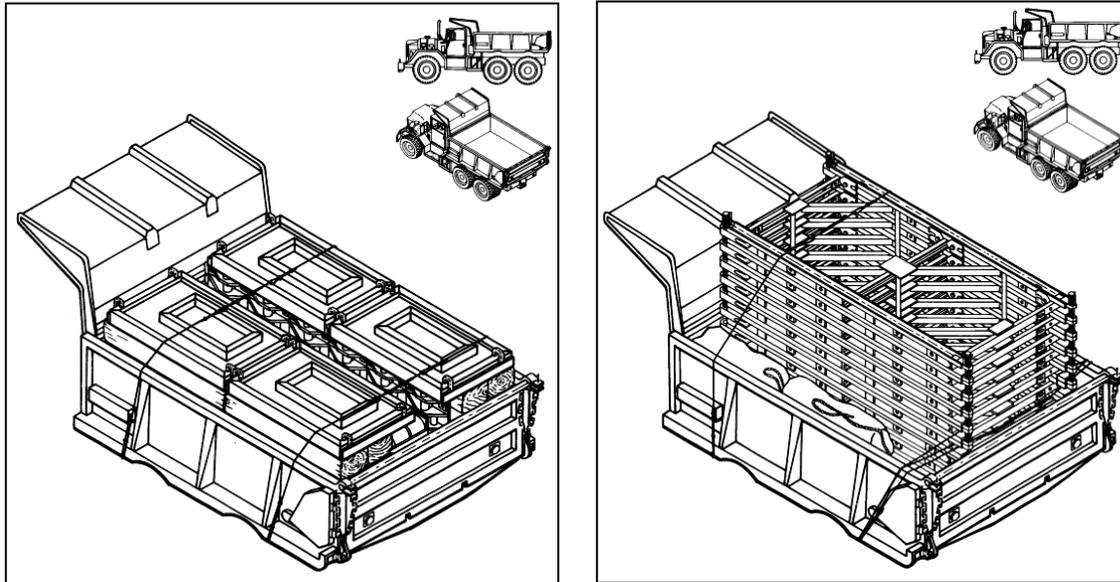
3.4. Transporte

Todos los componentes del puente, nariz de lanzamiento y herramientas son transportadas en camiones de volteo, carretones y plataformas.

En el informe del reconocimiento preliminar se deberá especificar la cantidad y tipo de vehículos, que se planificó utilizar para el transporte de las piezas hacia el sitio de lanzamiento, de acuerdo al tipo de puente que será lanzado. Este dato es indispensable para elaborar la planificación en lo que a transportación se refiere, es muy importante definir los vehículos o ciclo de acarreo, porque en la mayoría de los casos se trata de emergencias.

De acuerdo a la cantidad de piezas y equipo a movilizar, puede establecerse el peso y volumen de las piezas, en la tabla XXIII del anexo, se indica el peso y dimensiones de las diferentes piezas.

Figura 50. Transporte y colocación de piezas



Fuente: Ejército de EE.UU. *Manual TM 5-277 Bailey bridge*. p. 295.

3.5. Organización y deberes del personal

Se propone la organización por medio de grupos o equipos de trabajo, cada equipo cuenta con un encargado especializado, el resto del personal puede ser mano de obra no calificada o residentes del lugar.

- Grupo de paneles
 - Organización
 - 1 encargado de grupo
 - 12 ayudantes cargadores
 - 2 albañiles a cargo de los pernos

- Deberes
 - Cargar paneles y poner los pernos para unir los paneles en la nariz y en el puente.
 - Al terminar de poner los paneles se dividen en dos grupos: uno cruza y desmonta la nariz, el otro carga e instala la rampa de la orilla opuesta.
 - Reformar y terminar de desmontar la nariz.
 - Instalar los postes finales de la orilla opuesta.
 - Bajar el puente usando los gatos en la orilla opuesta.
 - Completar la instalación de la rampa en la orilla opuesta. Terminar de colocar el piso y guarda bandas.

Figura 51. **Grupo de paneles**



Fuente: Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Guatemala.

- Grupo de traveseros
 - Organización
 - 1 encargado de grupo
 - 8 ayudantes para cargar
 - 1 albañil para las abrazaderas de travesaños
 - Deberes
 - Cargar, poner en su sitio y asegurar el travesaño usando abrazaderas.
 - Retirar los rodillos simples en la orilla amiga o cercana.
 - Instalar los postes finales en la orilla cercana.
 - Ayudar al grupo de piso a bajar el puente en la orilla cercana.

- Grupo de arriostramiento
 - Organización
 - 1 encargado de grupo
 - 2 ayudantes a cargo de los puntales
 - 2 ayudantes a cargo de las varillas tensoras
 - 2 ayudantes a cargo de los marcos de refuerzo
 - 4 ayudantes a cargo de los pernos de unir paneles
 - 2 ayudantes a cargo de las placas de unión
 - 6 ayudantes a cargo del arriostramiento superior

- Deberes
 - Obtener, instalar y ajustar lo siguiente:
 - ✓ Puntales
 - ✓ Varillas tensoras
 - ✓ Marcos de refuerzo
 - ✓ Pernos de unir paneles
 - ✓ Placas de unión
 - ✓ Arriostramiento superior
- Grupo de piso
 - Organización
 - 1 encargado de grupo
 - 8 ayudantes a cargo de las vigas
 - 4 ayudantes a cargo de los tablones y guarda ruedas
 - Deberes
 - Ayudar al grupo de paneles a montar la nariz de lanzamiento.
 - Instalar los largueros, tablones de piso y los guarda ruedas.
 - Ayudar al grupo de travesaños a bajar el puente en la orilla cercana.
 - Ayudar al grupo de travesaños a construir la rampa en la orilla cercana.

- Grupo de descarga
 - Organización
 - De 3 a 8 grupos de 8 ayudantes cada uno, dependiendo de la longitud del puente que se va a construir, los mismos forman los grupos anteriormente descritos.
 - Deberes
 - Descargar los vehículos cuando llegan y acondicionar el equipo en su sitio.

Tabla IV. **Grupos de trabajo sugeridos**

Grupo de trabajo	SIMPLE-SIMPLE		DOBLE-SIMPLE		TRIPLE-SIMPLE		DOBLE-DOBLE	
	Encargado	Ayudantes	Encargado	Ayudantes	Encargado	Ayudantes	Encargado	Ayudantes
Paneles	1	14	1	14	2	28	2	32
Traveseros	1	9	1	10	1	10	1	10
Arriostramiento	1	4	1	6	1	8	1	12
Piso	1	12	1	12	1	12	1	12
Descarga	4	32	4	32	5	40	6	48
Total estimado	8	71	8	74	10	98	11	114

Fuente: Ejército de EE.UU. *Manual TM 5-277 Bailey bridge*. p. 295.

Figura 52. **Organización de grupos de trabajo**



Fuente: Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Guatemala.

3.6. Lanzamiento del puente Bailey

Consiste en los procedimientos o metodología que se lleva a cabo para la instalación de la estructura, desde la construcción de la nariz de lanzamiento, los tramos de estructuras y rampas de acceso.

3.6.1. Nariz de lanzamiento del puente

La nariz se construye de acuerdo al tipo de puente y a la luz, en la tabla XX de los anexos se especifica la longitud de la nariz de lanzamiento, el procedimiento de instalación es el siguiente:

- Colocar 2 paneles sobre los rodillos provisionales, asegurando que los extremos de los paneles sean iguales (macho o hembra).

- Colocar un travesaño detrás de los postes verticales delanteros del primer par de paneles, asegurándolos con abrazaderas.
- Colocar los puntales y asegúrelos contra el travesaño y poste de panel mediante pernos de cabeza.
- Colocar el siguiente par de paneles uniéndolos al primer par de paneles con pasadores. Estos pasadores deben de colocarse de adentro hacia fuera, teniendo cuidado que la ranura de la cabeza quede horizontal.
- Colocar el segundo travesaño detrás de los postes verticales delanteros del segundo par de paneles y asegúrelos con abrazaderas e instale los puntales.

Figura 53. **Nariz de lanzamiento de puente Bailey**



Fuente: Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Guatemala.

- Colocar 2 varillas tensoras en el segundo tramo, deben tensarse ligeramente hasta que se monte el siguiente tramo.
- Continuar aumentando paneles con un travesaño cada 10 pies, un par de varillas tensoras en cada tramo y 2 puntales en cada travesaño hasta terminar los tramos de la nariz.

3.6.2. Primer tramo del puente

Después de haber terminado la construcción de la nariz de lanzamiento se inicia la construcción del primer tramo del puente, se debe seguir el procedimiento siguiente:

- Conectar el primer par de paneles de la armadura interior al último tramo de la nariz.
- Colocar el primer travesaño adelante del poste vertical central del panel, asegurarlo ligeramente con abrazaderas.
- Colocar 2 paneles para formar la armadura exterior, si el puente es DS. Asegurar el panel al travesaño con abrazaderas.
- Colocar un segundo travesaño delante de las poses verticales posteriores del panel y un tercer travesaño atrás de los postes verticales anteriores del panel. Las abrazaderas del travesaño deben ajustarse ligeramente hasta colocar el siguiente tramo.
- Instalar los puntales, 2 en el travesaño delantero y 2 en el posterior. En los siguientes tramos colocar únicamente en el travesaño posterior.

- Colocar las varillas tensoras, ajustándolas ligeramente hasta colocar el siguiente tramo. Los torniquetes de las 2 varillas tensoras deben ir siempre hacia el mismo costado.
- Colocar el marco de refuerzo para asegurar los paneles entre sí.
- Las varillas tensoras, abrazaderas de travesaño, marcos de refuerzo y placas de unión deben colocarse ligeramente ajustados, hasta que todas las partes del siguiente tramo excepto largueros y piso estén montados en el siguiente tramo.

3.6.3. Instalación de tramos siguientes

Para facilitar la instalación de los tramos siguientes se debe colocar primero la armadura exterior con los pasadores de panel de adentro hacia fuera y seguir el procedimiento siguiente:

- Colocar los 2 paneles para formar la armadura interior, los pasadores de panel van de adentro hacia fuera.
- Poner un tablón de piso encima del primer travesaño en el primer tramo.
- Colocar los largueros del primer tramo, el extremo anterior apoyado sobre el tablón. Después de haber lanzado el puente y quitado la nariz de lanzamiento, colocar los postes finales y un travesaño; entonces se saca el tablón a fin que los largueros descansen sobre este travesaño final.
- Colocar los paneles para el tercer tramo en el mismo orden que para el segundo tramo.

- Instalar los 2 travesaños en el segundo tramo.
- Ajustar los torniquetes de las varillas tensoras y los pernos de los puntales y marcos de refuerzo del primer tramo.
- Instalar los tablones para piso y guarda ruedas en el primer tramo.
- Colocar los largueros del segundo tramo dejando, el que va sobre los torniquetes de las varillas tensoras de canto para poder tensarlas una vez terminado el siguiente tramo.
- Conforme avanza el trabajo y aumenta la longitud del puente, se va empujando hacia delante lentamente, cuidando que el peso del puente construido sea mayor que el de la nariz, para mantener el equilibrio de la estructura que se encuentra en voladizo.
- Antes de empujar el puente, deben sacarse los piquetes de anclaje que aseguran los paneles en los rodillos de lanzamiento, asimismo, después de haber empujado el puente se vuelven a colocar en su sitio para evitar que el puente se mueva durante el trabajo.

3.6.4. Otro método de lanzamiento

Otra forma de instalar el puente es construirlo y lanzarlo por medio del esfuerzo humano, si el peso y personal se considera adecuado para la operación, se montan 2 tramos sucesivos y luego se empuja adelante en la longitud de un tramo.

También se puede montar el puente completo y luego lanzarlo empujándolo con una máquina cuidadosamente, al utilizarse este método debe instalarse una grúa con sistema de cables y poleas para ir sosteniendo el puente conforme avanza, o frenarlo en caso de necesidad.

Figura 54. **Lanzamiento de puente utilizando maquinaria**



Fuente. www.mabeybridge.com. Consulta: 9 de octubre de 2013.

- Durante el lanzamiento, el puente debe estar balanceado; el puente propiamente dicho debe pesar más que la nariz, actuando como contrapeso. Esta condición debe mantenerse hasta cuando la nariz llegue a los rodillos oscilantes de la orilla opuesta.
- Una vez lanzado el puente el peso total debe descansar sobre los rodillos oscilantes de lanzamiento y rodillos recibidores. Si el puente descansa sobre los rodillos sencillos de construcción en la orilla de lanzamiento,

pueden ocurrir fallas por que se aumenta el esfuerzo en la nariz. Para evitar esto, deben quitarse los rodillos de construcción para que el puente descansa sobre los de lanzamiento.

- Cuando el extremo del puente verdadero llega a los rodillos recibidores de la orilla opuesta, instale los postes finales en la orilla cercana.
- Desmonte la nariz, coloque los postes finales de la orilla opuesta e instale un travesaño en los postes finales de la orilla opuesta. Sacar el tablón colocado sobre el penúltimo travesaño a fin de que los largueros descansen sobre el travesaño final.

3.6.5. Instalación de rampas de acceso

Luego de terminar la estructura del puente, se continua con la instalación de las rampas de acceso, se debe reforzar esta estructura considerando los criterios siguientes:

- Si van a cruzar por el puente cargas mayores de 39 toneladas, debe reforzarse el último travesaño con apoyos intermedios antes de colocarse la rampa.
- Si las cargas son mayores de 45 toneladas, debe reforzarse la rampa colocando travesaños intermedios.
- Instalar un larguero final para apoyar los extremos de los largueros de la rampa, evitando que se hundan en el suelo.

- Colocar los largueros con botones a los costados de la rampa y los sencillos al centro.
- Colocar tablonc de piso y guardarruedas y nivelarlos adecuadamente la unión entre la entrada al puente y la carretera existente, para evitar el impacto de las llantas de los vehículos.
- Repetir el mismo proceso en el estribo de llegada, ubicado al otro extremo del puente.

Figura 55. **Grupo instalando rampa de acceso**



Fuente: Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Guatemala.

3.7. Señalización y marcación

De ser necesario se pueden colocar marcas en forma de pequeños discos luminosos para distinguir el puente en los períodos de oscuridad. Las marcas no son visibles desde el aire, pero actúan como ayudas visuales para el conductor y ayudan a mantener el tráfico continuo.

Estas marcas pueden colocarse de diferentes maneras, ya sea en el puente o en los accesos, dependiendo de la situación particular.

Para ayudar a los conductores durante la noche puede usarse pintura blanca o pintura fluorescente para pintar los guardarruedas, postes finales, entre otros.

Para evitar fallas en el puente debido a sobrecargas es necesario colocar postes con la indicación de la capacidad en los extremos del puente.

Cuando se considere necesario, principalmente en el caso de puentes instalados durante una emergencia o bien cuando se instala un puente de una sola vía, debe colocarse personal de seguridad o señalización en el puente, con el objeto que hagan cumplir las normas para el tipo de cruce, relativos a peso del vehículo, velocidad y distancia entre vehículos.

Figura 56. Señalización de puente instalado



Fuente. www.mabeybridge.com. Consulta: 9 de octubre de 2013.

4. INSPECCIÓN DE PUENTES DE EMERGENCIA

4.1. Definición

Es una actividad que consiste en determinar y evaluar la condición de cada uno de los elementos de un objeto, se debe realizar en forma organizada y sistemática. Es importante debido a que de sus resultados se debe tomar decisiones para corregir defectos o problemas que produzcan daños severos.

Un programa de inspecciones debe proporcionar datos necesarios para la toma de decisiones sobre mantenimiento, reparación, refuerzo o sustitución de estructuras.

4.2. Personal y sus funciones

El personal para realizar la inspección debe ser parte de la sección de puentes del Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda (MICIVI), puede variar de acuerdo a la longitud del puente, magnitud de daños y urgencia de la inspección, la propuesta del personal mínimo es el siguiente:

4.2.1. Ingeniero inspector

Ingeniero civil, colegiado activo, con 5 años de experiencia en vialidad y 3 años como mínimo en diseño, evaluación y/o inspección de puentes.

Es el encargado de organizar y dirigir la inspección, preparar las conclusiones y recomendaciones, y proponer soluciones, debe dar seguimiento a los procesos de mantenimiento o reparación a problemas detectados.

4.2.2. Auxiliar de ingeniería

Debe tener 3 años como mínimo de experiencia en diseño, evaluación y/o inspección de puentes; tener conocimiento de los componentes y piezas de los puentes de emergencia. Además conocimiento de materiales y el comportamiento estructural de sus elementos.

Debe preparar el informe técnico, llenar formularios y tomar fotografías, encargado del inventario de los puentes de emergencia.

4.2.3. Cuadrilla de topografía

La cuadrilla puede estar conformada por topógrafo, cadenero y 2 ayudantes. Es el equipo que se encarga de realizar la planimetría y altimetría, utilizando aparatos y equipo de precisión, teodolito, cinta métrica, vernier, con el objeto de verificar deformaciones, cambios de nivel y otros.

Debe realizar el croquis de obstáculos, cálculos y mediciones realizadas. Apoyan en labores de limpieza y de ser necesario en el control de tráfico.

4.3. Equipo para realizar inspección

El equipo para realizar la inspección, así como el equipo de protección para la seguridad propia del personal que realiza la misma, son parte importante del proceso, por lo tanto se puede dividir de acuerdo a su uso.

A continuación se describe el equipo utilizado:

- Equipo para limpieza y seguridad industrial: casco, botas con punta de acero, gafas, chaleco reflectivo, conos plásticos, banderillas, linternas y rótulos de señalización, *walkie talkie*.
- Herramientas de medición y ayuda visual: teodolito, nivel, binoculares, linterna, plomadas, vernier, tinte penetrante.
- Herramientas para documentación: cámaras fotográficas, video cámara, libreta de campo, calculadora, gps.
- Equipo para acceso y limpieza: escalera, andamios, cepillo de alambre, pala, piocha, escobón.

Figura 57. **Equipo para realizar inspección**



Fuente: www.google.com. Consulta: 08 de septiembre de 2013.

4.4. Tipos de inspección

Los puentes pueden considerarse el eslabón más débil en la red vial, debido a que son los elementos que generalmente sufren daños por desastres naturales y la falta de un mantenimiento adecuado, todo esto debe considerarse, debido a que si se posee la información adecuada, puede prevenirse o mitigarse en buena parte el daño producido.

Existen distintos tipos de inspecciones para puentes, siendo una sucesión de métodos o procedimientos para realizar las tareas de inspección, a continuación se proponen 4 tipos:

- Inspección inicial
- Inspección de rutina
- Inspección por daño
- Inspección profunda

4.4.1. Inspección inicial

Es la primera inspección que se realiza a una estructura nueva o reconstruida, se convierte en parte del inventario del puente, provee una base para las futuras inspecciones o modificaciones que se realicen al puente.

- Propósito

Se realizan antes de ponerlo en funcionamiento, para determinar las condiciones básicas de la estructura y del obstáculo o río donde se encuentra. Se debe de identificar las restricciones del mismo, necesidad de mantenimiento, miembros que requieren atención especial.

4.4.2. Inspección de rutina

Son inspecciones regulares, documentan las condiciones físicas y funcionales de la estructura. Debe incluir fotografías y recomendaciones sobre la necesidad de mantenimiento.

- Propósito

Determinar condiciones físicas y funcionales de la estructura, cambios ocurridos en inspecciones previas, necesidades de mejora, refuerzo o mantenimiento, anotando los elementos del puente que deben ser revisados en una inspección futura.

Las inspecciones pueden realizarse desde la estructura misma y en los elementos de la subestructura, si lo permite el flujo de agua, deben ser programadas, en un intervalo máximo de 2 años, o de acuerdo a las condiciones climáticas y cambios que puedan producirse por los usuarios.

4.4.3. Inspecciones por daño

Son realizadas cuando han ocurrido eventos climáticos extremos, terremotos, vandalismo o choques que afecten la estructura del puente. Se deben verificar las piezas o secciones que poseen daño o pérdida.

- Propósito

Sirve para determinar la necesidad de colocar restricciones o el cierre de un puente, hasta que se realice el reemplazo o reparación de la estructura.

Este tipo de inspección no es programada, pues se realiza de acuerdo a las necesidades que surgen debido a factores ambientales, o por la acción humana, que son eventos inesperados.

4.4.4. Inspección profunda

Es una inspección minuciosa de uno o más miembros de la estructura, puede ser de la estructura o subestructura. Sirve también para determinar cualquier deficiencia que no puede ser detectada por inspecciones de rutina. Puede ser un seguimiento derivada de alguna de los otros tipos de inspección que indicarán algún problema que necesite una evaluación mas detallada.

- Propósito

Sirven para recolectar y documentar datos a detalle necesarios para determinar las condiciones físicas y estructurales de piezas del puente, este tipo de inspección puede requerir equipos especiales (ensayos no destructivos), ensayo de materiales y controles de tráfico.

Debe incluir miembros críticos de la estructura o piezas que presentan deficiencias o previamente reportados y detallar la documentación realizada.

4.5. Principales problemas que presentan

Los problemas que tienen los puentes metálicos son en su mayoría por la falta de mantenimiento, sucede lo mismo con los puentes de emergencia, pues son instalados de urgencia en caso de desastres, pero su mantenimiento es mínimo o nulo.

Debido a que los puentes son metálicos, la mayoría de problemas se dan por la presencia de agua que no es evacuada adecuadamente, lo que provoca reacciones químicas como corrosión y ataque de sulfatos en los elementos metálicos, además erosión o socavación en los apoyos.

4.5.1. Componentes de metal

Los defectos más frecuentes en los tableros metálicos de los puentes Bailey, se deben a fisuras en soldaduras, seguros rotos, corrosión y conexiones sueltas.

Las fisuras usualmente se inician en las conexiones, final de soldaduras y puntos corroídos de los miembros, en lugares que están cercanos al mar, es más fuerte la acción de altas temperaturas, fuertes vientos y aceleración de la oxidación de los elementos.

4.5.2. Componentes de madera

Los tablonces que se colocan en el emparrillado de madera y también en la pasarela para peatones, puede tener daños causados por hongos, humedad o parásitos.

También existen otros factores como el fuego, impacto, desgaste o abrasión, pandeo por intemperie, entre otros, por lo que este tipo de material debe ser tratado con químicos, para garantizar su durabilidad. La mayoría de estos pueden ser verificados por medio de una inspección visual.

4.5.3. Componentes de concreto

Los apoyos o los estribos donde se instala el puente Bailey son de concreto o concreto armado, daños comunes puede ser el agrietamiento, desgaste, daños por colisión y socavamiento del mismo, se pueden observar grietas estructurales, desgaste en la superficie de rodadura, de laminación del concreto por corrosión de la armadura, pueden ser verificados mediante Ensayos No Destructivos o testigos de los materiales.

4.5.4. Daños en estribos, juntas y apoyos

El cambio del cauce del río o materiales que son arrastrados por el mismo, pueden dañar la estructura o los estribos. Los daños en juntas y apoyos se debe a impacto vehicular, acumulación de tierra y temperaturas extremas; lo que provoca deformaciones y daños en los mismos.

4.5.5. Fatiga y fractura

Consiste en la falla de un material cuando la carga sobrepasa el valor de resistencia propia del mismo. Para que se produzca una fractura es necesario que se den 3 factores: esfuerzos a tensión, cargas repetitivas y pequeñas discontinuidades que producen concentración de esfuerzos.

Una fisura por fatiga debe ser chequeada, porque podría propagarse hasta un tamaño que produzca una fractura, que provoque el colapso de un elemento o del puente, es necesario identificar y registrar la ubicación de elementos sensibles a la fatiga para crear un registro o historial del fisuramiento.

4.5.6. Daños graves y colapso

El deterioro de cualquier estructura es normal, pero si no se realiza mantenimiento o reparaciones, puede llevar a daños funcionales o colapso de la estructura, el colapso de este tipo de estructuras se debe principalmente a sobrepasar la carga para la que fue diseñado.

Se debe tener especial cuidado en el cálculo de la capacidad y poner rótulos que restringen el paso de determinados vehículos, otro problema es el desnivel que puede provocar que las piezas sufran deformaciones o acumulación de esfuerzos para los que no fueron diseñados.

Figura 58. **Puente Bailey colapsado por carga**



Fuente: Diario de Costa Rica www.crhoy.com. Consulta: 07 de septiembre de 2013.

4.6. Ensayos No Destructivos (END)

Los Ensayos No Destructivos (END) se encuentran especificados en las normas ANSI/AWS A3 y se definen como el acto para determinar la adecuación de algún material o elemento para su propósito previsto, empleando técnicas que no afecten su utilidad.

Es necesario realizar estudios más profundos que la inspección visual, que se considera el ensayo no destructivo más utilizado, por lo tanto se pueden realizar ensayos en las estructuras instaladas, dichas pruebas no deben dañar ni alterar la resistencia de las estructuras, por lo que deben ser realizados con equipo especial, como el siguiente:

- Inspección visual (VI)
- Líquido penetrante (PT)
- Radiografía (RT)
- Partículas magnéticas (MT)
- Ultrasonido (UT)
- Electromagnetismo (ET)
- Detección de fugas (LT)
- Radiografía neutrónica (NRT)
- Emisión acústica (AET)
- Análisis de vibraciones (VA)
- Pruebas térmicas e infrarrojas (TIR)
- Comprobación (PRT)
- Métodos de prueba con laser

Tabla V. **Métodos de Ensayos No Destructivos aplicables**

Discontinuidad o tipo de junta	Aplicabilidad de varios métodos de END		
	Aplicables	Aplicables marginalmente	No aplicables
Porosidad	Radiografía Líquidos penetrantes Inspección visual	Ultrasonido Partículas magnéticas Electromagnetismo	
Inclusiones de escoria o tungsteno	Radiografía Ultrasonido	Partículas magnéticas Electromagnetismo	Inspección visual Líquidos penetrantes
Fusión incompleta	Ultrasonido	Radiografía Partículas magnéticas Electromagnetismo	Inspección visual Líquidos penetrantes
Penetración incompleta en junta	Radiografía Ultrasonido	Partículas magnéticas Electromagnetismo	
Socavado	Radiografía Inspección visual	Ultrasonido Líquidos penetrantes Partículas magnéticas	Radiografía
Traslape de cordón	Líquidos penetrantes Partículas magnéticas	Ultrasonido Inspección visual Electromagnetismo	Radiografía
Grietas	Ultrasonido Líquidos penetrantes Electromagnetismo	Radiografía	
Desgarre laminar	Ultrasonido	Líquidos penetrantes Partículas magnéticas Inspección visual	Radiografía Electromagnetismo
Laminaciones	Ultrasonido Líquidos penetrantes Partículas magnéticas	Inspección visual	Radiografía Electromagnetismo
Junta a tope	Radiografía Ultrasonido Inspección visual	Líquidos penetrantes	
Junta en esquina	Ultrasonido Líquidos penetrantes Inspección visual	Radiografía Electromagnetismo Partículas magnéticas	

Fuente: García, Héctor. *Inspección de soldadura*. p. 219.

4.6.1. Función de Ensayos No Destructivos (END)

Debido a que es un tema extenso, a continuación se describen algunas aplicaciones prácticas en las que se aplican los Ensayos No Destructivos (END) en estructuras de este tipo, siendo las siguientes:

- Tintes de penetración sirven para aumentar e identificar las fisuras en elementos metálicos, la prueba es simple y no es costosa.
- Pruebas con partículas magnéticas se ubican fisuras en elementos superficiales por medio de un líquido espeso fluorescente, método rápido y de bajo costo.
- Pruebas ultrasónicas se emplean ondas de sonido para ubicar fallas y medir espesores de elementos de acero.
- Detector de corrosión sirve para medir el potencial de corrosión en el acero, funciona conectando una sonda y detector especial.

4.6.2. END en piezas de madera

Utilizando un punzón se debe verificar el estado de los tablones de madera o se pueden realizar perforaciones, pues el deterioro empieza en el interior, dicho material debe ser tratado con químicos pero si se detecta algún daño es necesario el reemplazo de la pieza.

4.6.3. END en estructuras de concreto armado

Hay instrumentos que sirven para medir el recubrimiento entre el concreto y las barras de refuerzo, extracción de testigos de concreto para determinar la resistencia a compresión de elementos de concreto.

El contenido de cloruros puede ser determinado llevando una muestra de polvo para determinar si posee contaminación, también se puede determinar la reactividad alcalina de los agregados, que con el tiempo forma un gel que puede causar fisuras en el concreto y ensayos más especializados como la inspección radiográfica y la tomografía por medio de computadora, todo esto para determinar fallas en el concreto.

4.7. Procedimiento de inspección en puentes Bailey

Para la recopilación de la información se utilizará los formatos que se adjuntan en las tablas XIV a XIX del anexo; que servirán para la toma de datos en la inspección, así como en los procedimientos de calificación de componentes del puente.

4.7.1. Acciones previas a los trabajos de campo

Se debe revisar el inventario y los informes de inspección anteriores, a fin de tomar conocimiento si existen circunstancias especiales, como daños observados anteriormente o elementos estructurales que necesiten una inspección más detallada.

4.7.2. Acciones en el campo

Se debe tomar las medidas de seguridad necesarias utilizando el equipo indicado al inicio de este capítulo. Se debe inspeccionar y calificar la condición de cada uno de los componentes del puente (estribos y pilares, elementos del puente Bailey, apoyos, superficie de rodadura, señalización, accesos y taludes, cauce).

Se debe complementar con fotografías de identificación del puente y el acceso, así como de elementos importantes. Se debe calificar la condición del puente en general, como resumen de las condiciones encontradas.

Finalmente debe asegurarse que todas las partes visibles del puente, fueron inspeccionadas y que la documentación del levantamiento de información se encuentra completa y con las fotografías necesarias.

4.8. Formulario de inspección

El formulario se divide en 4 partes principales, de acuerdo a la información que posee, además existen hojas específicas para detallar gráficamente los daños que sufren los elementos principales, las hojas propuestas que se adjuntan están realizadas en Microsoft Excel, contienen la información siguiente:

- Datos generales
 - Hora, fecha, número de inspección y datos de quien la realiza.
 - Nombre del puente, ubicación, tipo de puente y modulación.
 - Longitud, ancho y tipo de calzada.

- Datos del emplazamiento
 - Condiciones de la calle de acceso.
 - Zonas de riesgo como taludes, erosión y socavamiento.
 - Señalización del puente y preventivas.
 - Drenajes y condiciones del caudal.
 - Estructuras y servicios existentes (agua, drenaje, electricidad).

- Datos de los componentes de la estructura
 - Elementos principales (panel y travesero).
 - Elementos de unión (bastidor, tornapuntas, bulón, pasador).
 - Elementos de la calzada (rampa de acceso, emparrillado).

- Datos de la sub estructura
 - Estribos, columnas, cabezales, pilotes o muros que forman parte de las estructuras de soporte del puente.

4.9. Entrevista en el lugar

Durante la inspección es necesario recolectar información con población que resida cerca o usuarios frecuentes del puente, para obtener datos importantes, tales como:

- Tiempo de la estructura en el sitio y razones de su instalación.
- Tipos de vehículos y horas de mayor tráfico.
- Condiciones de vandalismo y seguridad del lugar.
- Accidentes ocurridos en la estructura.

- Última fecha de mantenimiento.
- Máximas crecidas del río.

4.10. Toma de datos directa

Se colocarán valores de acuerdo las condiciones de la estructura y los componentes, se adjuntan los criterios establecidos en las tablas XV a XVII ubicadas en los anexos. Las condiciones más importantes a considerar son los siguientes:

- Condición de la pintura de la estructura.
- Condiciones de las piezas que conforman la estructura.
- Revisión de las articulaciones y arriostramiento.
- Revisar vibraciones y ruidos que se generen sobre y debajo de la estructura.
- Revisar deflexiones en la estructura.
- Verificar las condiciones de la rodadura, ya sea de madera o metal.
- Toma de fotografías generales y de detalles en puntos de interés.
- Realizar esquemas de ubicación y observaciones.
- Recomendaciones y resumen de daños.

5. MANTENIMIENTO DE PUENTES DE EMERGENCIA

5.1. Definición

Son las acciones que se realizan para aumentar o mantener las condiciones de uso de una estructura, en este caso, la funcionabilidad de los puentes instalados y de las piezas que se encuentran almacenadas.

Previo a realizar el mantenimiento de cualquier estructura es necesario conocer el estado físico o mecánico de sus componentes. Una inspección realizada correctamente es la base para realizar el respectivo mantenimiento.

Se puede usar el mismo equipo de seguridad industrial que en la inspección y realizar la señalización respectiva, para evitar daños al personal y a la estructura mientras se realizan las labores de mantenimiento, ya sea en los componentes propios de la estructura, así como en las calles de acceso y apoyos del puente.

5.2. Tipos de mantenimiento

De acuerdo al estado que se encuentren las piezas o componentes del puente, que puede determinarse utilizando los formularios de inspección propuestos, se puede dividir el mantenimiento en:

- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento correctivo

Figura 59. **Señalización mientras se realiza mantenimiento**



Fuente: CARRILLO, Fabricio; LÓPEZ, Helman. *Aplicaciones de puentes metálicos modulares en El Salvador*. p 415.

5.3. **Mantenimiento preventivo**

Es el que se realiza para prevenir y preservar el buen estado de los componentes, se realiza a intervalos de tiempo cortos que permiten trabajos sencillos o menores, pues se realiza la limpieza y trabajos necesarios para que no cambien las condiciones para las que fueron creadas las piezas y construidas las estructuras.

5.3.1. **Actividades del mantenimiento preventivo**

Debido a que los puentes son estructuras compuestas por piezas intercambiables, se debe verificar las piezas individualmente y las uniones de las mismas, entre los trabajos o chequeos que se deben realizar, se incluyen los siguientes:

- Chequear los tornillos y abrazaderas en general para determinar que estén apretados y no existan faltantes. Si hacen falta, se deberá reemplazar inmediatamente.
- Chequear las placas base y emparrillados para establecer que estén debidamente nivelados. Si existe algún desnivel se deberá corregir inmediatamente.
- Asegurar que los pasadores de panel se encuentren debidamente colocados y con el seguro puesto. Si hacen falta, se deben reemplazar inmediatamente.
- Chequear las piezas de madera del tablero del puente y de las rampas (tablones de piso y tablones de rodadura). Si existen faltantes o piezas deterioradas se deberán reemplazar inmediatamente. Asimismo la superficie debe estar limpia y libre de piedras u otros objetos que puedan causar algún daño a los vehículos que transiten sobre el puente.
- Chequear de todas las piezas en general. Si hay piezas dañadas deben de reemplazarse inmediatamente.

5.3.2. Limpieza

Incluye acciones que van desde la limpieza y chapeo de los alrededores del puente y señalización, así como los distintos métodos de limpieza antes de aplicar la pintura.

Los drenajes deben estar libres y funcionar adecuadamente, con el fin de evitar que el agua se estanque en la superficie de la estructura, lo que aumenta la carga muerta y no permite la adherencia de las llantas de los vehículos.

5.3.3. Limpieza previa a la pintura

Previo a la aplicación de pintura es necesario realizar un proceso adecuado de limpieza, para garantizar que las superficies se encuentren en perfecto estado y la pintura cumpla su función de protección. Algunos tipos de limpieza son:

- Limpieza con solventes para eliminar suciedad, cemento, grasas o aceites.
- Limpieza a mano se puede limpiar utilizando cepillos de alambre, espátulas, martillo u otro tipo de herramientas, que permitan quitar imperfecciones en las piezas.
- Limpieza mecánica utilizando herramientas mecánicas o eléctricas como esmeriladoras o lijadoras, para facilitar la limpieza.
- Limpieza a chorro gris comercial es cuando la pieza se encuentra en 2/3 partes libre de impurezas e imperfecciones, se ha removido la pintura y óxido anterior.
- Limpieza a chorro metal blanco es una limpieza profunda del metal, no presenta imperfecciones ni suciedad.

- Limpieza arenado ligero es el conocido *sand blast*, que consiste en aplicar partículas de arena a presión, con el efecto de limpiar y dejar la superficie limpia y con adherencia para su posterior pintura.

Figura 60. **Limpieza mediante *sand blast***



Fuente: www.google.com. Consulta: 12 de octubre de 2013.

5.3.4. Pintura

La pintura a utilizar debe estar especificada por el fabricante deberá aplicarse en la superficie limpia y libre de humedad, suciedad, grasas o cualquier agente que evite la correcta aplicación de la misma.

La pintura se divide en 3 componentes, los pigmentos que le dan el color y durabilidad, los aglutinantes que son aceites que crean una película protectora y los solventes que son líquidos que ayudan a su aplicación.

Cuando el acero no es estructural (A-588) o está expuesto a condiciones extremas del ambiente, se debe utilizar una capa imprimante que contenga zinc orgánico y 2 capas con material epóxico, vinílico o uretano.

5.3.4.1. Equipo básico

El equipo que permite la aplicación de la pintura de forma profesional y con mayor durabilidad es el siguiente: compresor de 125 libras por pulgada cuadrada, pistola y filtros, mascarilla y guantes de protección.

5.3.5. Corrosión

Es una acción química, mecánica o biológica, que de forma rápida o lenta degrada y destruye los materiales. La corrosión es fácil de detectar, normalmente mediante inspección visual, debido a que el óxido de hierro normalmente tiene un color naranja o rojo intenso.

Se manifiesta de forma más evidente en los materiales metálicos consiste básicamente en la pérdida del equilibrio en las fuerzas cohesivas, por lo general se presenta por 2 condiciones:

- Un metal o aleaciones susceptibles, aceros de alta resistencia, latones y aleaciones de aluminio.
- Un medio ambiente húmedo o salado, por lo general lleno de iones de cloruro, amonio.

- La protección contra la corrosión se puede realizar mediante la aplicación de pintura, en casos extremos aplicar una protección catódica, y en casos menores mantener una correcta operación de limpieza.

- Tipos de corrosión
 - Corrosión general es la más común, cubre de forma uniforme el elemento, se puede reducir aplicando un recubrimiento especial.

 - Corrosión galvánica, puede haber corrosión cuando 2 o más materiales distintos se acoplan eléctricamente, produciéndose más corrosión en el metal más activo.

 - Picaduras: pequeñas cavidades que sufren del ataque, que pueden producir fallas si están expuestas a esfuerzos de tensión.

5.3.6. Fallas en soldadura

Algunos de los problemas que presentan los elementos metálicos son las fallas en la soldadura o unión de las piezas, algunas son detectadas por medio de inspección visual o por medio de Ensayos No Destructivos (END).

En la sección 6 de la Norma ANSI/AASHTO/AWS D 1.5, se especifica cómo se deben llevar a cabo las inspecciones en las soldaduras de los puentes. Algunos casos de fallas en soldadura son los siguientes:

- Porosidad

Son bolsas de gas o huecos que se producen en la soldadura. Es resultado de formación de gases por reacciones químicas que ocurren al momento de la soldadura.

- Inclusiones de escoria

Se refiere a óxidos y sólidos no metálicos que a veces quedan en el metal de la soldadura, debido a errores del soldador durante la aplicación de la soldadura.

- Fusión incompleta

Es la incapacidad de unión de 2 elementos, se debe a que el metal no se elevó al punto de fusión, la carencia de fundente, no se disolvieron los óxidos o demás materiales que están presentes.

- Falta de penetración

El metal de soldadura no ingresa a las ranuras a causa del poco espacio entre las piezas, o un talón muy alto en la geometría, también puede ser causado por temperaturas bajas debido a disminución en la corriente eléctrica.

- Socavamiento, grietas o fisuras

El socavamiento se da en la unión de las piezas y la soldadura, por el derretimiento de las piezas al realizar la soldadura. Las grietas o fisuras por lo general se observan en dichas áreas al fallar el material.

5.4. Mantenimiento correctivo

Este se realiza cuando los daños en la estructura o punto de emplazamiento son mayores, por lo que es necesario su reparación, reemplazo o reforzamiento de la estructura; son actividades que se realizan en períodos no mayores a 2 años, con el objeto de preservar en condiciones óptimas de funcionamiento.

Algunos criterios a considerar para el control de piezas son los siguientes:

- Por funcionamiento (retorcimiento, alaveo, deformación, roturas, fisuras)
- Por vandalismo (golpes, corte de piezas, robo de piezas)
- Por corrosión extrema
- Por deflexión máxima de la estructura

5.4.1. Reparación

Previo a la reparación de una pieza del puente se deben evaluar condiciones como las siguientes:

- Documentos de diseño y construcción, datos estructurales y mecánicas de las piezas, inspecciones anteriores y ensayos realizados.
- Causas del deterioro o daño a la pieza.
- Seleccionar los materiales y métodos para realizar la reparación
- Comparar métodos y costos que sean factibles y realizables.
- Determinar las limitaciones de paso de vehículos, acceso de personas o desvío de drenajes.

5.4.2. Reemplazo

El reemplazo de piezas se realiza cuando no es factible el mantenimiento o reparación de las mismas, se debe considerar que existan piezas, equipo y personal adecuado para poder realizar los trabajos, en el caso que no exista disponibilidad de piezas, es necesario realizar el requerimiento directamente a la fabrica que produce la estructura correspondiente.

5.5. Costos del mantenimiento

Se debe realizar la integración de cada uno de los renglones que se soliciten, de acuerdo a la inspección, puede incluirse también los ensayos necesarios para verificar o garantizar el estado de los materiales.

En dicha integración se debe tener un criterio y experiencia, para determinar el rendimiento y cantidad de personal y materiales a utilizar para cada rubro; asimismo para el análisis de los costos de mantenimiento, es necesario considerar los costos directos e indirectos, como los siguientes:

- Costos directos
 - Mano de obra (ingeniero, auxiliar, técnicos, operador de maquinaria, herrero, pintor, ayudantes)
 - Equipo (pala, piocha, compresor, llaves, equipo para *sand blast*)
 - Materiales (pintura, solventes, electrodo, acero)
 - Transporte (camión de carga, *pickup*, grúa)
 - Montaje (andamios, señalización)

- Costos indirectos
 - Administrativos (personal de oficina, papelería)
 - Impuestos (IVA, ISR)
 - Utilidades (ganancias netas de la empresa)
 - Imprevistos (gastos que no estaban planificados)

5.6. Almacenamiento de las piezas

Los paneles pueden torcerse por un inadecuado estibamiento o manipulación. Cuando son apilados deben estar sobre una base plana o madera y en grupos de no más de 10; deben engrasarse las partes salientes de los alojamientos hembras y los agujeros existentes.

Las piezas de menor tamaño deben almacenarse bajo techo, para evitar la acción directa del sol y el agua de lluvia, también es importante el engrase de las piezas, en los rodillos se debe remover la grasa vieja y suciedad existente, para luego aplicar grasa hasta que rebalse la pieza;

Otro producto que sirve para limpieza y como protector antioxidante es el *wd-40*, que se puede aplicar previo a colocar grasa en los marcos de refuerzo, puntales, placas de unión, pasador de panel, varilla tensora y tornillos.

Figura 61. **Almacenamiento de piezas metálicas**



Fuente. www.mabeybridge.com. Consulta: 9 de octubre de 2013.

CONCLUSIONES

1. Las emergencias o desastres naturales ocurren cada cierto tiempo y sin previo aviso, siendo los puentes de emergencia la solución oportuna, debido a la facilidad y versatilidad en su construcción, además pueden instalarse como puente definitivo o a largo plazo, pues están diseñados para soportar las mismas cargas que los puentes metálicos y de concreto armado.
2. En Guatemala, además de los puentes Bailey, existen puentes de emergencia o modulares, tales como los Acrow Panel, Mabey y Vhicoa, que surgieron del diseño original Bailey, pero con características y diseños propios.
3. Para diseñar un puente de emergencia se debe conocer la longitud, carga y tiempo a utilizarlo, realizar cálculos de momento y esfuerzo, y seleccionar el tipo de construcción que resista los mismos.
4. En Guatemala el Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda (CIV) por medio de empresas contratistas y el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Guatemala, son las instituciones encargadas de instalar puentes de este tipo en el país.
5. Cada equipo de trabajo propuesto para la instalación de puentes de emergencia, necesita un encargado o personal especializado, el resto del personal puede ser no calificado o del lugar.

6. La inspección de los puentes de emergencia es básica para determinar el estado de la estructura y el tipo de mantenimiento a realizar para garantizar el buen funcionamiento de la misma.

RECOMENDACIONES

1. Que se divulgue o informe mediante cursos cortos en la Facultad de Ingeniería sobre los puentes de emergencia, por la importancia y virtudes que han demostrado este tipo de estructuras en casos de emergencia y catástrofes.
2. Es necesario que el ingeniero civil tenga conocimientos sobre puentes de emergencia, pues son las estructuras que se han utilizado y se seguirán utilizando al existir problemas en las carreteras o puentes de la red vial.
3. Que se tome en consideración el formulario de inspección propuesto, pues incluye de forma ordenada y específica, los aspectos a considerar para verificar el estado de las piezas de la estructura, así como el entorno de la misma.
4. Que se continúe realizando la inspección de puentes de emergencia y el mantenimiento respectivo, para garantizar el buen uso de las estructuras, debido a que en muchos casos fueron instalados como solución inmediata, pero se quedaron instalados como puentes a largo plazo.
5. Que se coordine entre las instituciones como el CIV, Facultad de Ingeniería y Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Guatemala, la demostración del lanzamiento de un puente Bailey, para mejorar la comprensión de las características de las piezas, equipos de trabajo y procedimiento de instalación de este tipo de puentes.

BIBLIOGRAFÍA

1. AASHTO. *Especificaciones LRFD AASHTO para el diseño de puentes*. Estados Unidos: AASHTO, 2007. 1515 p.
2. CARRILLO CHOPIN, Fabricio Adalberto; LÓPEZ PEÑA, Helman Alcides. *Aplicaciones de puentes metálicos modulares en El Salvador*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de El Salvador, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, 2006. 415 p.
3. Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Guatemala "TCIFVA", *Manual de puentes Bailey*, Guatemala, 2002. 90 p.
4. GONZALES ÁLVAREZ, Raúl Eduardo. *Análisis por carga para puentes Bailey y Acrow Panel*. Trabajo de graduación de Ing. Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1981. 246 p.
5. MASTROCOLA VINUEZA, Víctor Nicola; YEPEZ CRUZ, Eloy Fernando. *Mantenimiento para puentes metálicos tipo trabe, Bailey y de armadura*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánico, Escuela Politécnica Nacional, Escuela de Ingeniería, Quito, Perú, 2007. 389 p.

6. Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, Dirección General de Caminos. *Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes*. Guatemala: CIV 2001. 456 p.
7. Red de estudios sociales en prevención de desastres en América Latina. *Los desastres no son naturales*. 1993. 140 p.
8. SIERRA OCH, Freddy Enrique. *Procedimiento de instalación de puentes tipo Bailey*. Trabajo de graduación de Ing. Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2000. 102 p.
9. ZABALA JARAMILLO, Carlos Patricio. *Diseño de un puente metálico modular para varias luces y cargas según las normas AASHTO 2002 para la empresa Kubiec S.A.* Trabajo de graduación de Ing. Mecánico. Escuela Politécnica del Ejército, Carrera de Ingeniería Mecánica, Ecuador, 2008. 155 p.

ANEXOS

Tabla VI. **Momentos producidos por carga viva HS 20-44**

Longitud		Momento (ton-pie)
Pies	Metros	Carga mas impacto
30	9.14	161.30
40	12.19	261.70
50	15.24	360.40
60	18.29	457.40
70	21.34	552.90
80	24.39	646.90
90	27.44	739.80
100	30.48	831.60
110	33.53	922.40
120	36.58	1,012.40
130	39.63	1,101.60
140	42.68	1,190.20
150	45.73	1,278.20
160	48.78	1,365.70
170	51.83	1,452.70
180	54.88	1,539.20
190	57.93	1,625.40
200	60.97	1,711.20

Fuente: Ejército de EE.UU. *Manual TM 5-277 Bailey bridge*. p. 254.

Tabla VII. **Esfuerzo cortante producido por carga viva HS 20-44**

Longitud		Corte (ton)
Pies	Metros	Carga mas impacto
30	9.14	29.30
40	12.19	32.20
50	15.24	33.70
60	18.29	34.50
70	21.34	35.00
80	24.39	35.40
90	27.44	35.60
100	30.48	35.70
110	33.53	35.70
120	36.58	35.70
130	39.63	35.70
140	42.68	35.70
150	45.73	35.70
160	48.78	35.60
170	51.83	35.60
180	54.88	35.50
190	57.93	35.50
200	60.97	35.40

Fuente: Ejército de EE.UU. *Manual TM 5-277 Bailey bridge*. p. 254.

Tabla VIII. **Bailey standard con plataforma de madera**
Momentos flectores admisibles carga viva (toneladas - pies)

Longitud	SS	DS	TS	DD	DT	TD	TT
10	407						
20	400						
30	387	785					
40	370	759					
50	347	725	1,116				
60	319	683	1,067				
70	286	633	1,008	1,493			
80	249	576	940	1,414			
90	206	511	863	1,323			
100	158	439	777	1,223	2,583	4,443	4,025
110	105	359	681	1,112	2,430	4,268	3,827
120	47	271	577	990	2,263	4,076	3,610
130		176	464	858	2,081	3,868	3,375
140			342	716	1,885	3,642	3,122
150			210	562	1,674	3,400	2,849
160			70	398	1,448	3,142	2,557
170				224	1,218	2,867	2,257
180				40	954	2,575	1,918
190					685	2,266	1,567
200					402	1,941	1,203

Fuente: Ejército de EE.UU. *Manual TM 5-277 Bailey bridge*. p. 254.

Tabla IX. **Bailey standard con plataforma de madera**
Esfuerzo cortante admisible carga viva (toneladas)

Longitud	SS	DS	TS	DD	DT	TD	TT
10	29						
20	28						
30	27	55					
40	26	54					
50	25	52	71				
60	24	51	69	87			
70	23	49	67	85			
80	22	48	65	83			
90	21	46	63	81			
100	20	45	62	79	71	102	97
110	19	43	60	77	68	98	93
120	18	42	58	75	65	95	90
130	17	40	56	73	62	92	86
140			55	70	59	88	82
150			53	68	56	85	78
160			51	66	53	82	75
170				64	50	78	71
180				62	47	75	67
190					45	71	63
200					42	68	60

Fuente: Ejército de EE.UU. *Manual TM 5-277 Bailey bridge*. p. 254.

Tabla X. **Bailey standard con plataforma de acero con asfalto**
Momentos flectores admisibles carga viva (toneladas - pies)

Longitud	SS	DS	TS	DD	DT	TD	TT
10	406						
20	395						
30	376	774					
40	350	739					
50	316	694	1.085				
60	274	638	1.022				
70	225	572	947	1.432		2.238	
80	169	496	860	1.334		2.118	
90	106	411	763	1.223		1.983	
100	33	314	652	1.098	2.458	1.831	3.900
110		208	530	961	2.279	1.664	3.676
120		91	397	810	2.083	1.480	3.430
130			253	647	1.870	1.281	3.164
140			93	471	1.640	1.056	3.130
150				281	1.393	835	2.568
160				78	1.128	587	2.237
170					857	325	1.896
180					549	45	1.513
190					235		1.117
200							703

Fuente: Ejército de EE.UU. *Manual TM 5-277 Bailey bridge*. p. 254.

Tabla XI. **Bailey standard con plataforma de acero con asfalto**
Esfuerzo cortante admisible carga viva (toneladas)

Longitud	SS	DS	TS	DD	DT	TD	TT
10	28						
20	27						
30	25	53					
40	24	52					
50	22	49	69				
60	21	48	66				
70	19	45	64	81		112	
80	18	44	61	79		109	
90	16	41	59	76		106	
100	15	40	57	74	66	103	92
110		37	55	71	62	99	87
120		36	52	69	59	97	84
130			50	66	55	93	79
140			48	63	52	90	75
150			46	60	48	87	70
160			43	58	45	84	67
170			41		41	80	62
180			38		38	77	58
190					35		53
200							50

Fuente: Ejército de EE.UU. *Manual TM 5-277 Bailey bridge*. p. 254.

Tabla XII. **Bailey standard ensanchado con plataforma de madera**
Momentos flectores admisibles carga viva (toneladas - pies)

Longitud	SS	DS	TS	DD	DT	TD	TT
10	406						
20	397						
30	380	778					
40	358	745					
50	330	707	1.090				
60	288	650	1.032				
70	245	594	967	1.450		2.240	
80	200	520	888	1.360		2.145	
90	140	444	802	1.227		2.010	
100	70	348	695	1.138	2.500	1.868	3.967
110		265	587	1.014	2.330	1.714	3.718
120		110	465	875	2.141	1.538	3.490
130		76	340	723	1.936	1.357	3.404
140			185	555	1.708	1.086	2.942
150			93	387	1.487	879	2.637
160				180	1.231	688	2.349
170				18	845	460	1.994
180					547	197	1.642
190					380		1.260
200					95		865

Fuente: Ejército de EE.UU. *Manual TM 5-277 Bailey bridge*. p. 254.

Tabla XIII. **Bailey standard ensanchado con plataforma de madera**
Esfuerzo cortante admisible carga viva (toneladas)

Longitud	SS	DS	TS	DD	DT	TD	TT
10	27						
20	26						
30	25	54					
40	24	52					
50	22	50	69				
60	21	48	67	84			
70	20	46	65	82			
80	18	44	62	80			
90	17	42	60	77		107	
100	16	40	58	75	70	104	97
110		39	56	73	67	101	93
120		36	54	70	64	99	89
130		35	51	68	61	95	85
140			49	65	58	92	81
150			47	63	55	90	77
160				61	52	88	74
170				59	49	84	70
180					46	80	66
190					43		62
200					40		58

Fuente: Ejército de EE.UU. *Manual TM 5-277 Bailey bridge*. p. 254.

Tabla XIV. **Bailey standard ensanchado plataforma de acero con asfalto**
Momentos flectores admisibles carga viva (toneladas - pies)

Longitud	SS	DS	TS	DD	DT	TD	TT
10	402						
20	395						
30	376	772					
40	349	735					
50	315	688	1.080				
60	273	630	1.016				
70	224	563	938	1.424		2.227	
80	167	485	849	1.324		2.105	
90	102	398	749	1.210		1.964	
100	30	297	636	1.088	2.430	1.808	3.870
110		188	512	948	2.247	1.638	3.642
120		69	374	792	2.049	1.448	3.390
130			220	625	1.828	1.250	3.105
140			105	445	1.575	1.030	2.810
150				247	1.338	784	2.510
160				39	1.071	537	2.175
170					775	269	1.815
180					283		1.420
190					152		1.030
200							600

Fuente: Ejército de EE.UU. *Manual TM 5-277 Bailey bridge* . p. 254.

Tabla XV. **Bailey standard ensanchado plataforma de acero con asfalto**
Esfuerzo cortante admisible carga viva (toneladas)

Longitud	SS	DS	TS	DD	DT	TD	TT
10	28						
20	27						
30	25	53					
40	24	52					
50	22	49	67				
60	21	48	65				
70	19	45	63	81		112	
80	18	44	59	78		109	
90	16	41	57	76		106	
100	15	40	55	73	65	103	90
110		37	52	70	61	99	85
120		36	50	68	57	97	82
130			47	65	54	93	77
140			45	62	50	90	73
150				59	47	86	68
160				57	43	83	65
170					40	79	60
180					36		56
190					34		50
200							47

Fuente: Ejército de EE.UU. *Manual TM 5-277 Bailey bridge* . p. 254.

Tabla XVI. **Bailey extra ancho con plataforma de madera**
Momentos flectores admisibles carga viva (toneladas - pies)

Longitud	SS	DS	TS	DD	DT	TD	TT
10	406						
20	395						
30	376	772					
40	345	735					
50	315	688	1,079				
60	273	629	1,012				
70	224	561	934	1,420		2,225	
80	167	481	843	1,319		2,101	
90	102	392	741	1,204		1,962	
100	30	291	626	1,076	2,421	1,805	3,859
110		180	499	934	2,235	1,633	3,624
120		58	360	778	2,030	1,444	3,373
130			209	609	1,808	1,238	3,096
140			46	426	1,568	1,016	2,798
150				230	1,311	778	2,477
160				21	1,035	523	2,134
170					742	251	1,769
180					431		1,382
190					102		973
200							542

Fuente: Ejército de EE.UU. *Manual TM 5-277 Bailey bridge* . p. 254.

Tabla XVII. **Bailey extra ancho con plataforma de madera**
Esfuerzo cortante admisible carga viva (toneladas)

Longitud	SS	DS	TS	DD	DT	TD	TT
10	26						
20	25						
30	24	53					
40	23	51					
50	21	49	68				
60	20	46	65	83			
70	18	44	63	80			
80	17	42	60	78			
90	15	40	58	75		105	
100	14	38	56	72	70	101	97
110		36	53	70	67	98	93
120		34	51	67	64	95	89
130			48	64	61	92	85
140			46	62	58	88	81
150				59	55	85	77
160				57	52	82	74
170					49	79	70
180					46		66
190					43		62
200							58

Fuente: Ejército de EE.UU. *Manual TM 5-277 Bailey bridge* . p. 254.

Tabla XVIII. **Bailey extra ancho con plataforma de acero con asfalto**
Momentos flectores admisibles carga viva (toneladas - pies)

Longitud	SS	DS	TS	DD	DT	TD	TT
10	402						
20	395						
30	376	772					
40	349	735					
50	315	688	1,080				
60	245	630	1,014				
70	224	560	936	1,421		2,223	
80	167	480	846	1,320		2,100	
90	102	393	745	1,206		1,958	
100	30	290	555	1,077	2,420	1,800	3,855
110		180	505	937	2,235	1,628	3,620
120		60	366	672	2,035	1,323	3,365
130			210	612	1,810	1,228	3,090
140				432	1,570	1,003	2,795
150				232	1,310	768	2,465
160					850	506	1,925
170					740	228	1,755
180					235		1,365
190					110		965
200							525

Fuente: Ejército de EE.UU. *Manual TM 5-277 Bailey bridge* . p. 254.

Tabla XIX. **Bailey extra ancho con plataforma de acero con asfalto**
Esfuerzo cortante admisible carga viva (toneladas)

Longitud	SS	DS	TS	DD	DT	TD	TT
10	28						
20	27						
30	25	54					
40	24	51					
50	22	49	66				
60	21	47	63				
70	19	45	61	81		110	
80	18	43	58	78		106	
90	16	41	55	76		103	
100	15	39	53	73	65	99	106
110		37	49	70	61	95	101
120		34	47	68	57	91	97
130			44	65	54	88	92
140				62	50	84	88
150				59	47	80	83
160					43	77	79
170					40	73	75
180					36		70
190					33		66
200							61

Fuente: Ejército de EE.UU. *Manual TM 5-277 Bailey bridge* . p. 254.

Tabla XX. **Construcción de nariz para puentes Bailey standard, standard ensanchado y extra ancho**

Longitud del puente (pies)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
N (celulas = 10 pies)	2		3		4		5		6		7		8		9		10		11	
Longitud de la nariz	20		30		40		50		60		70		80		90		100		110	
Tipo de construcción	SS	2	3	4	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	DS									1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	DD																1	2	2	2

Fuente: Ejército de EE.UU. *Manual TM 5-277 Bailey bridge* . p. 254.

Tabla XXI. **Capacidad total de esfuerzo cortante para construcciones normales de puente Bailey, esfuerzo cortante (toneladas)**

Construcción	Carga de prueba	Carga de falla	Carga de trabajo
Simple Simple SS	56	64	30
Doble Simple DS	93	100	60
Triple Simple TS	115	135	80
Doble Doble DD	125	160	100
Doble Triple DT	125	160	100
Triple Doble TD	150	210	135
Triple Triple TT	150	210	135

Fuente: Ejército de EE.UU. *Manual TM 5-277 Bailey bridge* . p. 254.

Nota:

Estos valores estan basados en pruebas realizadas por el M.E.X.E (Military Engineering Experimental Establishment)
La carga de trabajo es la recomendada por el Thos. Storey (Engineers), debe cubrir carga muerta, viva e impacto.

Tabla XXII.

Partes que se requieren para el puente Bailey y nariz o morro de lanzamiento

NOMBRE DE LA PIEZA	PESO UNITARIO (LIBRAS)	REPUESTOS INCLUIDOS	TIPO DE PUENTE																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
			SIMPLE-SIMPLE	DOBLE-SIMPLE	TRIPLE-SIMPLE	DOBLE-DOBLE	TRIPLE-DOBLE	DOBLE-TRIPLE	TRIPLE-TRIPLE																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
			CLASE (EN TONELADAS)																										LLANTAS																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
																													ORUGA																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
			LONGITUD DEL TRAMO (EN PIES)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
			CANTIDAD DE PIEZAS REQUERIDAS																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
PUENTE																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
NARIZ																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
1	SOPORTE DE PASARELA	23	2 ó 4	16	20	24	28	32	36	40	44	48	50	46	50	54	58	62	66	70	74	78	82	86	90	94	98	102	106	110	114	118	122	126	130	134	138	142	146	150	154	158	162	166	170	174	178	182	186	190	194	198	202	206	210	214	218	222	226	230	234	238	242	246	250	254	258	262	266	270	274	278	282	286	290	294	298	302	306	310	314	318	322	326	330	334	338	342	346	350	354	358	362	366	370	374	378	382	386	390	394	398	402	406	410	414	418	422	426	430	434	438	442	446	450	454	458	462	466	470	474	478	482	486	490	494	498	502	506	510	514	518	522	526	530	534	538	542	546	550	554	558	562	566	570	574	578	582	586	590	594	598	602	606	610	614	618	622	626	630	634	638	642	646	650	654	658	662	666	670	674	678	682	686	690	694	698	702	706	710	714	718	722	726	730	734	738	742	746	750	754	758	762	766	770	774	778	782	786	790	794	798	802	806	810	814	818	822	826	830	834	838	842	846	850	854	858	862	866	870	874	878	882	886	890	894	898	902	906	910	914	918	922	926	930	934	938	942	946	950	954	958	962	966	970	974	978	982	986	990	994	998	1002	1006	1010	1014	1018	1022	1026	1030	1034	1038	1042	1046	1050	1054	1058	1062	1066	1070	1074	1078	1082	1086	1090	1094	1098	1102	1106	1110	1114	1118	1122	1126	1130	1134	1138	1142	1146	1150	1154	1158	1162	1166	1170	1174	1178	1182	1186	1190	1194	1198	1202	1206	1210	1214	1218	1222	1226	1230	1234	1238	1242	1246	1250	1254	1258	1262	1266	1270	1274	1278	1282	1286	1290	1294	1298	1302	1306	1310	1314	1318	1322	1326	1330	1334	1338	1342	1346	1350	1354	1358	1362	1366	1370	1374	1378	1382	1386	1390	1394	1398	1402	1406	1410	1414	1418	1422	1426	1430	1434	1438	1442	1446	1450	1454	1458	1462	1466	1470	1474	1478	1482	1486	1490	1494	1498	1502	1506	1510	1514	1518	1522	1526	1530	1534	1538	1542	1546	1550	1554	1558	1562	1566	1570	1574	1578	1582	1586	1590	1594	1598	1602	1606	1610	1614	1618	1622	1626	1630	1634	1638	1642	1646	1650	1654	1658	1662	1666	1670	1674	1678	1682	1686	1690	1694	1698	1702	1706	1710	1714	1718	1722	1726	1730	1734	1738	1742	1746	1750	1754	1758	1762	1766	1770	1774	1778	1782	1786	1790	1794	1798	1802	1806	1810	1814	1818	1822	1826	1830	1834	1838	1842	1846	1850	1854	1858	1862	1866	1870	1874	1878	1882	1886	1890	1894	1898	1902	1906	1910	1914	1918	1922	1926	1930	1934	1938	1942	1946	1950	1954	1958	1962	1966	1970	1974	1978	1982	1986	1990	1994	1998	2002	2006	2010	2014	2018	2022	2026	2030	2034	2038	2042	2046	2050	2054	2058	2062	2066	2070	2074	2078	2082	2086	2090	2094	2098	2102	2106	2110	2114	2118	2122	2126	2130	2134	2138	2142	2146	2150	2154	2158	2162	2166	2170	2174	2178	2182	2186	2190	2194	2198	2202	2206	2210	2214	2218	2222	2226	2230	2234	2238	2242	2246	2250	2254	2258	2262	2266	2270	2274	2278	2282	2286	2290	2294	2298	2302	2306	2310	2314	2318	2322	2326	2330	2334	2338	2342	2346	2350	2354	2358	2362	2366	2370	2374	2378	2382	2386	2390	2394	2398	2402	2406	2410	2414	2418	2422	2426	2430	2434	2438	2442	2446	2450	2454	2458	2462	2466	2470	2474	2478	2482	2486	2490	2494	2498	2502	2506	2510	2514	2518	2522	2526	2530	2534	2538	2542	2546	2550	2554	2558	2562	2566	2570	2574	2578	2582	2586	2590	2594	2598	2602	2606	2610	2614	2618	2622	2626	2630	2634	2638	2642	2646	2650	2654	2658	2662	2666	2670	2674	2678	2682	2686	2690	2694	2698	2702	2706	2710	2714	2718	2722	2726	2730	2734	2738	2742	2746	2750	2754	2758	2762	2766	2770	2774	2778	2782	2786	2790	2794	2798	2802	2806	2810	2814	2818	2822	2826	2830	2834	2838	2842	2846	2850	2854	2858	2862	2866	2870	2874	2878	2882	2886	2890	2894	2898	2902	2906	2910	2914	2918	2922	2926	2930	2934	2938	2942	2946	2950	2954	2958	2962	2966	2970	2974	2978	2982	2986	2990	2994	2998	3002	3006	3010	3014	3018	3022	3026	3030	3034	3038	3042	3046	3050	3054	3058	3062	3066	3070	3074	3078	3082	3086	3090	3094	3098	3102	3106	3110	3114	3118	3122	3126	3130	3134	3138	3142	3146	3150	3154	3158	3162	3166	3170	3174	3178	3182	3186	3190	3194	3198	3202	3206	3210	3214	3218	3222	3226	3230	3234	3238	3242	3246	3250	3254	3258	3262	3266	3270	3274	3278	3282	3286	3290	3294	3298	3302	3306	3310	3314	3318	3322	3326	3330	3334	3338	3342	3346	3350	3354	3358	3362	3366	3370	3374	3378	3382	3386	3390	3394	3398	3402	3406	3410	3414	3418	3422	3426	3430	3434	3438	3442	3446	3450	3454	3458	3462	3466	3470	3474	3478	3482	3486	3490	3494	3498	3502	3506	3510	3514	3518	3522	3526	3530	3534	3538	3542	3546	3550	3554	3558	3562	3566	3570	3574	3578	3582	3586	3590	3594	3598	3602	3606	3610	3614	3618	3622	3626	3630	3634	3638	3642	3646	3650	3654	3658	3662	3666	3670	3674	3678	3682	3686	3690	3694	3698	3702	3706	3710	3714	3718	3722	3726	3730	3734	3738	3742	3746	3750	3754	3758	3762	3766	3770	3774	3778	3782	3786	3790	3794	3798	3802	3806	3810	3814	3818	3822	3826	3830	3834	3838	3842	3846	3850	3854	3858	3862	3866	3870	3874	3878	3882	3886	3890	3894	3898	3902	3906	3910	3914	3918	3922	3926	3930	3934	3938	3942	3946	3950	3954	3958	3962	3966	3970	3974	3978	3982	3986	3990	3994	3998	4002	4006	4010	4014	4018	4022	4026	4030	4034	4038	4042	4046	4050	4054	4058	4062	4066	4070	4074	4078	4082	4086	4090	4094	4098	4102	4106	4110	4114	4118	4122	4126	4130	4134	4138	4142	4146	4150	4154	4158	4162	4166	4170	4174	4178	4182	4186	4190	4194	4198	4202	4206	4210	4214	4218	4222	4226	4230	4234	4238	4242	4246	4250	4254	4258	4262	4266	4270	4274	4278	4282	4286	4290	4294	4298	4302	4306	4310	4314	4318	4322	4326	4330	4334	4338	4342	4346	4350	4354	4358	4362	4366	4370	4374	4378	4382	4386	4390	4394	4398	4402	4406	4410	4414	4418	4422	4426	4430	4434	4438	4442	4446	4450	4454	4458	4462	4466	4470	4474	4478	4482	4486	4490	4494	4498	4502	4506	4510	4514	4518	4522	4526	4530	4534	4538	4542	4546	4550	4554	4558	4562	4566	4570	4574	4578	4582	4586	4590	4594	4598	4602	4606	4610	4614	4618	4622	4626	4630	4634	4638	4642	4646	4650	4654	4658	4662	4666	4670	4674	4678	4682	4686	4690	4694	4698	4702	4706	4710	4714	4718	4722	4726	4730	4734	4738	4742	4746	4750	4754	4758	4762	4766	4770	4774	4778	4782	4786	4790	4794	4798	4802	4806	4810	4814	4818	4822	4826	4830	4834	4838	4842	4846	4850	4854	4858	4862	4866	4870	4874	4878	4882	4886	4890	4894	4898	4902	4906	4910	4914	4918	4922	4926	4930	4934	4938	4942	4946	4950	4954	4958	4962	4966	4970	4974	4978	4982	4986	4990	4994	4998	5002	5006	5010	5014	5018	5022	5026	5030	5034	5038	5042	5046	5050	5054	5058	5062	5066	5070	5074	5078	5082	5086	5090	5094	5098	5102	5106	5110	5114	5118	5122	5126	5130	5134	5138	5142	5146	5150	5154	5158	5162	5166	5170	5174	5178	5182	5186	5190	5194	5198	5202	5206	5210	5214	5218	5222	5226	5230	5234	5238	5242	5246	5250	5254	5258	5262	5266	5270	5274	5278	5282	5286	5290	5294	5298	5302	5306	5310	5314	5318	5322	5326	5330	5334	5338	5342	5346	5350	5354	5358	5362	5366	5370	5374	5378	5382	5386	5390	5394	5398	5402	5406

Tabla XXIII. **Peso de puente Bailey por módulo de 10 pies**

	Tipo de puente	Standard		Standard ensanchado		Extra ancho	
		2 traveseros por paño	4 traveseros por paño	2 traveseros por paño	4 traveseros por paño	2 traveseros por paño	4 traveseros por paño
Incluye madera y largueros	Modulación						
	SS	2		2.59		3.04	
	DS	2.6	3.04	3.19	3.78	3.64	4.23
	TS	3.17	3.6	3.75	4.35	4.2	4.8
	DD	3.77	4.2	4.36	4.95	4.8	5.4
	TD	4.91	5.34	5.49	6.09	6.04	6.63
	DT	5.36	5.79	6.03	6.62	6.49	7.08
	TT	7.07	7.5	7.74	8.33	8.28	8.88
Plataforma de madera*		0.53		0.58		1.23	
Larguero*		0.42		0.5		0.58	
Plataforma de acero*		0.2		-0.2		-0.35	
y asfalto*		0.7		0.85		0.95	
		0.9		0.65		0.6	
Morro de lanzamiento	SS	0.84		0.93		0.93	
	DS	1.43		1.53		1.53	
	DD	2.6		2.7		2.7	
Componentes de extremos	SS	1.28		1.42		1.42	
	DS, DD, DT	1.7		1.84		1.84	
	TS, TD, TT	2.02		2.05		2.05	

Fuente: Ejército de EE.UU. *Manual TM 5-277 Bailey bridge*. p. 254.

***Nota:**

Los valores de plataforma de acero y asfalto deben agregarse al valor de la tabla principal cuando se requiere utilizar este tipo de plataforma.

Los valores o pesos de plataforma de madera y largueros, también se incluye separadamente, cuando se requiera utilizar o calcular el peso de un puente si plataforma, igualmente se resta el valor de la tabla principal.

Tabla XXIV. **Formulario de inspección datos generales**

Formulario para inspección de puentes de emergencia		Inspección No	
Fecha	<input type="text"/>	Hora	<input type="text"/>
Nombre del puente		<input type="text"/>	
Personal que realiza la inspección			
Nombre, apellido y cargo		<input type="text"/>	
Tipo de puente	Bailey	Acrow panel	Mabey compact
Modulación	<input type="text"/>		
Ubicación			
Posición	Latitud	Longitud	Elevación
Longitud	pies	metros	No de módulos
Ancho	Tipo de ancho		
Tipo de calzada	Acero	Madera	Asfalto

Esquema de ubicación

Entrevista en el lugar

Nombre del habitante

Ocupación

Datos importantes (tiempo de instalación, tipo de vehículos y carga, accidentes, crecidas máximas, etc)

Observaciones

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. Formulario de inspección punto de emplazamiento

PUNTO DE EMPLAZAMIENTO			
Calles de acceso, taludes, señalización, estructuras existentes, seguridad			
Clase de daño	Estado	Calificación	Descripción
Rodadura	Bueno		Carreteras de acceso con superficie de rodadora estable
	Regular		Carreteras de acceso con superficies tratadas, sin problemas de tránsito
	Malo		Carreteras de acceso no tratadas, genera problemas de tránsito
Erosión	Bueno		No presenta
	Regular		Presenta, pero puede ser tratada de forma fácil en el lugar
	Malo		Presenta grandes daños es necesario realizar obras civiles
Deslizamiento	Bueno		No presenta
	Regular		Presenta, pero puede ser tratada de forma fácil en el lugar
	Malo		Presenta grandes daños, es necesario realizar obras civiles
Hundimiento	Bueno		No presenta
	Regular		Presenta , pero puede ser tratada o reparada en el lugar
	Malo		Presenta grandes hundimientos es necesario realizar obras civiles
Limpieza	Bueno		Si presenta
	Regular		No presenta, pero puede ser omitida
	Malo		No presenta, pero es de suma urgencia realizar chapeado del area
Existente	Bueno		Se encuentra en buen estado físico
	Regular		Su estado no afecta la funcionalidad de la estructura
	Malo		Se encuentra en mal estado físico, puede causar daños a la estructura
Faltante	Bueno		No presenta
	Regular		Falta la parte, pero no es funcional
	Malo		Falta la parte, pero es vital para la funcionalidad de la estructura
MAYORÍA DE CALIFICACIÓN	MALO		Requiere mantenimiento correctivo
	REGULAR		Requiere mantenimiento preventivo
	BUENO		Se encuentra en buen estado, no requiere mantenimiento

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVI. Formulario de inspección superestructura

SUPER ESTRUCTURA			
Elementos principales, elementos de unión, elementos de calzada vehicular o peatonal, apoyos			
Clase de daño	Estado	Calificacion	Descripcion
Pintura	Bueno		No requiere pintura
	Regular		Corrosión moderada, partes necesitan retoque de pintura
	Malo		Corrosión excesiva, restauración completa de pintura
Fisura	Bueno		No presenta o presenta pequeñas fisuras superficiales
	Regular		Pequeñas fisuras internas, requieren sellado
	Malo		Fisuras grandes, requieren tratamiento especial de sellado
Agrietamiento	Bueno		No presenta o presenta pequeños agrietamientos superficiales
	Regular		Pequeños agrietamientos internos, requieren sellado
	Malo		Fisuras grandes, requieren el cambio de la pieza
Desgaste	Bueno		No presenta
	Regular		Desgaste moderado, requiere reacomodo
	Malo		Desgaste excesivo, requieren el cambio de la pieza
Retorcedura	Bueno		No presenta
	Regular		Moderada, sin riesgos funcionales
	Malo		Retorcedura grande, requiere reparación o sustitución
Aplastamiento	Bueno		No presenta
	Regular		Aplastamiento moderado, requiere tratamiento
	Malo		Aplastamiento grande, requiere extraer la pieza y enderezarla
Zafadura	Bueno		Zafadura del elemento, facil de reacomodar
	Regular		Moderada, depende de la funcionabilidad del elemento
	Malo		Zafadura del elemento, dificil de reacomodar
Limpieza	Bueno		Si presenta
	Regular		No presenta, pero puede ser omitida
	Malo		Es de suma urgencia realizar un chapeado del área
Faltante	Bueno		No presenta
	Regular		Falta del elemento, pero no es imprescindible
	Malo		Falta del elemento, pero es imprescindible

MAYORÍA DE CALIFICACIÓN	MALO		Requiere mantenimiento correctivo
	REGULAR		Requiere mantenimiento preventivo
	BUENO		Se encuentra en buen estado, no requiere mantenimiento

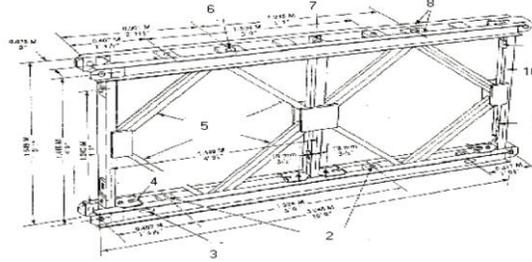
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. Formulario de inspección subestructura

SUBESTRUCTURA			
Cimentación, estribos, columnas, pilotes, rampa de acceso, calzada			
Clase de daño	Estado	Calificación	Descripción
Fisura	Bueno		Fisuras pequeñas, donde se encuentran no producen problemas en la estructura
	Regular		Fisuras mas visibles, por el lugar donde se encuentran no producen problemas
	Malo		Fisuras visibles, generan problemas en la estructura
Asentamiento	Bueno		No presenta
	Regular		Presenta en estructuras cercanas al punto de emplazamiento
	Malo		Presenta en las cimentaciones de la estructura
Socavación	Bueno		No presenta
	Regular		Presenta en estructuras cercanas al punto de emplazamiento
	Malo		Presenta en las cimentaciones de la estructura
Erosión	Bueno		No presenta
	Regular		Presenta, pero puede ser tratada de forma fácil en el lugar
	Malo		Presenta grandes daños, es necesario realizar obras civiles
Desgaste	Bueno		No presenta
	Regular		Presenta desgaste, necesita rezanar el área afectada
	Malo		Presenta desgaste, necesita rezanar varias piezas completas
Corrosión	Bueno		No presenta
	Regular		Presenta oxido, requiere pintura en algunas partes
	Malo		Corrosion excesiva, requiere raspar, retirar pintura base y pintar de nuevo
Deformación	Bueno		No presenta
	Regular		Deformación moderada, requiere metodos empiricos para reparar las piezas
	Malo		Deformación grande, requiere metodos especiales de obra civil
Bache	Bueno		No presenta
	Regular		Presenta baches, se pueden resanar por partes afectadas
	Malo		Presenta grandes baches, requiere del recarpeteo de la rodadura
Podrido	Bueno		No presenta
	Regular		Presenta partes podridas que no afectan la estructura
	Malo		Presenta partes podridas, afectan la estructura, necesita restitución
Limpieza	Bueno		Si presenta
	Regular		No presenta, pero puede ser omitida
	Malo		No presenta, es de suma urgencia realizar un chapeo del area
Existente	Bueno		Si presenta
	Regular		No presenta, pero no es funcional
	Malo		No presenta, es vital para el funcionamiento de la estructura
MAYORÍA DE CALIFICACIÓN	MALO		Requiere mantenimiento correctivo
	REGULAR		Requiere mantenimiento preventivo
	BUENO		Se encuentra en buen estado, no requiere mantenimiento

Fuente: elaboración propia.

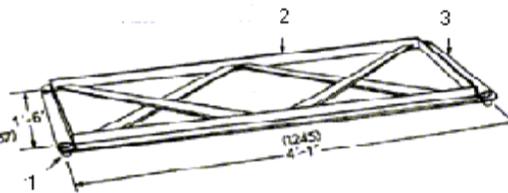
Tabla XXVIII. **Formulario de inspección específica panel Bailey y bastidor de arriostramiento**



Inspección específica: panel Bailey

Realizada por

No	Descripción	Tipo de daño				Observaciones
		Corrosión	Fisura	Soldadura	Golpe	
1	Perfil tipo U					
2	Perfil de 3" x 1.5"					
3	Asiento de travesero					
4	Agujero de bastidor					
5	Agujero para torniquetes					
6	Anclaje de diagonal de arriostramiento					
7	Agujero pa					
8	Agujero pa cordon					
9	Agujero tor					
10	Perfil estru					



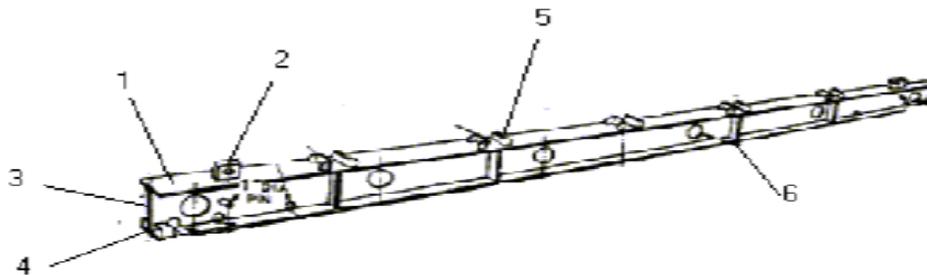
Inspección específica: bastidor de arriostramiento

Realizada por

No	Descripción	Tipo de daño				Observaciones
		Corrosión	Fisura	Soldadura	Golpe	
1	Espiga cónica					
2	Perfiles angulares laterales					
3	Perfiles angulares externos					

Fuente: elaboración propia.

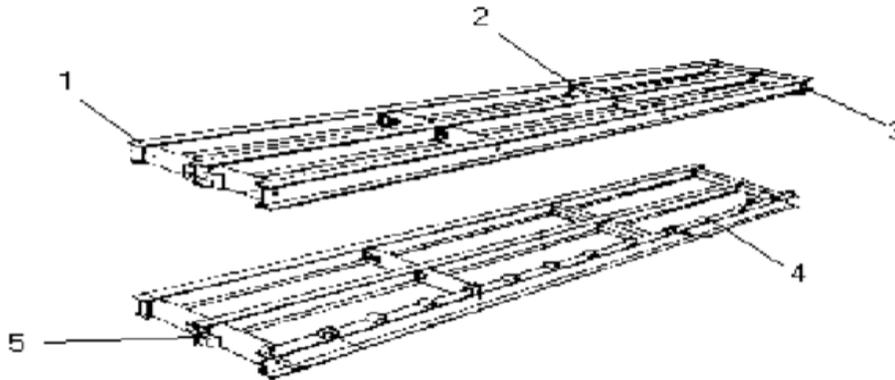
Tabla XXIX. **Formulario de inspección específica travesero y emparrillado**



Inspección específica: travesero

Realizada por

No	Descripción	Tipo de daño				Observaciones
		Corrosión	Fisura	Soldadura	Golpe	
1	Patín superior					
2	Orejas para tornapuntas					
3	Alma de la viga					
4	Patín inferior					
5	Oreja para emparrillado					
6	Cartela					



Inspección específica: emparrillado

Realizada por

No	Descripción	Tipo de daño				Observaciones
		Corrosión	Fisura	Soldadura	Golpe	
1	Perfil tipo w					
2	Rigidizadores					
3	Agujero de drenaje en cada perfil					
4	Oreja para pernos de trinca					
5	Grapas de posición					

Fuente: elaboración propia.