

FACULTAD DE  
ARQUITECTURA



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA

**ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE  
PUENTES COLGANTES PEATONALES,  
EN LA COSTA SUR DE GUATEMALA**

JOSÉ HUMBERTO ESTRADA RODAS

ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE PUENTES COLGANTES  
PEATONALES, EN LA COSTA SUR DE GUATEMALA

JOSÉ HUMBERTO  
ESTRADA RODAS



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA

**ÁNÁLISIS DESCRIPTIVO DE PUENTES COLGANTES  
PEATONALES, EN LA COSTA SUR DE GUATEMALA**

PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA  
DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA  
DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Por: José Humberto Estrada Rodas

Al conferirse el título de:

**ARQUITECTO**

En el grado académico de:

**LICENCIATURA**

Guatemala, junio de 2007



ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE PUENTES COLGANTES  
PEATONALES, EN LA COSTA SUR DE GUATEMALA

## JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA

---

Decano: Arq. Carlos Enrique Valladares Cerezo.  
Vocal primero: Arq. Jorge Arturo González Peñate.  
Vocal segundo: Arq. Raúl Estuardo Monterroso Juárez.  
Vocal tercero: Arq. Jorge R. Escobar Ortiz.  
Vocal cuarto: Br. Pooll Enrique Polanco Betancourt.  
Vocal quinto: Br. Eddy Alberto Popa Ixcot.  
Secretario: Arq. Alejandro Muñoz Calderón.

### **Tribunal examinador:**

Decano: Arq. Carlos Enrique Valladares Cerezo.  
Examinador: Arq. Sergio Mohamed Estrada.  
Examinador: Arq. Publio Alcides Rodríguez.  
Examinador: Dr. Ing. Arq. Jorge Haroldo Salaverría Reyes.

### **Sustentante:**

José Humberto Estrada Rodas.

### **Asesor:**

Arq. Sergio Mohamed Estrada.



## DEDICATORIA:

---

- A Dios:** Ser supremo que me iluminó para coronar mi carrera.
- A mis padres:** **José Romeo Estrada y Ana Patricia Rodas de Estrada.**  
Con inmenso amor y como reconocimiento a sus sacrificios.
- A mi hermano:** **Sergio Estuardo Estrada Rodas.**  
Por su apoyo y cariño.
- A:** **Karla Beatriz Monterroso.**  
Por su incondicional compañía.
- A mis abuelitas:** **Rosa Valdizón Vda. De Estrada y Marta Mencos Vda. De Rodas.**  
Por su sabia orientación.
- A mis abuelitos:** **Indalecio Estrada y Humberto Rodas.**  
A su memoria dedico esta tesis.
- A mis tíos:** **Humberto, Indalecio, Esteban, Vinicio, Amalia y Rosa Anabella.**  
Por su cariño.
- A mis padrinos:** **Licda. Irma Josefina Juárez e Ing. Carlos Humberto Valdizón.**

**A mis amigos y compañeros de promoción:** Jenny Barrios, Eduardo Rodríguez, Josué Palacios, Cecilia Quiñónez, Jorge Pérez, Byron y Fernando Zúñiga, Emilio Rodríguez, Sergio Gramajo, Jorge Soto, Gabriel Quiñónez, Guillermo Reyes, Daniel Amaya.



## AGRADECIMIENTOS:

---

**A la Facultad de Arquitectura USAC:** Por haberme abierto las puertas del saber.

**A mi asesor:** Arq. Mohamed Estrada.

**A mis consultores:** Arq. Publio Rodríguez y Dr. Ing. Arq. Jorge Salaverría.

**A las bibliotecas:** Centro de información y documentación de la Facultad de Arquitectura (CIDAR).  
Centro de información a la construcción, Facultad de Ingeniería (CICON).

**A:** Dirección General de Caminos (D.G.C.), especialmente a las personas del departamento técnico de planificación.



# ÍNDICE

Presentación.	v
<b>1. GENERALIDADES.</b>	
1.1. Antecedentes.	2
1.2. Justificación.	3
1.3. Objetivos.	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos particulares o específicos	3
1.4. Delimitación del tema-problema.	3
1.5. Metodología.	3
<b>2. MARCO LEGAL.</b>	
2.1. Leyes y reglamentos.	6
2.1.1. Constitución Política de la República de Guatemala.	6
2.1.2. Código Civil.	6
2.1.3. Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente.	9
2.1.4. Reglamento sobre estudios de impacto ambiental.	8
2.1.5. Reglamento de evaluación, control y seguimiento ambiental.	8
2.2. Estándares y regulaciones técnicas.	9
2.2.1. Especificaciones ambientales para puentes.	9



2.2.2. Especificaciones estructurales para puentes.	9
---	---

### 3. MARCO TEÓRICO.

3.1. Reseña Histórica.	12
3.2. Consideración de las acciones en las estructuras.	14
3.2.1. Clasificación de las cargas por su aplicación en la estructura.	14
3.2.2. Clasificación de las cargas por su estado de movimiento.	15
3.2.3. Clasificación de las acciones.	16
3.3. Las estructuras funiculares como principio fundamental de los puentes colgantes.	18
3.3.4. Deformaciones físicas del cable colgante y formas de estabilización.	19
3.3.5. Dirección de las cargas en un puente colgante como fundamento del dimensionamiento estructural.	21
3.4. Partes que forman los puentes colgantes.	22
3.4.1. Puente colgante de plataforma suspendida.	22
3.4.2. Puente colgante sin rigidez o flexible.	23
3.5. Tipos de puentes colgantes.	23
3.5.1. Puente colgante. <i>Puente Severn</i>	24
3.5.2. Puente atirantado. <i>Viaducto de Millau / Puente Zakim</i>	28
3.5.3. Puente colgante de estructura montado sobre modillón central. <i>Puente del Alamillo</i>	34
3.5.4. Puente colgante giratorio de estructura montado sobre modillón central. <i>Puente de la Mujer</i>	36
3.5.5. Puente colgante de arco giratorio. <i>Gateshead Millenium Bridge</i>	38
3.5.6. Puente colgante suspendido o de hamaca. <i>Puente de sogas inca</i>	40
3.5.7. Puente de plataforma suspendida con arco de compresión de acero. <i>Puente del puerto de Sydney</i>	42
3.5.8. Millennium Bridge.	45
3.5.9. Puente Steg uber der Mur.	47
3.5.10. Puente del museo Miho.	49
3.5.11. Tabla comparativa de tipos de puentes colgantes.	52



3.6.	<b>Materiales de construcción más usados en los puentes colgantes.</b>	<b>53</b>
3.6.1.	Cimentaciones y anclajes.	53
3.6.2.	Torres y plataformas de paso.	53
3.6.3.	Cables principales y secundarios.	55
3.7.	<b>Fases constructivas de los puentes colgantes.</b>	<b>59</b>
3.7.1.	Fases constructivas de los puentes colgantes de plataforma rígida.	59
3.7.2.	Fases constructivas de los puentes colgantes flexibles o de hamaca.	62
3.8.	<b>Proceso de planificación de los puentes colgantes.</b>	<b>64</b>
3.8.1.	Trabajos necesarios.	64
3.8.2.	Consideraciones previas.	66
3.9.	<b>Dimensionamiento geométrico de los puentes colgantes peatonales.</b>	<b>70</b>
3.9.1.	Puentes suspendidos de plataforma.	70
3.9.2.	Puentes colgantes flexibles o de hamaca.	75
<b>4.</b>	<b>FICHAS TÉCNICAS DE CASOS ANÁLOGOS.</b>	
4.1.	Puente “El Jobo”.	80
4.2.	Puente “Tamasulapa”.	82
4.3.	Puente “Orellana”.	84
4.4.	Puente sobre el río Copán.	87
4.5.	Puente “Valle Escondido”.	90
4.6.	Puente “Talpetate”.	91
4.7.	Puente “Jocotillo”.	93



4.8. Puente “Ávila”.	95
4.9. Puente “El Colmenar”.	97
4.10. Puente del Callejón “Casillas”.	99
4.11. Puente “Tierra Nueva”.	100
4.12. Puente de Nuevo San Carlos.	102
4.13. Tabla comparativa de casos estudiados.	104
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.</b>	<b>105</b>
<b>ANEXOS.</b>	
A.1. Ejemplo de dimensionamiento de puente colgante.	107
A.2. Matriz de evaluación de los casos estudiados.	116
<b>GLOSARIO.</b>	<b>117</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.</b>	<b>120</b>



# PRESENTACIÓN

En el *Capítulo 1*, se exponen las generalidades de este análisis, como los antecedentes, justificación, objetivos y metodología utilizada. Este apartado expone las razones y los principios por las cuales se hizo esta tesis.

El *Capítulo 2* contiene el marco legal, que son los principios legales que se deben tomar en cuenta para la realización de un proyecto de este tipo. En esta unidad se mencionan leyes tales como la *Constitución política de la República de Guatemala –Expropiación-*, *Código Civil -Servidumbres-*, *Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente -Estudios de impacto ambiental-*, *Reglamentos de estudio de impacto ambiental –estudios ambientales para el desarrollo de infraestructura de puentes-*, *Reglamento de Evaluación, control y seguimiento ambiental –supervisión, seguimiento y vigilancia del impacto en el entorno de un puente-*, *Estándares y regulaciones técnicas –cargas vivas según normas norteamericanas-*.

En el *Capítulo 3*, el Marco Teórico, muy extenso, comprende una *reseña histórica*, -que cuenta la evolución cronológica de los puentes colgantes, las personas involucradas y los adelantos en este tipo de puentes. *La consideración de las acciones en las estructuras* explica los tipos de cargas y acciones que actúan sobre las estructuras, y así, en la aplicación de estas consideraciones a los puentes colgantes. *Las estructuras funiculares como principio fundamental de los puentes colgantes* expone como este tipo de estructuras son la base fundamental del este tipo de puentes, y cómo su elemento principal –*el cable-* puede ser configurado y afectado en diversas formas según las cargas. Asimismo se muestran detalladamente *las partes que forman los puentes colgantes* en dos de sus configuraciones mas usadas. En este capítulo también se detallan los *tipos de puentes colgantes*, en función de la configuración de los cables en la estructura, con ejemplos descriptivos de los principales puentes que exponen cada uno de estos tipos. En *los materiales mas usados en la construcción de puentes colgantes*, se enumeran los materiales y accesorios empleados en la ejecución en cada una de las partes que forman los puentes colgantes, así como los modos indicados para su instalación. Asimismo, las *fases constructivas de los puentes colgantes* demuestran la secuencia que se debe llevar para la construcción y el montaje de las partes que los forman según su configuración estructural desde la fundición de anclajes hasta la colocación de los últimos cables y vigas. También se incluyó el apartado de *Proceso de planificación de puentes colgantes* como un compendio de criterios de diseño y planificación en función de las principales condicionales a tomar en cuenta como levantamientos topográficos, estudios de suelo, usuarios, frecuencia de uso y riesgos. Por ultimo en este capitulo, el *dimensionamiento geométrico de los puentes colgantes peatonales* proporciona fórmulas y tablas detalladas de dimensionamiento rápido de los dos tipos de puentes colgantes estudiados, dando así una versátil solución a dichos problemas de diseño.



## ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE PUENTES COLGANTES PEATONALES, EN LA COSTA SUR DE GUATEMALA

En el *Capítulo 4, Fichas técnicas de casos estudiados*, se analiza el estado y los datos de algunos puentes colgantes visitados en la Costa Sur de Guatemala, comparando sus dimensiones reales con las establecidas en las tablas de dimensionamiento en el capítulo anterior, concluyendo con una tabla comparativa de todos estos casos para sintetizar todas y cada una de sus cualidades.

Finalmente, se adjunta los *Anexos* que contienen la matriz de evaluación con la que se recabaron los datos de los puentes estudiados en el capítulo 4 y un procedimiento de cálculo para mostrar el proceso que se sigue para dimensionar las partes de un puente colgante.



## 1. GENERALIDADES

*“Los puentes son considerados con frecuencia del dominio de la ingeniería más bien que del campo del arquitecto. Pero la arquitectura de la infraestructura tiene un poderoso impacto en el ambiente... e ilustra cómo el arquitecto juega un rol integral en el diseño de puentes...en la expresión de la fascinación con las relaciones entre la función, tecnología y una forma estructural con gracia.”*

*Norman Foster*



## ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE PUENTES COLGANTES PEATONALES, EN LA COSTA SUR DE GUATEMALA

### TITULO DE TESIS:

“ANALISIS DESCRIPTIVO DE PUENTES COLGANTES PEATONALES EN LA COSTA SUR DE GUATEMALA”.

### 1.1.\_ANTECEDENTES:

**Socio-económicos:** En las regiones marginadas del país, la pobreza ha causado grandes problemas de acceso a las comunidades, empeorando más sus condiciones socio-económicas, teniendo que escoger opciones de acceso precarios (ver fotografías), ante la falta de una infraestructura de paso peatonal adecuada.

**Técnicos:** Los estudiantes y profesionales de Arquitectura carecen de un documento de apoyo en materia de diseño y planificación de puentes colgantes peatonales.



Fotografías: (arriba) Vista del río Cristóbal desde la aldea “las Playas”. (Abajo) Vista desde la aldea “El Carrizal”. Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.



## 1.2. JUSTIFICACIÓN:

Con este estudio se logrará brindar, a los estudiantes y profesionales de Arquitectura, un complemento del conocimiento para el diseño y construcción de esta tipología de puentes colgantes, ya que en los últimos 4 semestres se ha establecido una cantidad de 46 proyectos de este tipo de puentes.<sup>1</sup>

## 1.3. OBJETIVOS:

### 1.3.1. Objetivo general:

Desarrollar un análisis descriptivo de algunos puentes peatonales existentes de acuerdo con las condicionantes de la Costa Sur de Guatemala.

### 1.3.2. Objetivos particulares o específicos:

- Proporcionar las herramientas teóricas y conceptuales para la toma de decisiones en el diseño de puentes colgantes.
- Dar a conocer los diferentes casos reales de puentes colgantes peatonales en el área sur de la República de Guatemala.

## 1.4. DELIMITACION DEL TEMA-PROBLEMA:

- **Límite de estudio:** Se estudiará la información de los puentes con estas características:
  1. *Tipología estructural:* Puentes colgantes de materiales como acero y madera.
  2. *Uso:* Peatonal
  3. *Geográfico:* Para la costa sur de la República de Guatemala.
  4. *Documental:* Se limitará consulta de documentos que se especialicen en puentes colgantes.

## 1.5. METODOLOGÍA:

Para concretar el estudio, se ejecutarán las siguientes acciones:

La recolección de datos y *fuentes* primarias se hará en hemerotecas (para la parte histórica de la investigación), bibliotecas (*Investigación bibliográfica:* Manuales, textos, tratados, tesis, leyes y reglamentos) tanto de las facultades de Arquitectura e Ingeniería como en la Biblioteca

<sup>1</sup> Según informes finales de proyectos de E.P.S., desde el primer semestre del año 2003 hasta el Segundo semestre del año 2004



## ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE PUENTES COLGANTES PEATONALES, EN LA COSTA SUR DE GUATEMALA

central de la USAC, dependencias privadas y estatales; con respecto a la información bibliográfica, no hay mucha información acerca de puentes colgantes peatonales, se tomó en cuenta la tipología de los puentes colgantes vehiculares, que sirven de referencia. Entrevistas, consultas y asesorías con especialistas en materia de puentes encargados de diseño y planificación de puentes de esta tipología.

*Durante el trabajo de campo* se efectuaron las mediciones o levantamientos fotográficos y arquitectónicos en las visitas a las regiones y comunidades de la costa Sur de Guatemala, donde existan puentes peatonales colgantes para la evaluación de sus detalles. El uso de fichas de evaluación complementado con fotografías.

Las técnicas de recolección de los datos se efectuaron mediante entrevistas con personas profesionales del cálculo y diseño de puentes colgantes e investigación bibliográfica de la información. *El trabajo de gabinete* consiste en el procesamiento de la información recolectada en el campo se hará por medio del ordenador, utilizando programas de texto (MS Word), hojas de cálculo (MS Excel), dibujo digital (AutoCad).



## 2. MARCO LEGAL



## ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE PUENTES COLGANTES PEATONALES, EN LA COSTA SUR DE GUATEMALA

En este apartado, se dan los lineamientos y consideraciones que se tiendan a tomar en cuenta para cumplir con leyes, reglamentos y regulaciones que están directamente muy relacionadas con el diseño, planificación, gestión (trámites y solicitudes) y construcción o ejecución de puentes colgantes peatonales.

### 2.1. Leyes y Reglamentos

#### 2.1.1 Constitución Política de la República de Guatemala<sup>2</sup>

*Artículo 40: Expropiación*

Enunciado	Comentarios y observaciones
<i>“En casos concretos, la propiedad privada podrá ser expropiada por razones de utilidad colectiva, beneficio social o interés público debidamente comprobadas. La expropiación deberá sujetarse a los procedimientos señalados por la ley, y el bien afectado se justipreciará<sup>3</sup> por expertos tomando como base su valor actual.”</i>	La <i>expropiación</i> es la desposesión de una propiedad a su propietario o poseedor, por motivos de utilidad pública. En el caso de la construcción de todo tipo de obras para uso común en un área determinada de un bien inmueble, es necesaria la expropiación, para garantizar este mismo a favor del Estado, así asegurar legalmente, las obras de infraestructura.

#### 2.1.2. Código Civil<sup>4</sup>

*Artículo 777: Servidumbres urbanas de acueducto*

Enunciado	Comentarios y observaciones
<i>“Las servidumbres urbanas de acueducto, canal, <b>puente</b>, cloaca, sumidero y demás establecidas para el servicio público y privado de las poblaciones, edificios, jardines y fábricas, se regirán por las disposiciones generales y locales.”</i>	La <i>servidumbre</i> es la obligación o carga impuesta (de tipo económica, por lo general) de un predio o bien inmueble para utilidad pública. Esta disposición rige las áreas urbanas o muy cercanas a ellas, por lo que están sujetas a cumplir con reglamentos o regulaciones (municipales u otras), existentes en el área de influencia de dicha área urbana.

<sup>2</sup> Constitución Política de la República de Guatemala, 1993.

<sup>3</sup> Justipreciar: quiere decir apreciar, valorar o tasar una cosa.

<sup>4</sup> Código Civil. Decreto No. 106. Guatemala, 2003.



### 3.1.3. Ley de Protección y mejoramiento del medio ambiente<sup>5</sup>

#### Artículo 8

Enunciado	Comentarios y observaciones
<p><i>“Para todo proyecto, obra, industria o cualquier otra actividad que por sus características puede producir deterioro a los recursos naturales renovables y no, al ambiente, o introducir modificaciones nocivas o notorias al paisaje y la los recursos culturales del patrimonio nacional, será necesario, previamente a su desarrollo un Estudio de Impacto Ambiental, realizado por técnicos en la materia y aprobado por la Comisión del Medio Ambiente (EIA). El funcionario que omitiere exigir el Estudio de Impacto Ambiental, de conformidad con este artículo, será responsable personalmente por incumplimiento de deberes, así como en particular que omitiere cumplir con dicho estudio de Impacto Ambiental será sancionado con una multa de Q5,000.00 a Q100,000.00.”</i></p>	<p>En el caso proyectos de construcción, es necesaria la realización de estudio de Impacto Ambiental (EIA.) para establecer las condiciones actuales del entorno natural, económico y cultural del área a afectar. La forma y tipología de la construcción y operación de un proyecto, como un puente colgante, incidirá en el Medio Ambiente y el Paisaje.</p>

#### Artículo 16: De los sistemas lítico y edáfico

Enunciado	Comentarios y observaciones
<p><i>“El Organismo Ejecutivo emitirá los reglamentos relacionados con:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><i>a) Los procesos capaces de producir deterioro en los sistemas lítico (o en las rocas y minerales) y edáfico (o de los suelos), que provengan de actividades industriales, minerales, petroleras, agropecuaria, pesquera y otras.</i></li> <li><i>b) La descarga de cualquier tipo de sustancias que puedan alterar la calidad física, química o mineralogía del suelo o del subsuelo que le sean nocivas a la salud o a la vida humana, la flora, la fauna y a los recursos y bienes.</i></li> <li><i>c) La conservación, salinización, laterización, desertificación y aridificación del paisaje, así como la pérdida de transformación de energía.</i></li> </ul>	<p>En los casos que amerite, es necesaria la práctica de un estudio de suelos, para determinar la integridad del mismo, de modo que las cimentaciones del puente, que sostienen el resto de la estructura, no afecten la integridad del suelo o subsuelo, como éste último no arruine la constitución estructural de las cimentaciones.</p>

<sup>5</sup> Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente. Decreto No. 68-86. Guatemala, 1986.



d) *El deterioro cualitativo y cuantitativo de los suelos.*"

#### 2.1.4. Reglamento sobre estudios de impacto ambiental<sup>6</sup>

*Artículo 5: Tipo de estudios a presentarse*

Enunciado	Comentarios y observaciones
<p><i>"Los proyectos y actividades listados e el Anexo 2<sup>7</sup>, cuyos impactos y riesgos ambientales potenciales son considerados significativos y que dependiendo de la fragilidad ambiental del sitio de su ubicación, del tipo de los procesos productivos y de su dimensión, pueden causar alteraciones significativas o desconocidas al medio ambiente, deben presentar a CONAMA un EIA (Estudio de Impacto Ambiental), de acuerdo con las disposiciones de los capítulos IV y V de este reglamento"</i></p>	<p>Especifica que el desarrollo de infraestructura de comunicaciones terrestres (como carreteras, puentes, etc.) debe sustentar un estudio de impacto ambiental (EIA), para tener en cuenta el daño que supone la carga vehicular en el entorno del proyecto.</p>

#### 2.1.5. Reglamento de Evaluación, control y seguimiento ambiental (Acuerdo Gubernativo 23-2003)<sup>8</sup>

*Artículo 19: Instrumentos de control y seguimiento ambiental.*

Enunciado	Comentarios y observaciones
<p><i>"Consiste en el conjunto de instrumentos y procedimientos de la gestión ambiental que tienen como fin la realización de un proceso de actividades que verifiquen el cumplimiento de las medidas de mitigación definidas con anterioridad en las evaluaciones ambientales y diagnóstico Ambiental, las cuales deberán estar dentro de las normas o parámetros técnicos establecidos."</i></p>	<p>Definición del tipo de labores a llevarse a cabo para la supervisión de obras de infraestructura con énfasis en el impacto de su entorno, tanto inmediato como su radio de influencia regional, económico y ambiental.<sup>9</sup></p>

*Artículo 22: Auditorias ambientales y; Artículo 23: Seguimiento y vigilancia ambiental.*

Enunciado	Comentarios y observaciones
-----------	-----------------------------

<sup>6</sup> Reglamento sobre estudios de Impacto Ambiental. Julio de 1998.

<sup>7</sup> Apartado de este reglamento que comprende el subtítulo de TRANSPORTE, y en este mismo indicado en el renglón de *"Construcción de carreteras y otras vías de comunicación terrestre"*.

<sup>8</sup> Reglamento de Evaluación, control y seguimiento ambiental. Acuerdo Gubernativo 23-2003. Guatemala, 2003.

<sup>9</sup> Este seguimiento es procedimiento para el control ambiental que ejerce el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales sobre los proyectos en ejecución de la Dirección General de Caminos y sus contratistas en la ejecución de puentes.



<p><i>“Artículo 22: Proceso de verificación sistemático y documentado para evaluar el grado de cumplimiento de los Planes de Gestión Ambiental y determinar criterios para garantizar su cumplimiento. Pueden ser de carácter obligatorio o voluntario, con el propósito de certificación, registro y/o autodeclaración.”</i></p> <p><i>“Artículo 23: Consiste en el levantamiento de información periódica o de prueba para determinar el nivel de cumplimiento de los requisitos obligatorios normativos, compromisos ambientales o para la identificación de los niveles de contaminantes en el ambiente.”</i></p>	<p>Este es un detalle de los instrumentos de fiscalización ambiental con los que cuenta el Ministerio de Medio Ambiente, para corroborar el progreso de las medidas que mitiguen el daño al paisaje de todo tipo de construcción de infraestructura.</p>
---	--

## 2.2. Estándares y Regulaciones técnicas

### 2.2.1. Especificaciones ambientales para puentes.

#### Medio Ambiente

Enunciado	Comentarios y observaciones
<p><i>“Aspectos Ambientales<sup>10</sup>: ...La D.G.C.<sup>11</sup> deberá contar con el Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental –EIA- ya aprobado, que contenga las medidas de mitigación, para todas aquellas actividades que por sus características puedan causar deterioro del medio ambiente y a los recursos naturales y culturales antes de la ejecución de una obra. En estas especificaciones generales se tratan aspectos ambientales relacionados con los siguientes temas:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><i>a) Campamentos</i></li> <li><i>b) Limpieza final del derecho de vía</i></li> <li><i>c) Operaciones en bancos de materiales</i></li> <li><i>d) Equipo</i></li> </ul>	

<sup>10</sup> Especificaciones Generales para la Construcción de carreteras y puentes. Pág. 35.

<sup>11</sup> Dirección General de Caminos, entidad del Ministerio de Comunicaciones.



<ul style="list-style-type: none"><li>e) Disposiciones sanitarias</li><li>f) Seguridad el personal</li><li>g) Protección del medio ambiente (EIA)</li><li>h) Protección de bosques</li><li>i) Protección de fuentes de agua</li><li>j) Protección de zonas de amortiguamiento</li><li>k) Protección de sitios y vestigios arqueológicos</li><li>l) Protección y restauración del paisaje</li><li>m) Plan de seguridad, control del transito y mantenimiento</li><li>n) Barricadas, avisos de precaución y maquinaria</li><li>o) Operaciones nocturnas</li><li>p) Retiro de monumentos históricos</li><li>q) Limpia, chapeo y destronque</li><li>r) Desperdicio (botaderos)</li><li>s) Paliativos de polvo</li><li>t) Plantas de asfalto</li><li>u) Afectaciones.”</li></ul>	
---	--

### 2.2.2. Especificaciones estructurales para puentes.

#### Carga viva para paso peatonal

Enunciado	Comentarios y observaciones
<p>“Cargas para pasos peatonales<sup>12</sup>: Los pisos y pasos peatonales y sus soportes inmediatos tienen que estar diseñados para una carga viva de 85 lb./pie<sup>2</sup> (libras sobre pie cuadrado) de área de paso. Los aros, arcos y rigidizantes y otros miembros de la estructura deberán ser diseñados para esta carga”</p>	<p>85 lb./pie<sup>2</sup>=415 kg./m<sup>2</sup> es la carga estándar absoluta para el cálculo de puentes peatonales de cualquier tipo. La Dirección General de Caminos, siempre ha usado esta carga en el cálculo de puentes peatonales, especialmente colgantes.</p>

<sup>12</sup> Standard specifications for Highway Bridges. AASHTO. Pág. 35.



### 3. MARCO TEÓRICO



### 3.1 RESEÑA HISTÓRICA

Si bien los puentes colgantes han sido conocidos en China desde inicios del año 206 a. de C., y los puentes colgantes suspendidos de sogas, que fueron usados por la civilización Inca en las montañas de los Andes en América del sur justo antes de la colonización europea en el siglo XV,<sup>13</sup> el primer puente colgante apareció en Europa hasta el año de 1741, cuando el puente Winch de 21 m. de envergadura fue construido sobre el río Tess, Inglaterra, con una plataforma suspendida bajo dos cadenas. Sin embargo, en el año de 1796, fue el norteamericano James Finley, el que construyó el primer puente colgante práctico en el río Jacobs, cerca de Uniontown, Pensilvania. La forma del puente incorpora todos los elementos esenciales del moderno puente colgante. Entre los años de 1796 y 1810 se construyeron más de cincuenta puentes de este tipo con la patente de diseño de Finley. En 1816 se construye el primer puente que incorpora cable de acero, tenía 124m de largo, era peatonal y fue improvisado para los trabajadores de la fábrica de acero de Josiah White y Erkin Hazard a orillas de río Schuylkill, en Filadelfia, el cual tuvo una duración de un año.<sup>14</sup>

Los franceses y los suizos continuaron usando cables de acero y desarrollaron métodos de fabricación de cables *in situ*. En 1822, Marc Seguin propuso un cable compuesto de suspensión hecho de más de cien delgados cables de acero sobre el río Cance, en Annonay, y propuso una estructura mayor en el río Rhone en Tournon, ambos ríos en Francia. Por ensayos científicos, determinó que la fuerza del cable de acero era el doble que las barras de acero inglesas y lo describió en su libro *Des ponts en fil de fer*, publicado en 1824. El primer puente colgante con cables de acero permanente, diseñado por Seguin, fue abierto al público en Génova en 1823, seguido por el puente Tain-Tournon, que tenía una plataforma suspendida doble sobre el río Rhone, completado en 1825. El reemplazo de dicho puente se abrió al público en 1847, y en la actualidad sigue en pie, siendo probablemente el puente colgante más viejo del mundo. Numerosos puentes colgantes de cables de acero compuesto de primera generación de Seguin, que datan de la década de 1830, siguen en pie sobre los ríos Rhone y Fourques, pero las plataformas de madera fueron reemplazadas por acero. El cable de acero ganó su lugar como el sistema por excelencia para puentes colgantes de grandes luces en 1834, con el puente Fribourg de 265m, diseñado por Joseph Chaley sobre el río Sarine, en Suiza. De esto se desarrolló el típico estándar europeo (cables paralelos, cables de acero delgados, tramos de paso ligeros ensamblados en vigas de madera, pilares y anclajes sumergidos usando cemento hidráulico) de los cuales se construyeron cientos de ellos.

---

<sup>13</sup> Traducido de <http://en.wikipedia.org/wiki/Bridge>

<sup>14</sup> Traducido de <http://www.icomos.org/studies/bridges>



## ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE PUENTES COLGANTES PEATONALES, EN LA COSTA SUR DE GUATEMALA

Los británicos prefirieron el uso de cadenas con barras conectadas, mucho más efectivo, y las colosales torres de mampostería. En Inglaterra el primer puente colgante de gran escala fue el puente Menai, en el camino que va de Londres a Holyhead, diseñado por Thomas Telford, completado en 1826, con 177m de largo sin precedentes. El puente Menai (Norte del país de Gales) fué reconstruido dos veces antes de sustituir el sistema de plataforma en 1940.

Cuando los franceses suspendieron temporalmente la construcción de los puentes colgantes luego del colapso del puente Basse-Chaine<sup>15</sup> en 1850, la creatividad regresó a los Estados Unidos, retomado por Charles Ellet y John Augustus Roebling, regresaron con la tecnología, después de estudiar los puentes colgantes de Francia, Ellet diseñó y construyó un puente de 308m sobre el río Ohio, en el este de Virginia, en 1849, el más largo del mundo en ese tiempo. Roebling arribó a los Estados Unidos diez años antes y estableció una fábrica de cables de acero en Saxonburg, Pensilvania, en la que posteriormente se muda a Trenton, Nueva Jersey. Roebling y Ellet compitieron por la supremacía en el diseño de puentes colgantes. Roebling le ganó la partida a Ellet, cuando diseñó el puente Niagra, exitosamente terminado en 1855.



Puente Menai, Pais de Gales, Inglaterra

Fuente: <http://www.icomos.org/studies/bridges>



Puente Niagra, Estados Unidos

Fuente: <http://www.icomos.org/studies/bridges>

<sup>15</sup> Traducido de <http://en.wikipedia.org/wiki/Bridge>



## 3.2 CONSIDERACIÓN DE LAS ACCIONES EN LAS ESTRUCTURAS

Las *acciones* son complejas manifestaciones físicas en las estructuras, compuestas por sistemas de cargas y deformaciones, hace necesario mencionar sus tipologías, y la comprensión de estas mediante la generación de modelos de sistemas de fuerzas.<sup>16</sup>

Primeramente se definirán los sistemas de cargas, que se clasifican de la siguiente forma:

### 3.2.1 Las cargas se clasifican por su aplicación en la estructura:

#### 3.2.1.1 Cargas concentradas o puntuales:

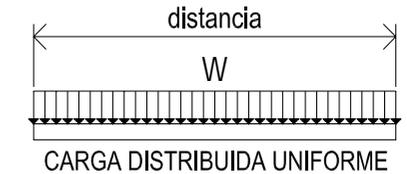
Carga aplicada en un área pequeña o un punto concreto en un elemento estructural.



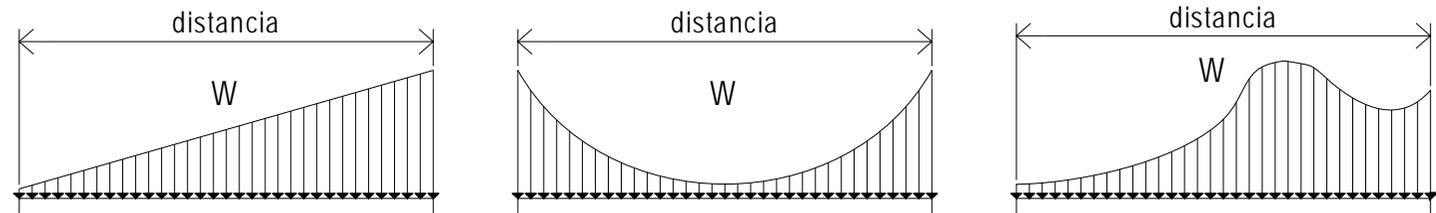
#### 3.2.1.2 Cargas distribuidas:

Son las que actúan en una distancia determinada a largo de todo el elemento estructural o parte de él. A la vez se dividen en:

3.2.1.2.1 *Uniformemente distribuida*: son aquellas que mantienen una misma magnitud en toda su expansión. Ejemplos de ellas son el peso propio de una losa.



3.2.1.2.2 *No uniformemente distribuidas*<sup>17</sup>: son aquellas en las que varía su valor en los distintos puntos de su distancia. Ejemplos de ellas son la acción del viento.



<sup>16</sup> Diagramas de cuerpo libre

<sup>17</sup> *Mecánica vectorial para ingenieros*. Beer, Ferdinand. Pág. 290.



### 3.2.2 Según su estado de movimiento<sup>18</sup>, éstas se clasifican en:

#### 3.2.2.1 Cargas estáticas:

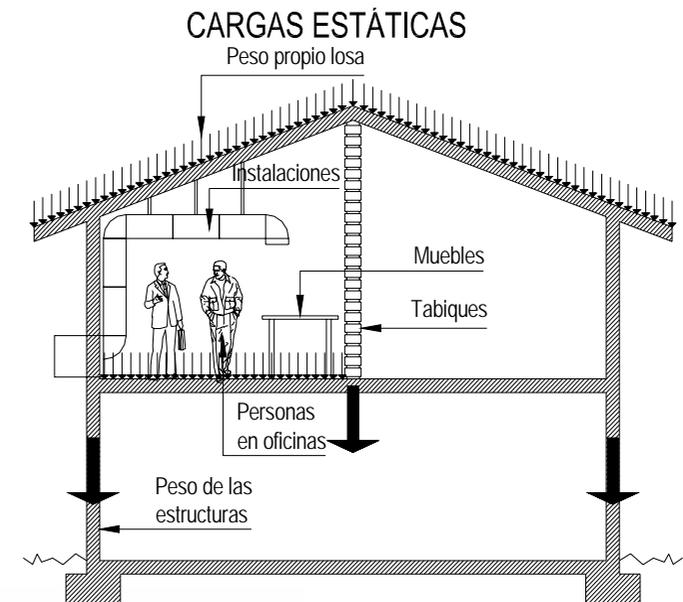
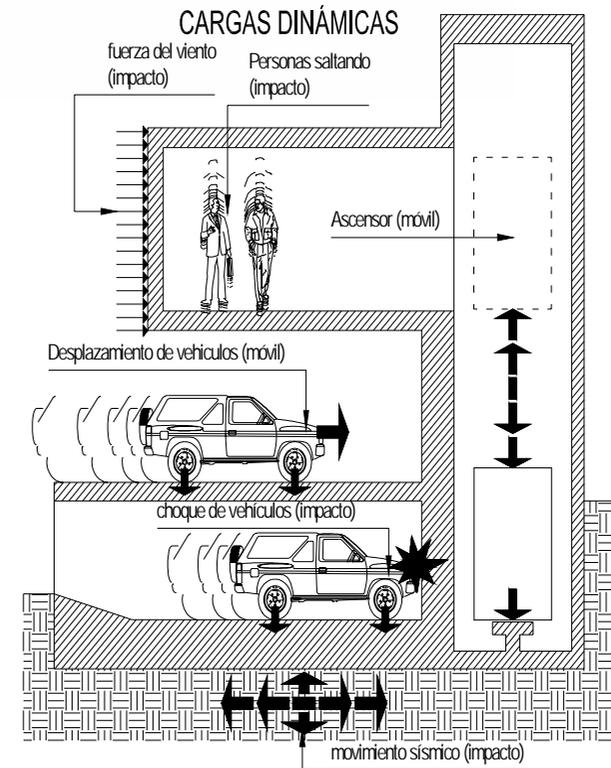
Hay que destacar dos cosas importantes acerca de estas cargas: son las que *no cambian nunca su estado de reposo* o lo hacen lentamente en el tiempo, y en las que la *gravedad* en función de dichas cargas tiene una gran influencia sobre las estructuras. En todos los casos son las que durante el tiempo que actúan están en estado de reposo, y por extensión también, aquellas que tienen estado de movimiento despreciable, es decir que si bien varían en el tiempo lo hacen en forma muy lenta. Ejemplos: peso propio de cerramientos, instalaciones, estructuras, etc.; público en salas de espectáculos y personas en oficinas.

#### 3.2.2.2 Cargas dinámicas:

Son las que varían rápidamente en el tiempo. En todos los casos son las que durante el tiempo que actúan están en estado de movimiento (inercial) considerable. Según como sea la dirección del movimiento podemos clasificarlas en:

3.2.2.2.1 *Móviles*: son aquellas en las cuales la dirección del movimiento es perpendicular a la dirección en que se produce la carga. Ejemplos: desplazamiento de un vehículo, desplazamiento de un tren sobre sus rieles.

3.2.2.2.2 *De impacto*: son aquellas en las cuales la dirección del movimiento es coincidente con la dirección en que se produce la carga. Se caracterizan por un tiempo de aplicación muy breve (instantánea). Ejemplos: choque de un vehículo; movimiento sísmico; público saltando sobre gradas en estadios deportivos; acción de frenado (sobre paracolpes en estación terminal de trenes); etc. Todas las cargas dinámicas (móviles o de impacto) tienen un efecto posible que es la *resonancia*. Todas las estructuras son en cierta medida elásticas, en el sentido que poseen la propiedad de deformarse bajo la acción de las cargas y de volver a su posición normal luego de desaparecer dicha acción. Como consecuencia, las estructuras tienden a oscilar. El tiempo en que



<sup>18</sup> Diccionario visual de Arquitectura, Francis Ching, pág. 41



## ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE PUENTES COLGANTES PEATONALES, EN LA COSTA SUR DE GUATEMALA

tarda una estructura en describir una oscilación completa se llama *período fundamental*.

### 3.2.3 Las acciones se clasifican<sup>19</sup> con base en la duración con la que actúan en la estructura en función de las intensidades máximas o próximas a ella. Estas son:

#### 3.2.3.1 Acciones permanentes:

Son las que obran en una estructura en forma continua cuya intensidad se considera que varía muy poco con respecto al tiempo. Estas están divididas en:

3.2.3.1.1 *La carga muerta* por el peso de la estructura, los materiales, las instalaciones, de los equipos que ocuparán una posición fija y permanente en la construcción, peso estimado de tabiques y muros divisorios y demás elementos no estructurales que puedan instalarse posteriormente. Estas cargas pueden determinarse con un buen grado de precisión.

3.2.3.1.2 *El empuje estático* de sólidos y líquidos de carácter permanente.

3.2.3.1.3 Los *desplazamientos y deformaciones* impuestos a la estructura.

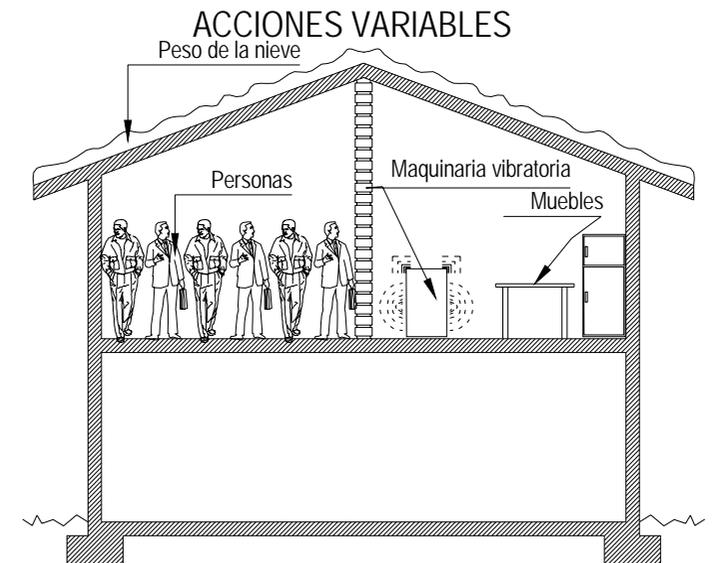
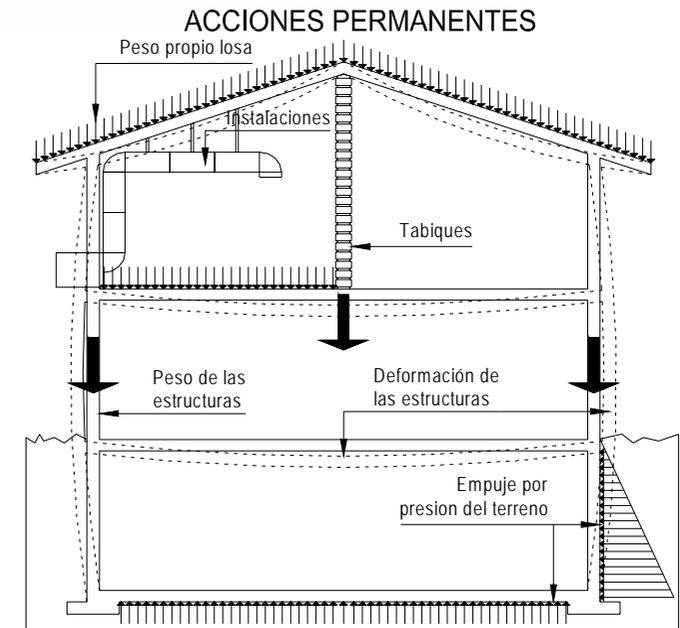
#### 3.2.3.2 Acciones variables:

Son las que actúan en una estructura con una intensidad variable con respecto al tiempo en forma significativa. Estas están divididas en:

3.2.3.2.1 *La carga viva* debido al peso de las personas, los muebles, la maquinaria no fija permanentemente y artículos diversos en un edificio.

3.2.3.2.2 Los efectos producidos en la estructura por cambios de temperatura cuando la expansión o contracción son impedidos.

3.2.3.2.3 *El peso de la nieve*. El peso de esta recién caída es de  $85 \text{ kg/m}^3$ , y ya compactada es de  $160 \text{ kg/m}^3$ .

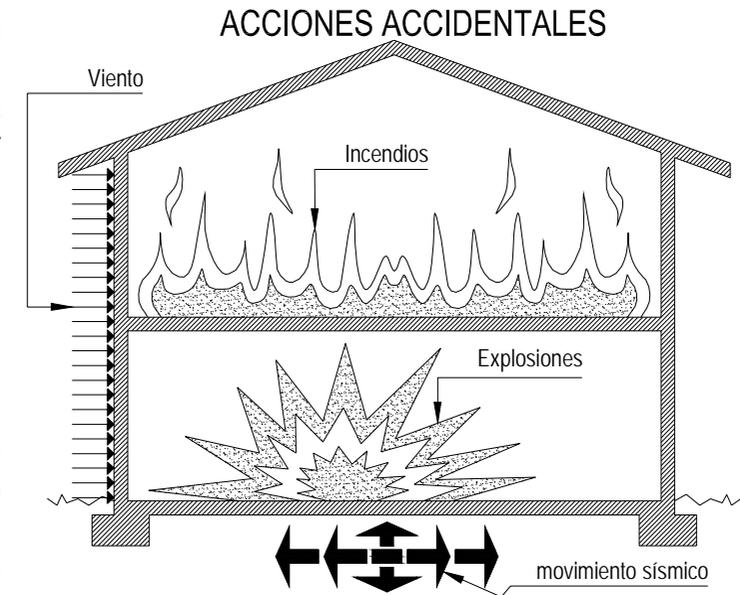


<sup>19</sup> *Diseño estructural de casas de habitación*, Ortiz G, Gabriel, pág. 23



## ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE Puentes COLGANTES PEATONALES, EN LA COSTA SUR DE GUATEMALA

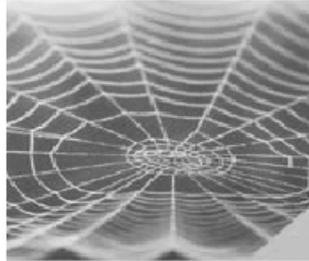
- 3.2.3.2.4 Las deformaciones y hundimientos diferenciales que con el tiempo tengan una intensidad variable.
- 3.2.3.2.5 Los efectos de equipos y maquinaria que produzcan acciones dinámicas en la estructura debido a vibraciones, impacto y frenaje. Estas cargas pueden ser aplicadas lentamente o repentinamente, variando su magnitud.
- 3.2.3.3 **Acciones accidentales<sup>20</sup>:**  
Son las que actúan en una estructura con intensidades significativas solamente durante cortos espacios de tiempo. Estas están divididas en:
- 3.2.3.3.1 *Sismo*, por las acciones dinámicas o sus equivalentes estáticos.
- 3.2.3.3.2 *Viento*, por efectos dinámicos y estáticos. Sus velocidades son el promedio que se presenta durante un intervalo de tiempo determinado, dependiendo de la cercanía o lejanía de la costa.
- 3.2.3.3.3 *Explosiones, incendios* y otras acciones que puedan ocurrir en casos extraordinarios.



<sup>20</sup> Diseño y cálculo de estructuras en concreto reforzado. Pérez Alama, Vicente. Pág 10.



### 3.3 LAS ESTRUCTURAS FUNICULARES COMO PRINCIPIO FUNDAMENTAL DE LOS PUENTES COLGANTES<sup>21</sup>



Red de telaraña  
Structural engineering,  
White, Richard y Gergely, Peter.  
Pág. 87

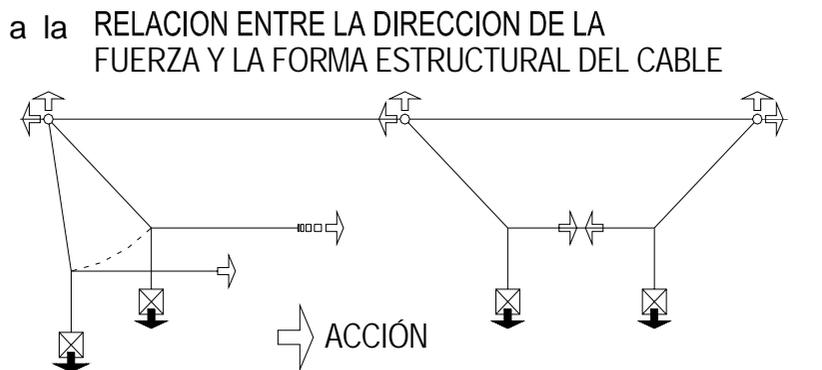
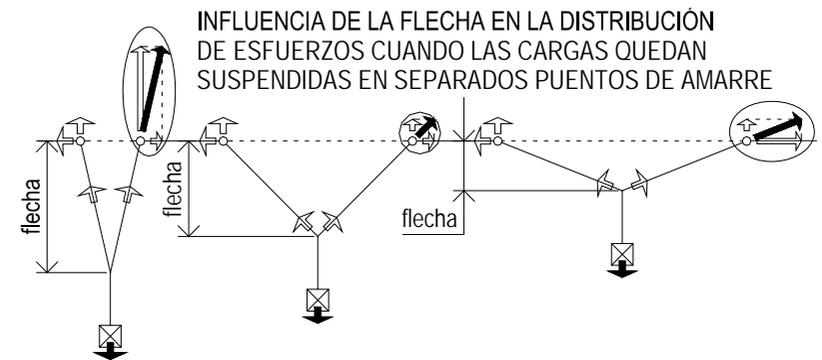
Cierta comprensión en las formas estructurales hechas por el hombre son tomados de la observación de muchas de las formas que están en la naturaleza<sup>22</sup>. Una telaraña excede su fuerza en función de su peso, y es probablemente la más eficiente estructura a tensión jamás hecha. Un elemento de la telaraña tiende esencialmente a no doblarse o rigidizarse fuertemente ya que es flexible. Por lo tanto los elementos tienen que estar dispuestos tal, que las cargas aplicadas (la araña y la presa) puedan ser cargadas sólo por tensión. La configuración de la telaraña cambia continuamente a medida que la araña cambia de posición, creando la condición requerida para soportar las cargas aplicadas.

Como elemento básico de los sistemas funiculares, el cable es un elemento estructural flexible, como un alambre de acero o una cadena metálica, que trabaja a tracción, por lo que presenta resistencia a compresión o tensión.

La *forma geométrica funicular* es la forma que adopta un cable que se deforma libremente en respuesta directa a la magnitud y punto de aplicación de las fuerzas externas. Adapta siempre su forma para estar sometido a la tensión bajo la acción de una carga aplicada.

El *polígono funicular* es la forma adoptada libremente por un cable en respuesta a la acción de un conjunto de cargas puntuales.

La *curva funicular* es la configuración adoptada por un cable que se deforma libremente ante la acción de un conjunto de cargas puntuales.



<sup>21</sup> *Sistemas de estructuras*, Engel Heinrich, pág. 21

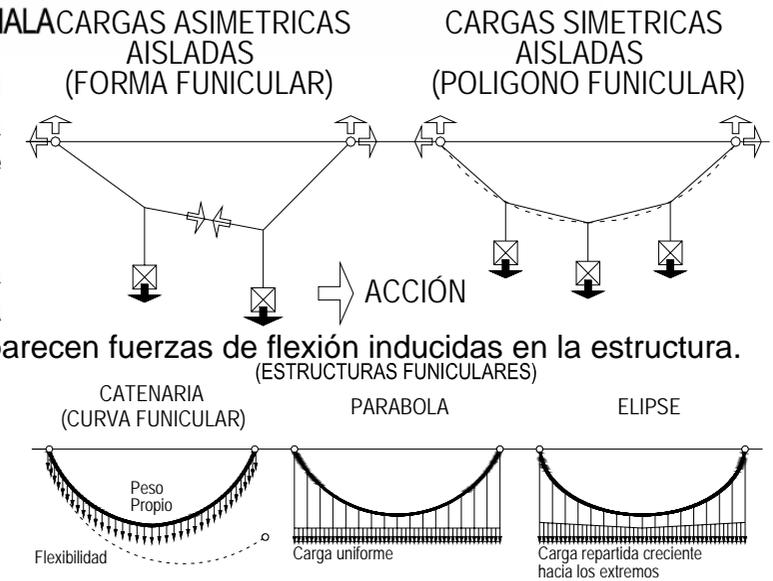
<sup>22</sup> *Structural engineering*, White, Richard y Gergely, Peter. Pág. 87



## ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE PUENTES COLGANTES PEATONALES, EN LA COSTA SUR DE GUATEMALA

*Catenaria* es la forma curva adoptada por un cable uniforme y perfectamente flexible, al ser suspendido libremente de dos puntos que no este en la misma vertical. Si el cable esta sometido a una carga uniformemente repartida en la proyección horizontal, la forma curva que adopta es la parábola.

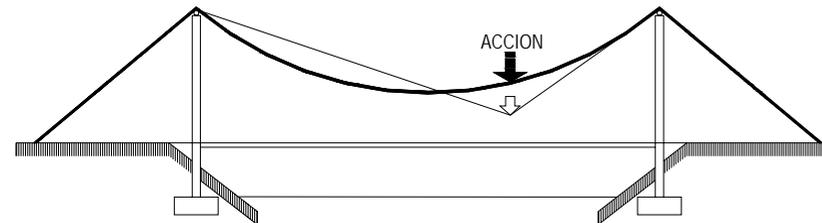
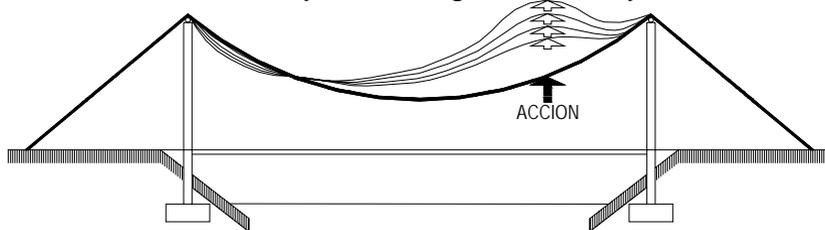
Por ende, la definición de las *estructuras funiculares* son las que están configuradas para soportar una carga determinada exclusivamente mediante fuerzas axiales de tracción. Para cada estado de carga, existe una sola forma funicular. Si cambia la distribución de la carga, aparecen fuerzas de flexión inducidas en la estructura.



### 3.3.1 Deformaciones críticas del cable colgante y formas de estabilización<sup>23</sup>

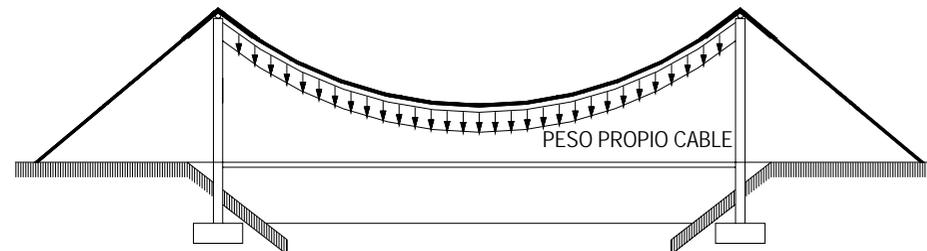
#### 3.3.1.1. Deformaciones críticas

Teniendo en cuenta su reducido peso propio con respecto a su luz y a su flexibilidad, el cable colgante es muy susceptible a las fuerzas del viento, a las vibraciones y a las cargas móviles y asimétricas.



#### 3.3.1.2. Formas de estabilización

- a. Incremento del peso propio.

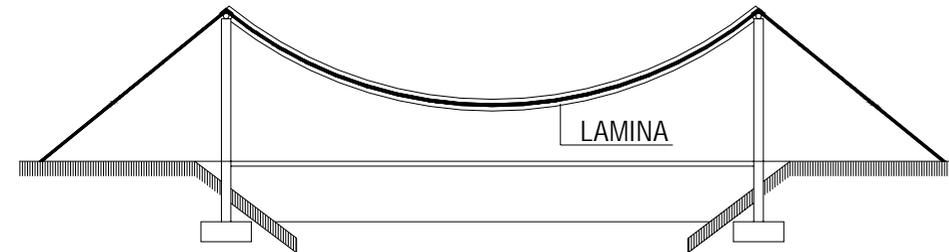


<sup>23</sup> *Sistemas de estructuras*, Engel Heinrich, pág. 21

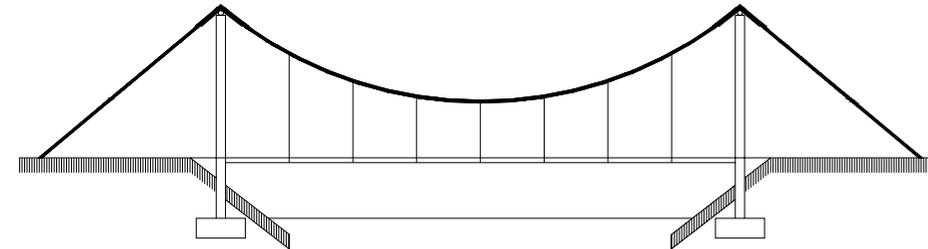


## ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE Puentes COLGANTES PEATONALES, EN LA COSTA SUR DE GUATEMALA

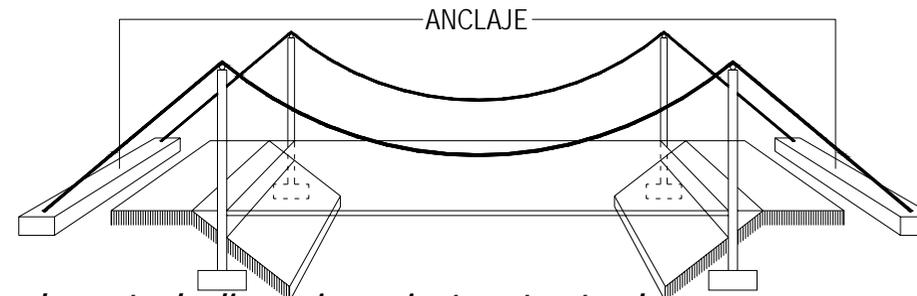
b. Rigidización<sup>24</sup> mediante la construcción como arco invertido (lámina).



c. Tensado con cables transversales anclados al suelo.



d. Retención para cables colgantes paralelos.

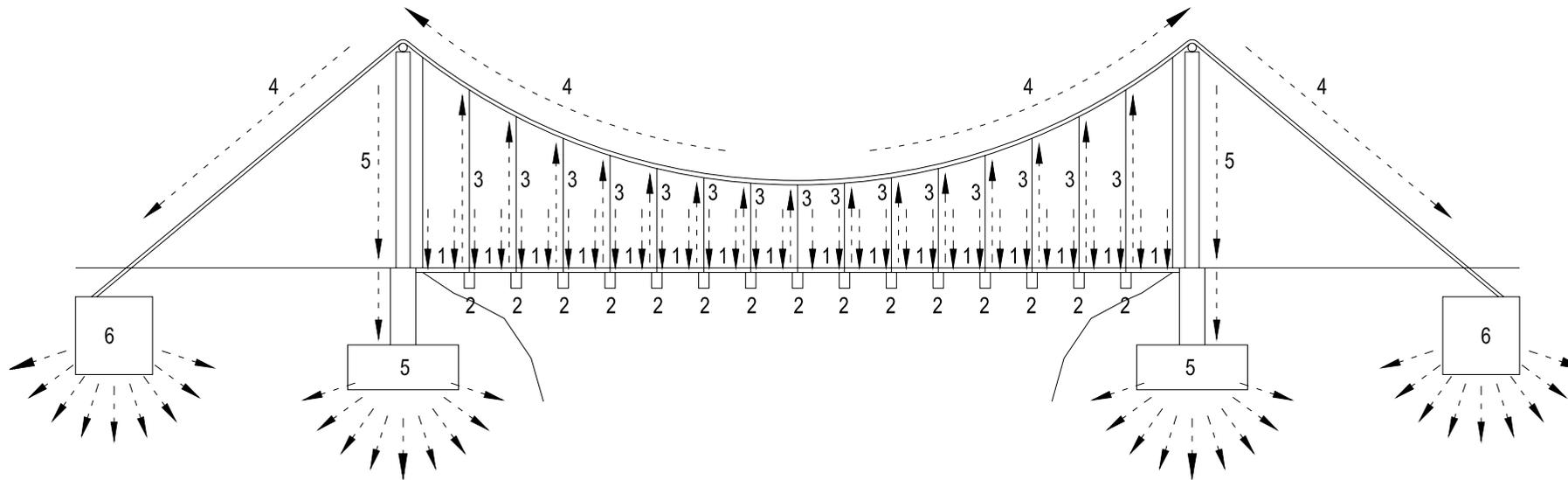


### 3.3.2 Dirección de las cargas en un puente colgante como fundamento de dimensionamiento estructural

<sup>24</sup> *Sistemas de estructuras*, Engel Heinrich, pág. 22



Es necesario tomar en cuenta el recorrido de las fuerzas en las partes que forman un puente de este tipo, porque así será el orden del dimensionamiento de cada uno de esos elementos.



Orden de partes a dimensionar según la dirección de las cargas.<sup>25</sup>

1. Plataforma o superficie de paso.
2. Vigas transversales y longitudinales
3. Cables secundarios o péndolas
4. Cables principales
5. Cimientos
6. Anclajes

### 3.4 PARTES QUE FORMAN LOS PUENTES COLGANTES<sup>26</sup>

<sup>25</sup> Estas se explican con más detalle en: 3.4. Partes que forman los puentes colgantes, en la página siguiente.

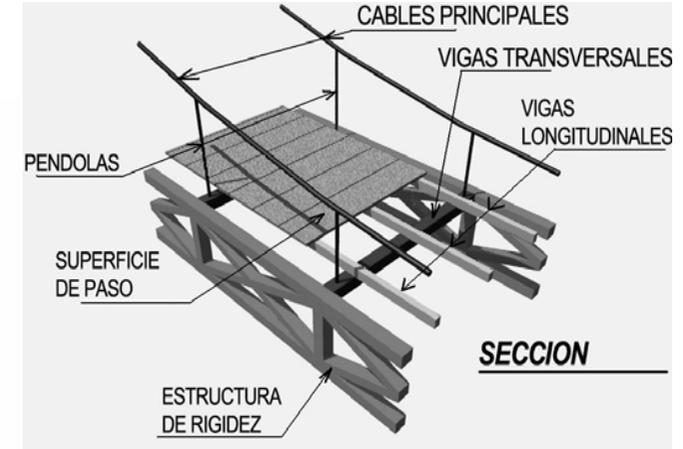
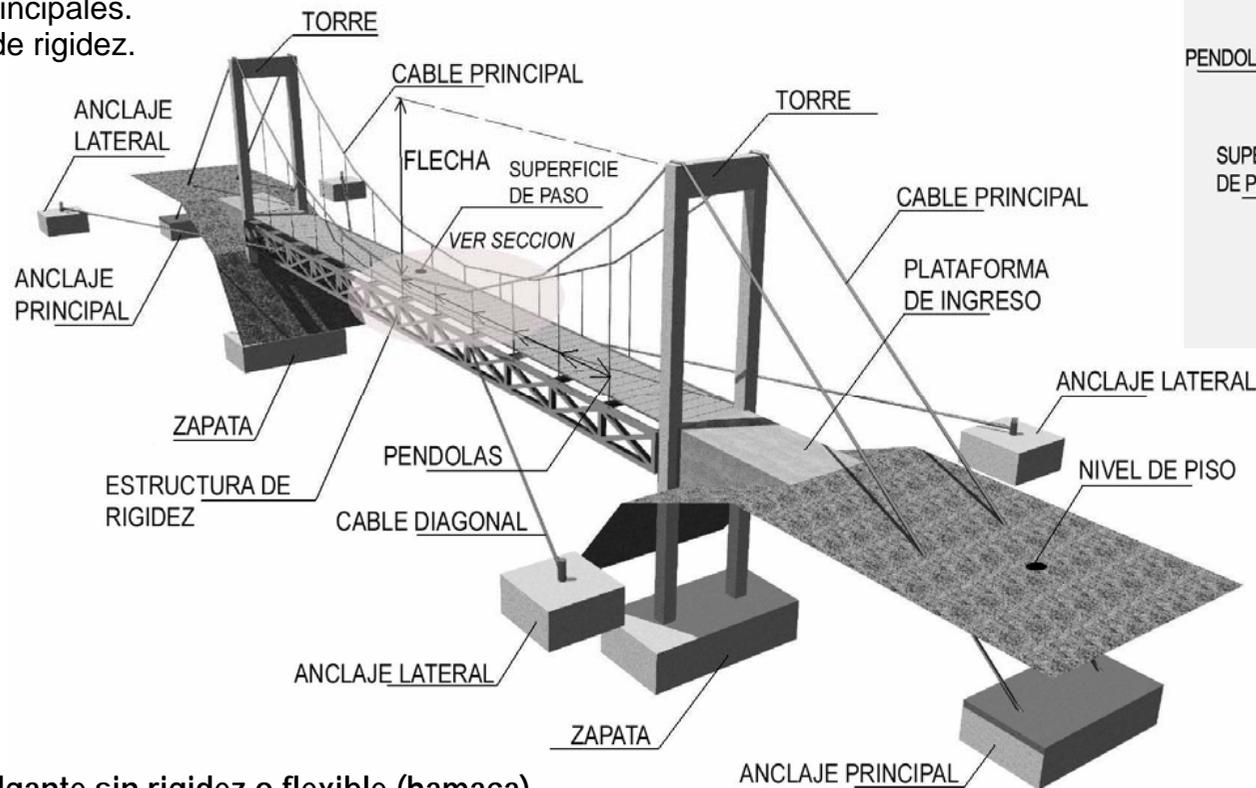


# ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE Puentes COLGANTES PEATONALES, EN LA COSTA SUR DE GUATEMALA

A continuación se nombrarán las partes más importantes, similares a los que se tratará en el presente manual.

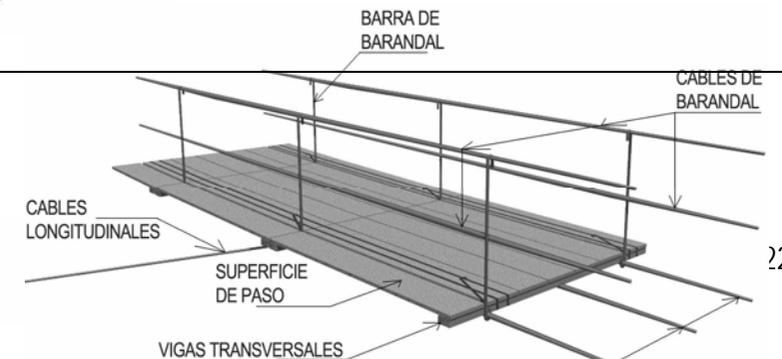
## 3.4.1 Puente Colgante

- a. Sistema de piso: consta de vigas transversales, vigas longitudinales y superficie de paso.
- b. Péndolas (cables verticales).
- c. Cables principales.
- d. Sistema de rigidez.
- e. Flecha.
- f. Torres.
- g. Anclajes



## 3.4.2 Puente Colgante sin rigidez o flexible (hamaca)

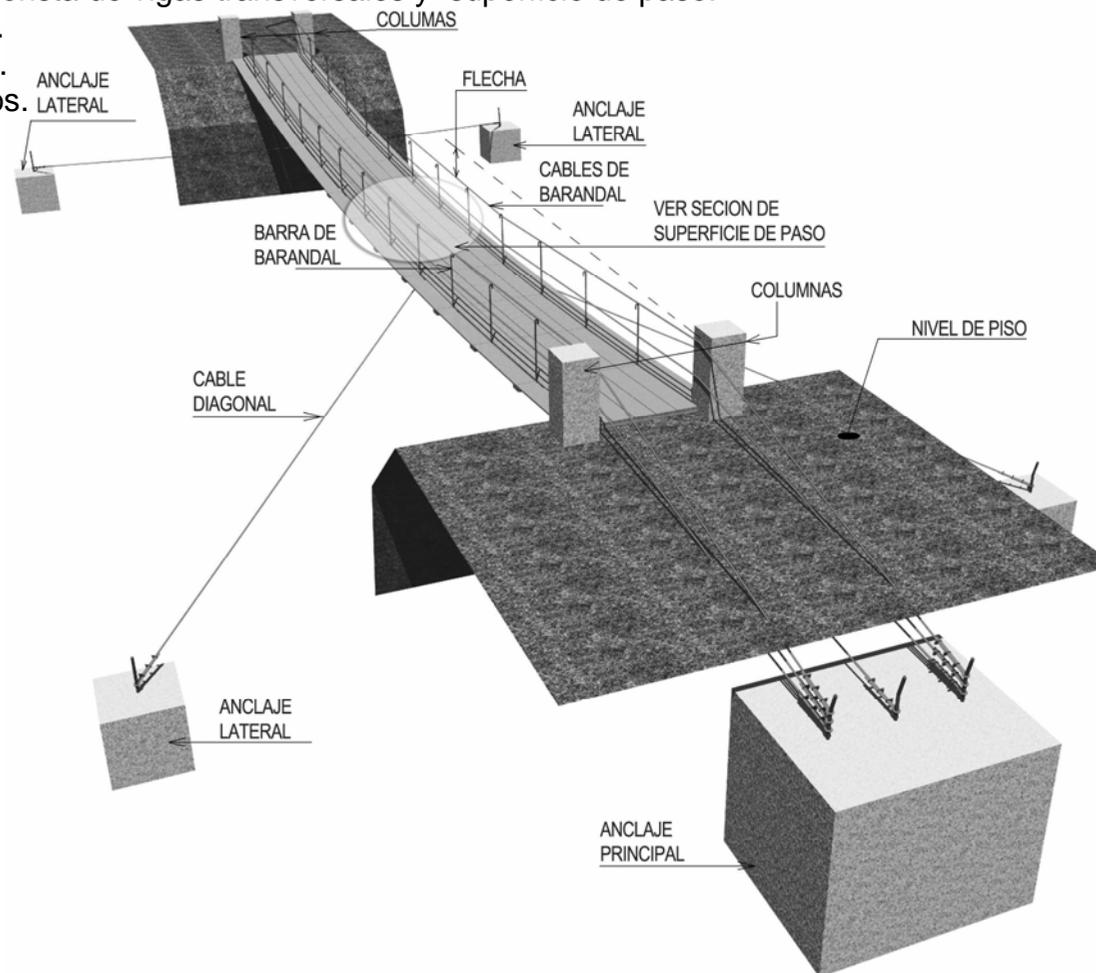
<sup>26</sup> Consideraciones acerca del uso de puentes colgantes cortos en caminos de acceso, Meza Duarte, Raúl, pág. 7.





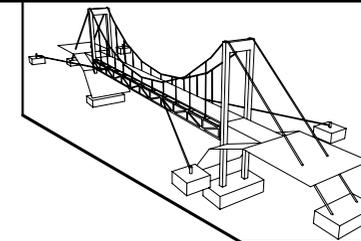
## ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE PUENTES COLGANTES PEATONALES, EN LA COSTA SUR DE GUATEMALA

- Sistema de piso: consta de vigas transversales y superficie de paso.
- Barra de barandal.
- Cables principales.
- Cables secundarios.
- Flecha.
- Columnas.
- Anclajes



### 3.5 TIPOS DE PUENTES COLGANTES

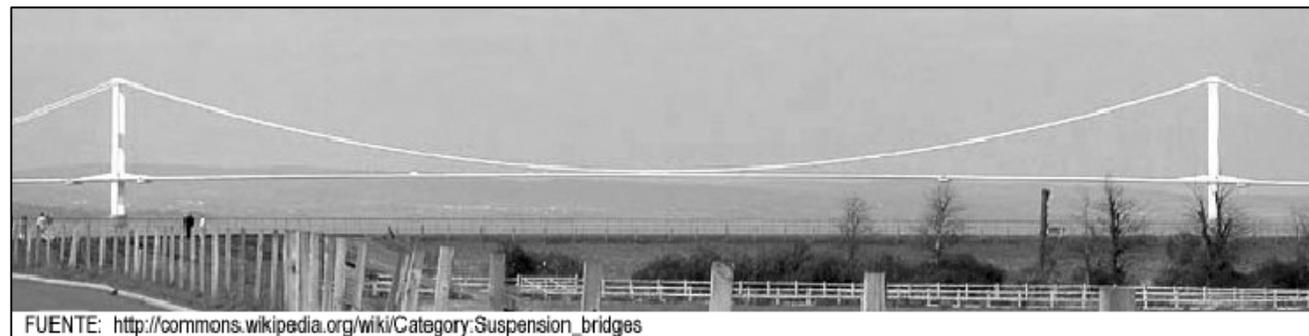
Por la configuración de los cables en la estructura, a continuación, los puentes se dividen en:



### 3.5.1. PUENTE COLGANTE

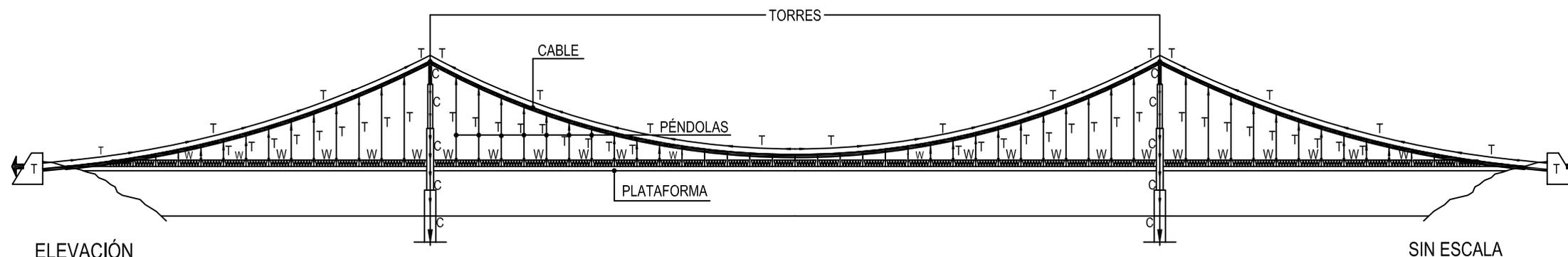
Nombre: Puente Severn

#### Características



FUENTE: [http://commons.wikipedia.org/wiki/Category:Suspension\\_bridges](http://commons.wikipedia.org/wiki/Category:Suspension_bridges)

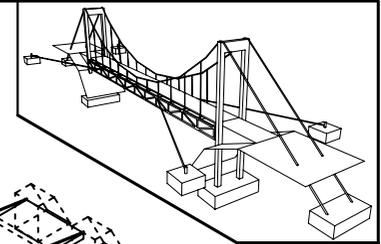
Localización:	Sur del País de Gales, Inglaterra
Longitud:	1597.00 m.
Año de construcción:	1966.
Tipo de uso:	Vehicular.
Diseñador:	Freeman Fox and Partners.
Observaciones:	Las plataformas y torres incorporan formas aerodinámicas, el primer puente del mundo con esas características.
Materiales más usados:	Acero en perfiles, en las plataformas y torres, cables de acero en los cables principales y pendolas, y concreto reforzado en las bases.



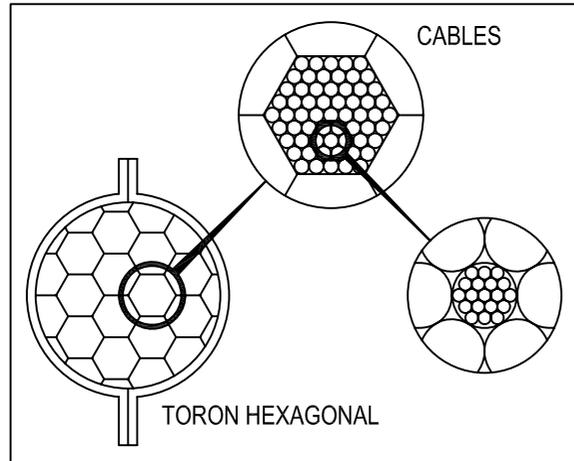
T	TENSIÓN
C	COMPRESIÓN
W	CARGA DISTRIBUIDA
WWW	



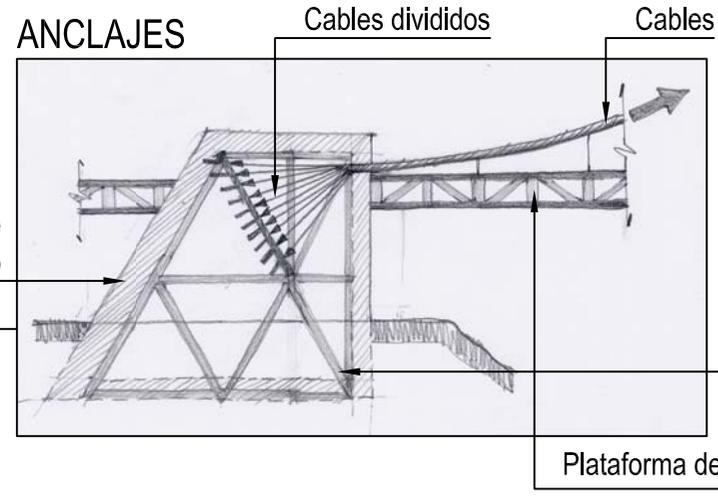
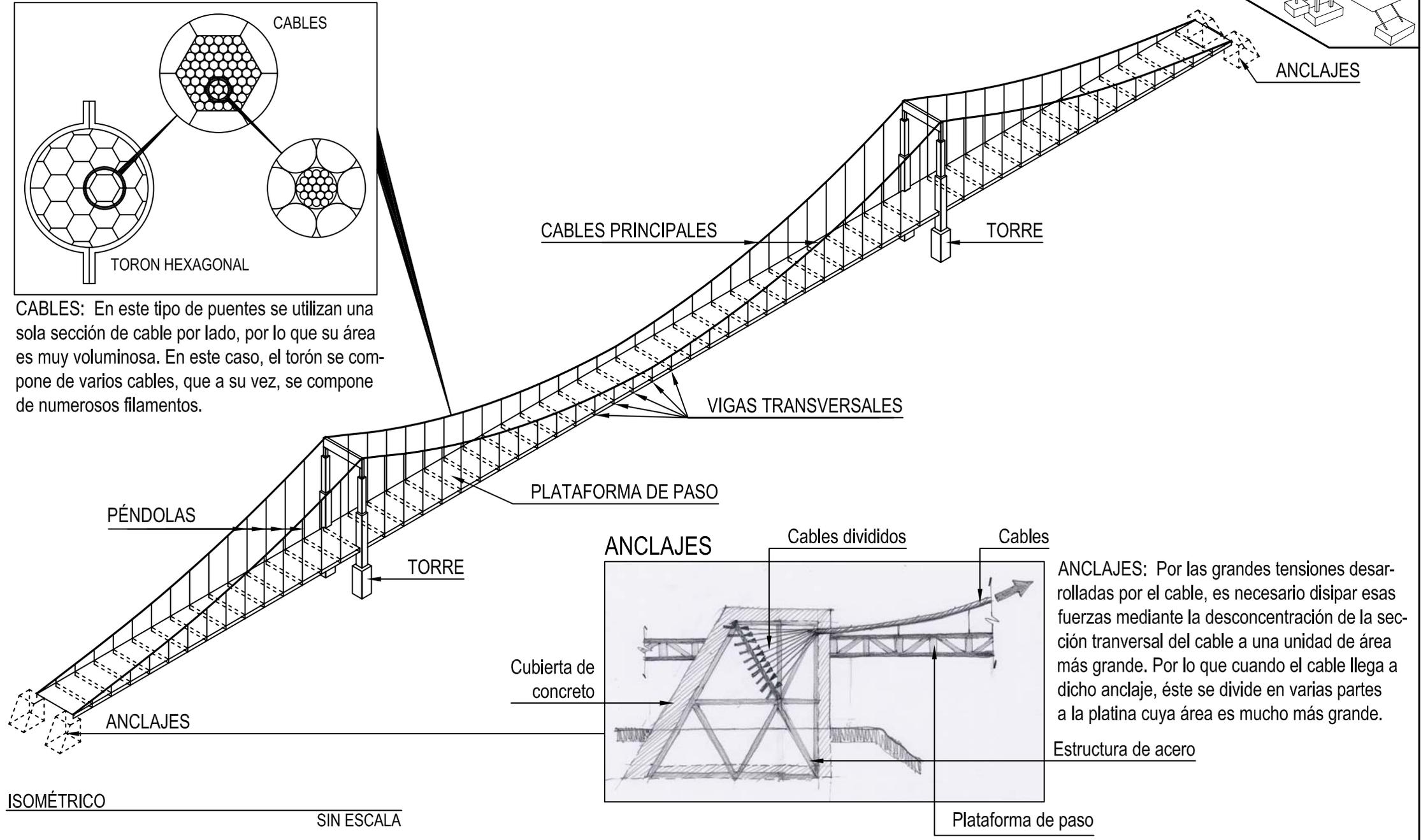
# TIPOS DE PUENTES COLGANTES



## TORON HEXAGONAL



**CABLES:** En este tipo de puentes se utilizan una sola sección de cable por lado, por lo que su área es muy voluminosa. En este caso, el torón se compone de varios cables, que a su vez, se compone de numerosos filamentos.

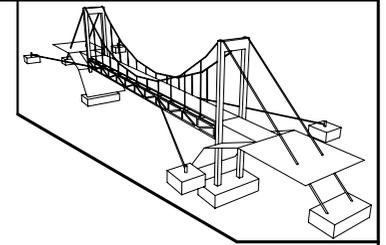


**ANCLAJES:** Por las grandes tensiones desarrolladas por el cable, es necesario disipar esas fuerzas mediante la desconcentración de la sección transversal del cable a una unidad de área más grande. Por lo que cuando el cable llega a dicho anclaje, éste se divide en varias partes a la platina cuya área es mucho más grande.

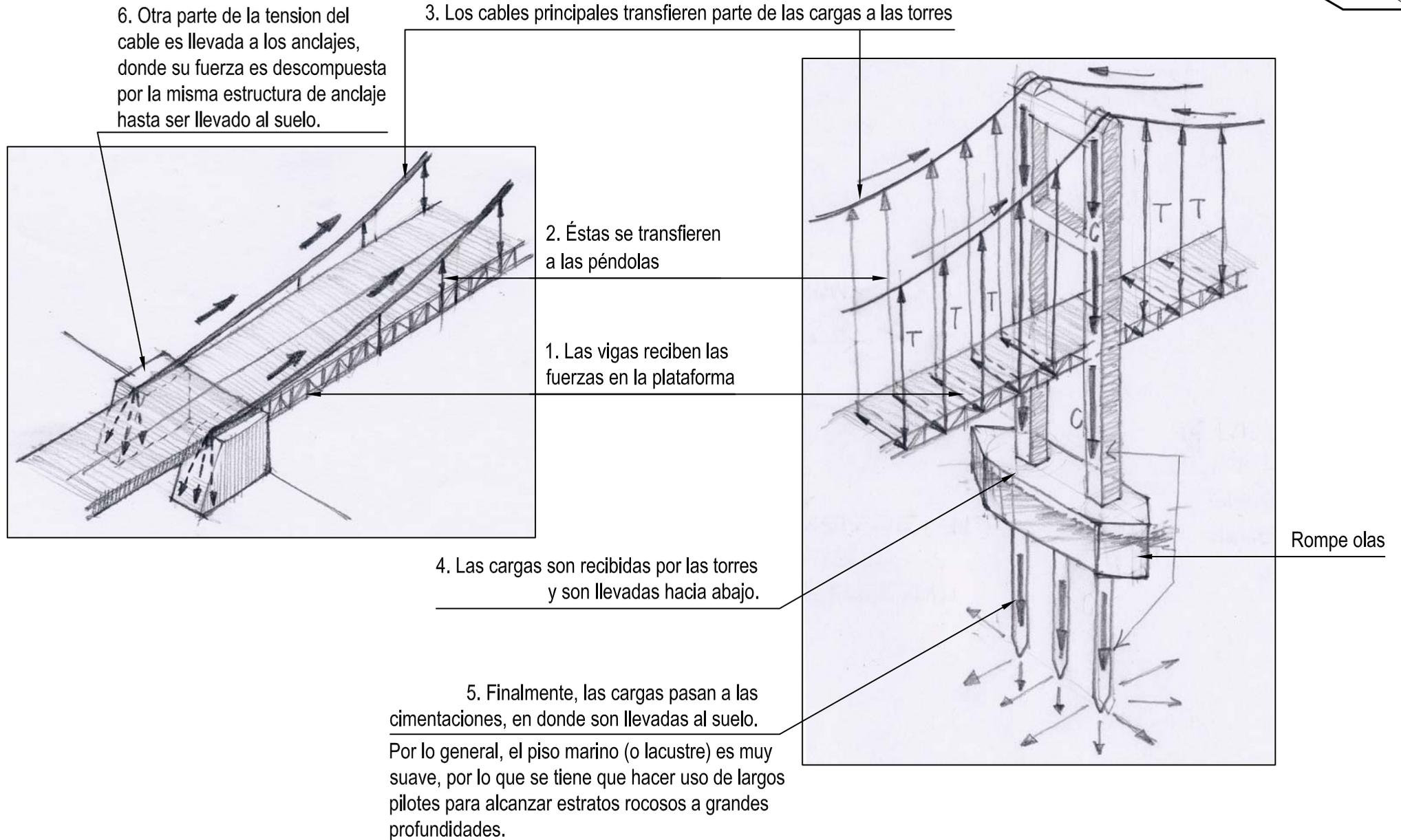
Estructura de acero

ISOMÉTRICO

SIN ESCALA

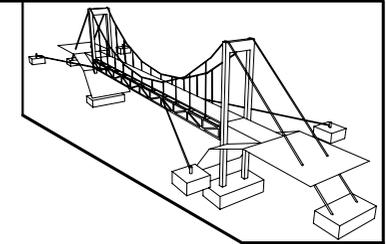


PROCESO DE TRANSFERENCIA DE CARGAS EN UN PUENTE COLGANTE



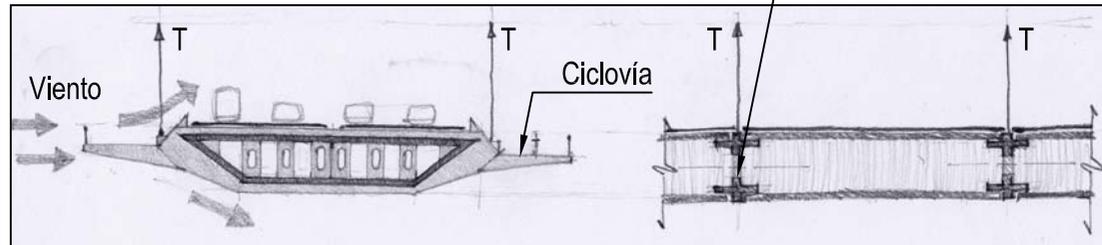


# TIPOS DE PUENTES COLGANTES



## SECCIONES TRANSVERSALES TÍPICAS DE PLATAFORMAS DE PASO

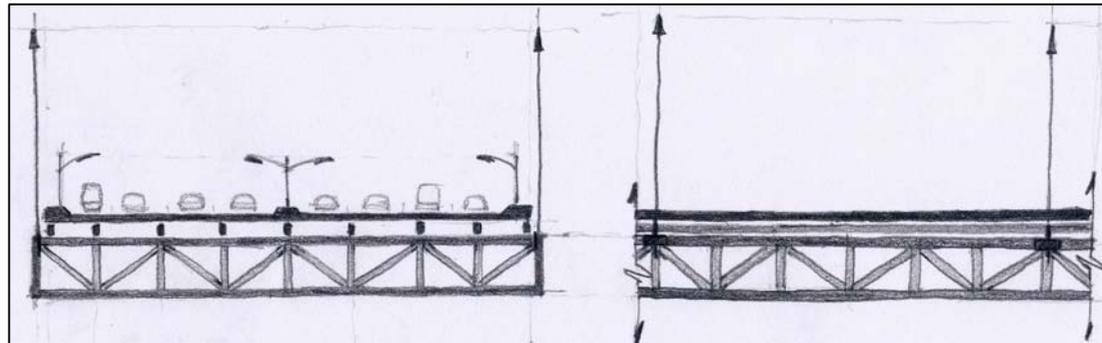
Vigas transversales



Vigas transversales del puente Severn

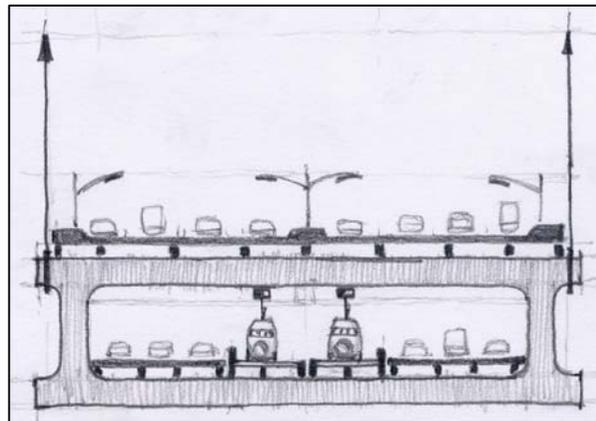
PLATAFORMAS DE PASO: Por lo general, los puentes colgantes tienen vigas transversales de acero para aligerar el peso de la plataforma de paso.

En el caso del puente Severn, su sección de viga es aerodinámica, para evitar en lo posible la resistencia del viento, al mismo tiempo que permite un relativo bajo peso muerto.



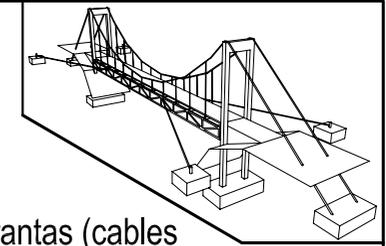
Vigas transversales del puente Golden Gate.

Una de las soluciones más usadas, es el uso de una estructura tridimensional (estéreoestructura, en el caso del Golden Gate), dada su simpleza en su construcción, diseño y montaje.



Vigas transversales del puente de la bahía Oeste, Hong Kong.

Cuando los vientos son fuertes, éstos pueden ser de concreto (para que aumente su resistencia a esta), aunque aumenta considerablemente el peso de la plataforma, ese peso le da estabilidad al puente. Otra alternativa es la implementación de más infraestructura como es el caso de ferrocarriles (puente de la bahía Oeste, Hong Kong).



### 3.5.2. PUENTE ATIRANTADO

Existen varias configuraciones de puentes atirantados, éstos dependen de sus secciones transversales y de las disposiciones de tirantas (cables en esta forma), por lo que ofrecen una infinita cantidad de posibilidades. Estas son:

POR SU SECCIÓN TRANSVERSAL					POR LA CONFIGURACIÓN DE LAS TIRANTAS					
PLANO ÚNICO VERTICAL	VERTICAL DESPLAZADO LATERALMENTE	PLANO ÚNICO VERTICAL DOBLE	DOBLE PLANO UNICO INCLINADO	DOBLE PLANO EN "V"	SENCILLA	DOBLE	TRIPLE	MÚLTIPLE	COMBINADA	
										RADIAL
										ARPA
										ABANICO
										ESTRELLA

Merrit, Frederick. Manual de diseño de estructuras de acero., pág 14.21, vol. III.

A continuación se mostrarán algunos ejemplos de puentes atirantados:

#### Nombre: Puente del viaducto de Millau

#### Características

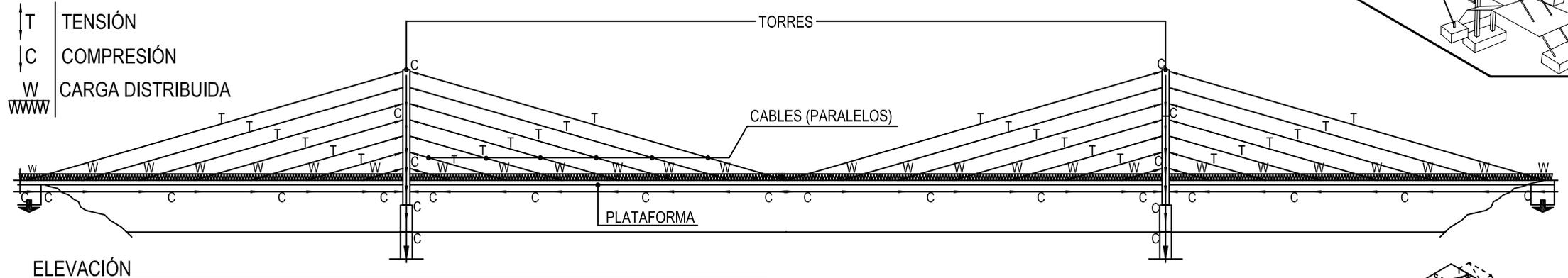
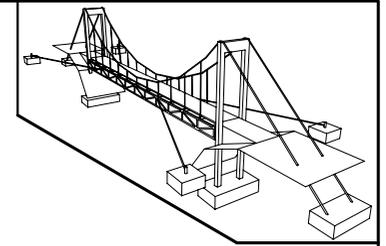


FUENTE: [www.fosterandpartners.com](http://www.fosterandpartners.com)

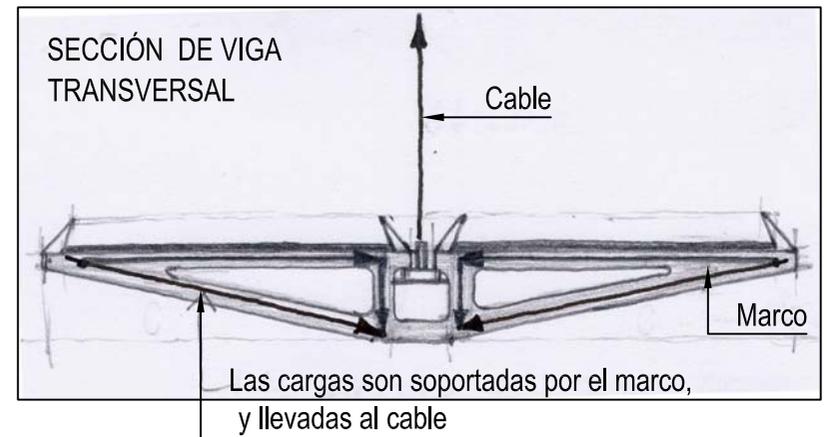
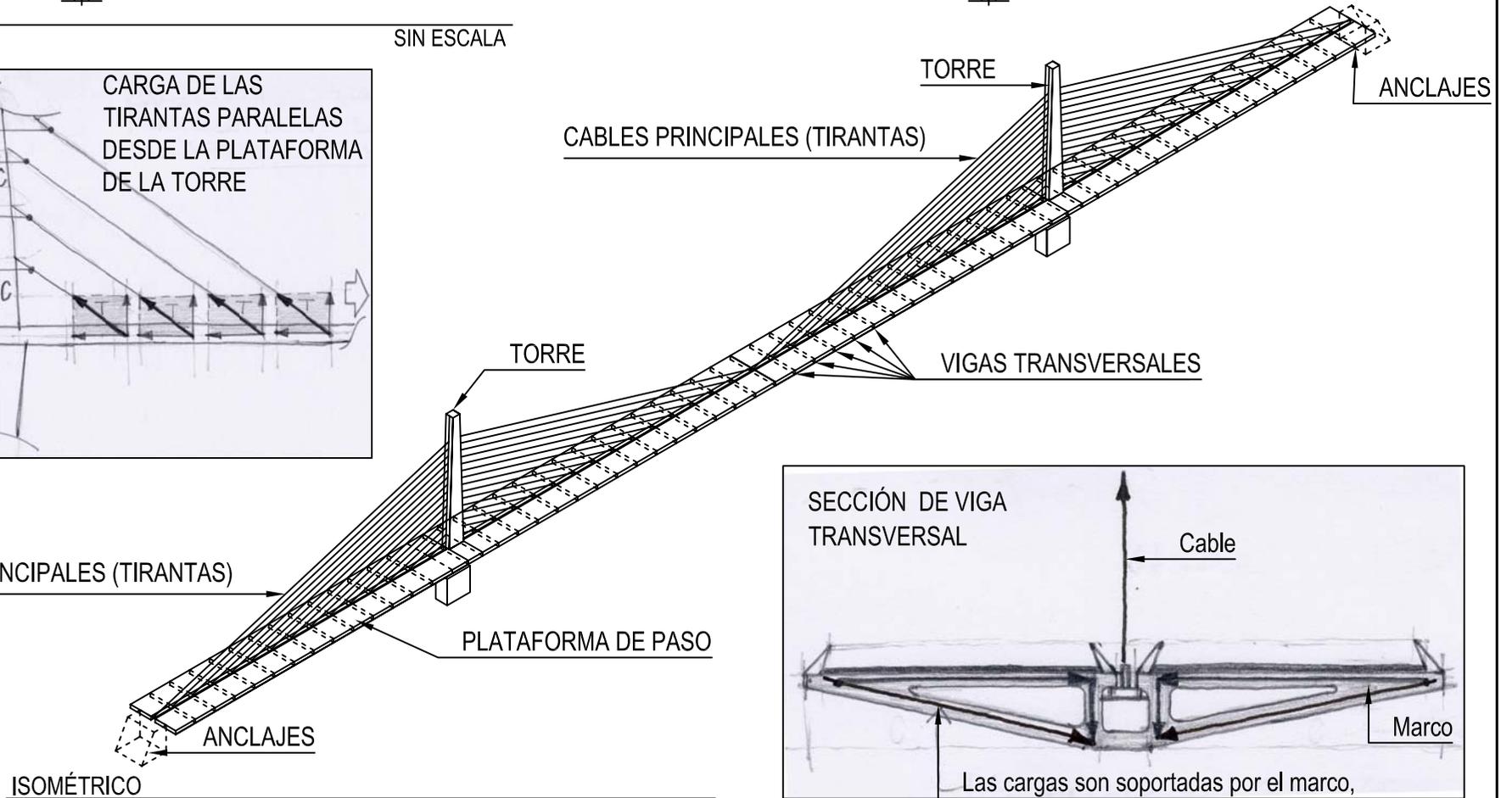
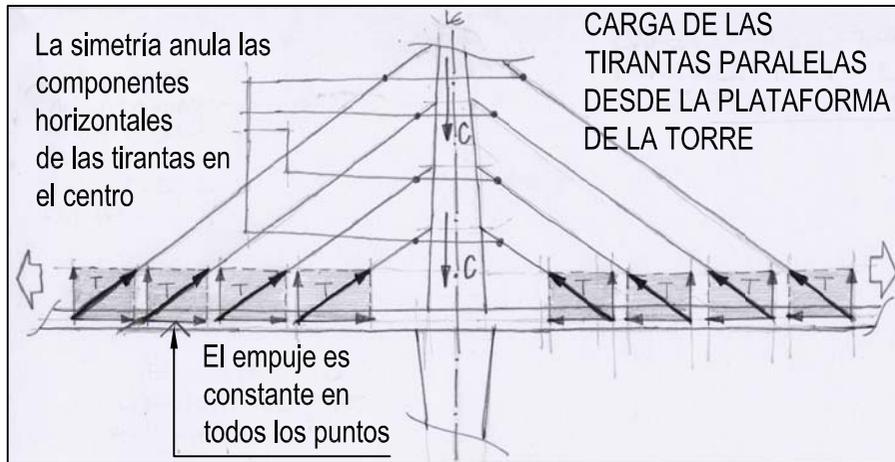
Localización:	Millau, sur de Francia
Longitud:	2460.00 m. en total y 342.00 m. entre apoyos.
Año de construcción:	Diciembre, del 2004.
Tipo de uso:	Vehicular.
Diseñador:	Norman Foster and Partners.
Observaciones:	Es el puente vehicular más alto del mundo, en su parte más alta mide 343.00 m.
Materiales más usados:	Acero en perfiles, en las plataformas y torres, cables de acero en los cables principales , y concreto reforzado en las bases.



# TIPOS DE PUENTES COLGANTES



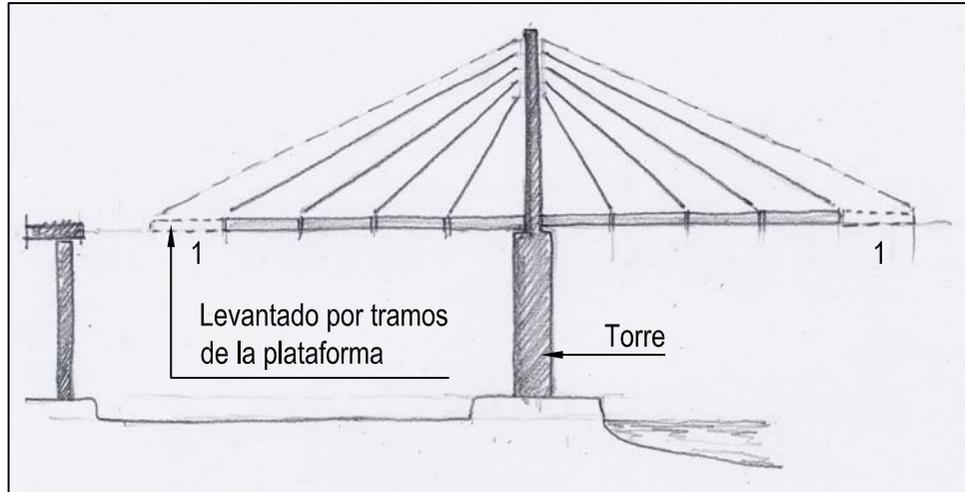
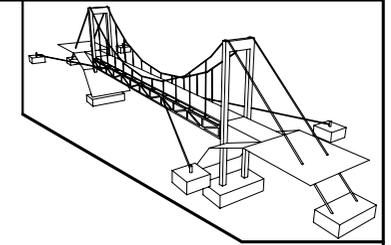
SIN ESCALA



SIN ESCALA

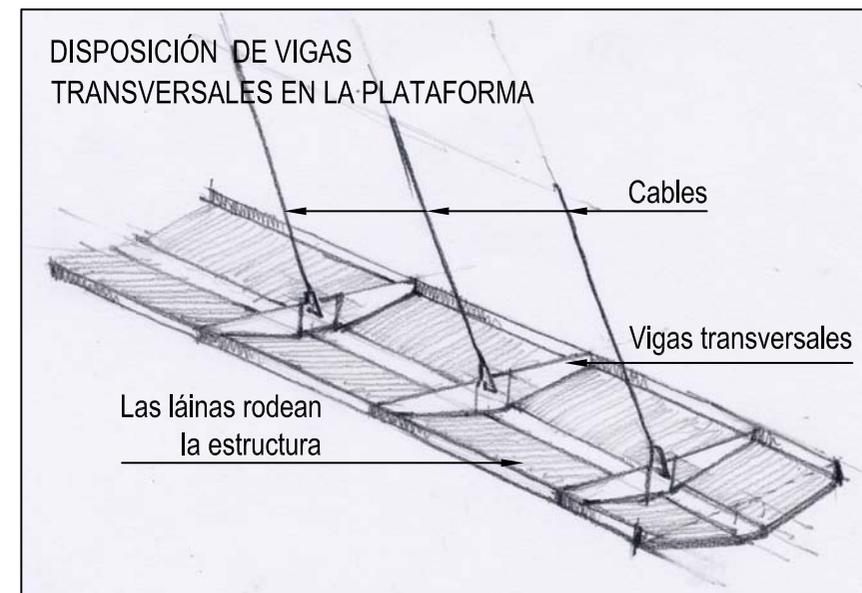


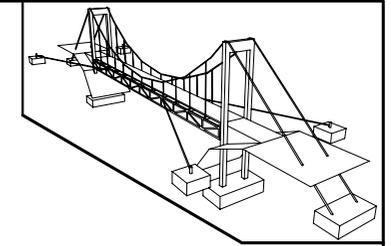
## TIPOS DE PUENTES COLGANTES



Construcción de este tipo de puentes: Debido a la simetría de las cargas en ambos lados de las torres en estos puentes, se deben construir por el método de voladizos sucesivos, en la que la plataforma debe montarse una parte de un lado y otra parte del otro a partir de la torre, y así sucesivamente. Esto garantiza el equilibrio del puente sin desbalancearlo.

Las vigas transversales, en su montaje, se llegan a unir con el resto de elementos que forman longitudinalmente la plataforma. En este caso, con láminas de acero, que rodean la estructura de la plataforma hasta formar una especie de estructura "tubular", que por sí misma aguanta la compresión resultante de las fuerzas de los cables desde la plataforma hacia las torres.





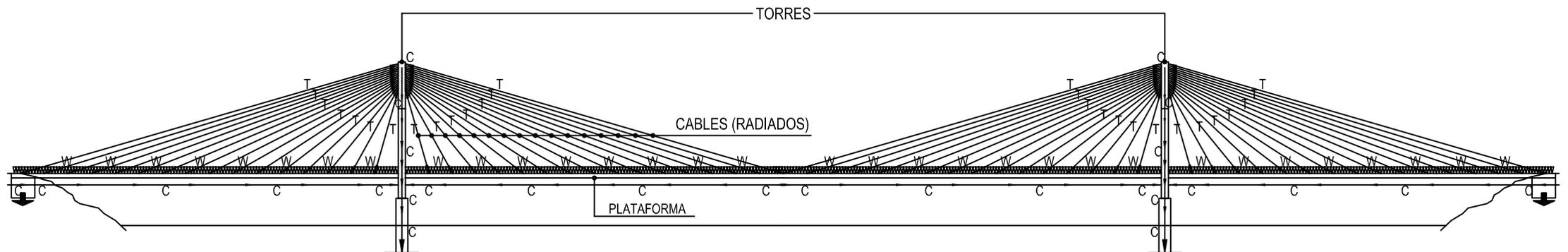
## Nombre: Puente Zakim



Fuente: Puentes, Wells, Matthew. H Klickowski-Onlybook, S.L.  
5ta. edición, pag, 128

### Características

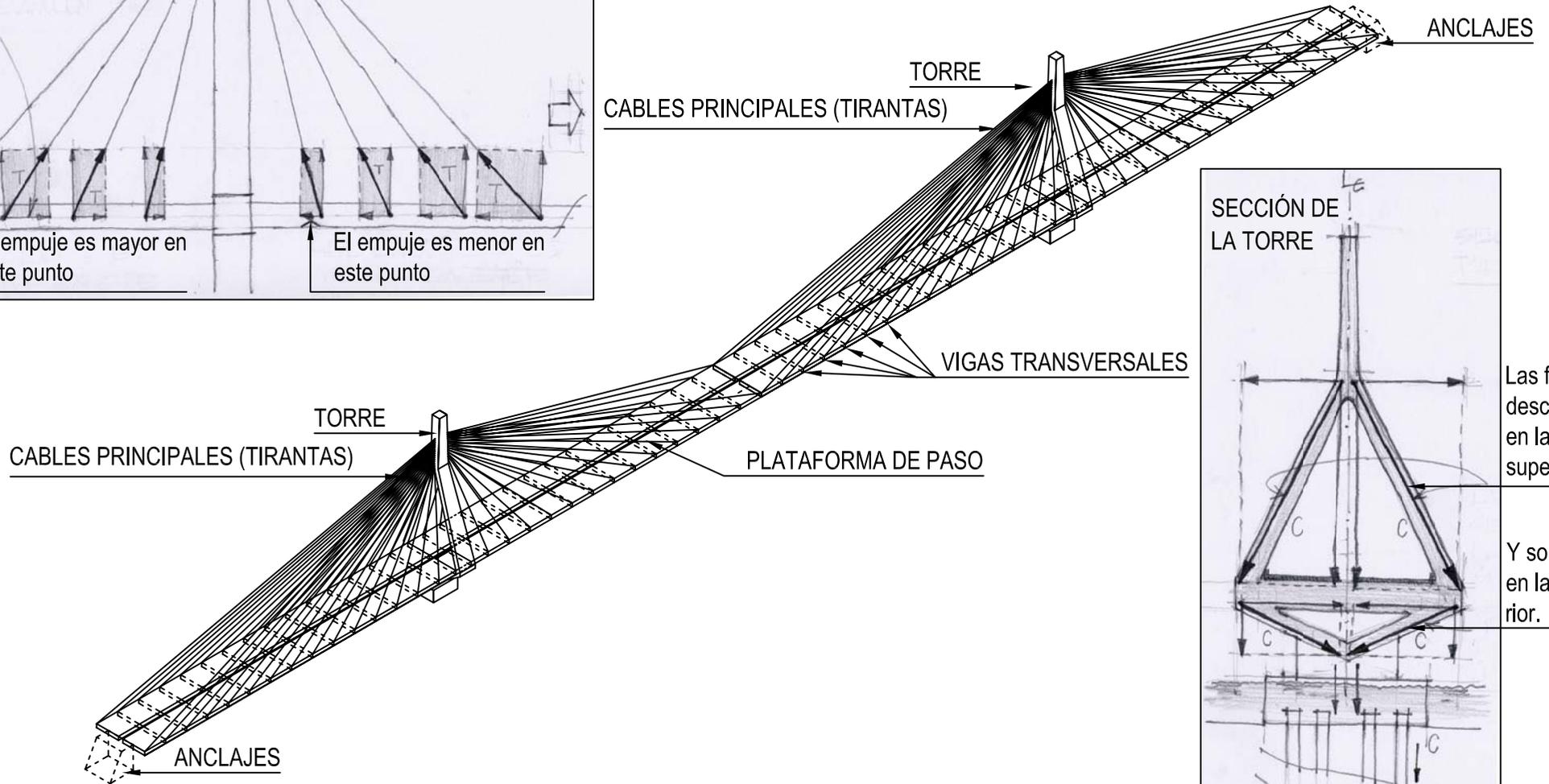
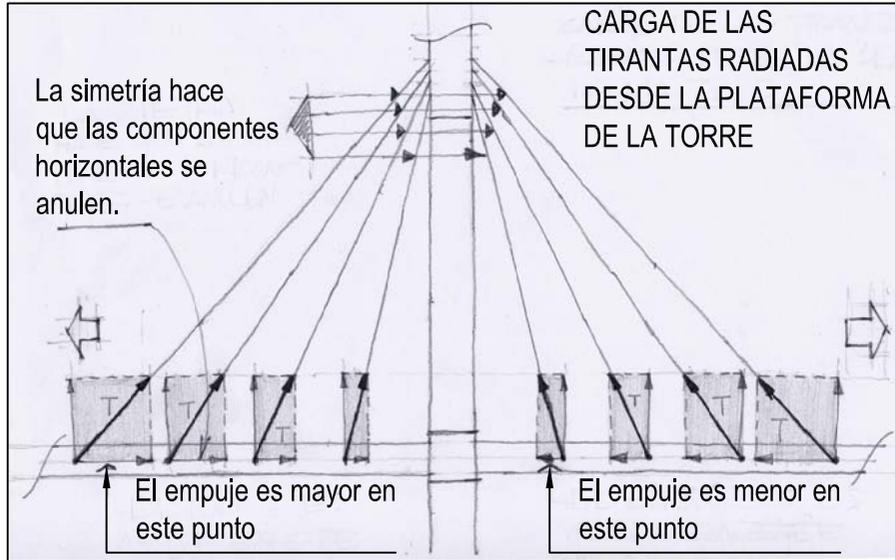
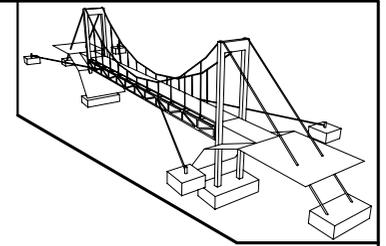
Localización:	Boston, Massachussets, sobre el río Charles
Longitud:	436.00 m.
Año de construcción:	2001.
Tipo de uso:	Vehicular.
Diseñador:	Christian Menn y Bechtel Parsons.
Observaciones:	Parte de la nueva infraestructura del Gran Tunel, obra de infraestructura de apoyo más grande de E.E.U.U.
Materiales más usados:	Cables de acero en los cables principales y concreto reforzado en las torres, plataformas y bases.



T	TENSIÓN
C	COMPRESIÓN
W	CARGA DISTRIBUIDA
WWW	

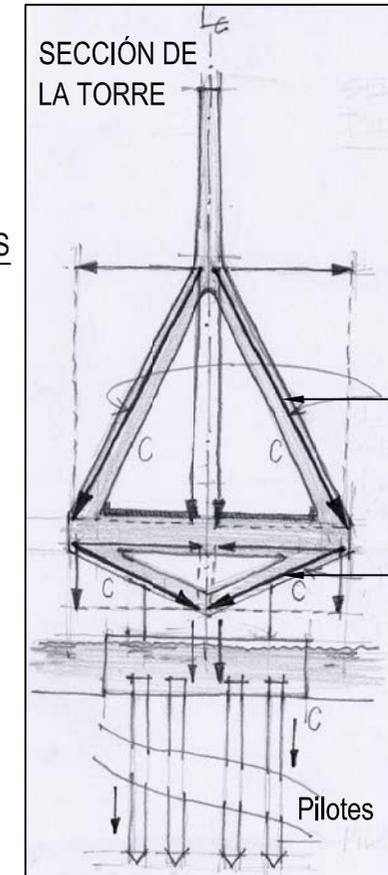


# TIPOS DE PUENTES COLGANTES



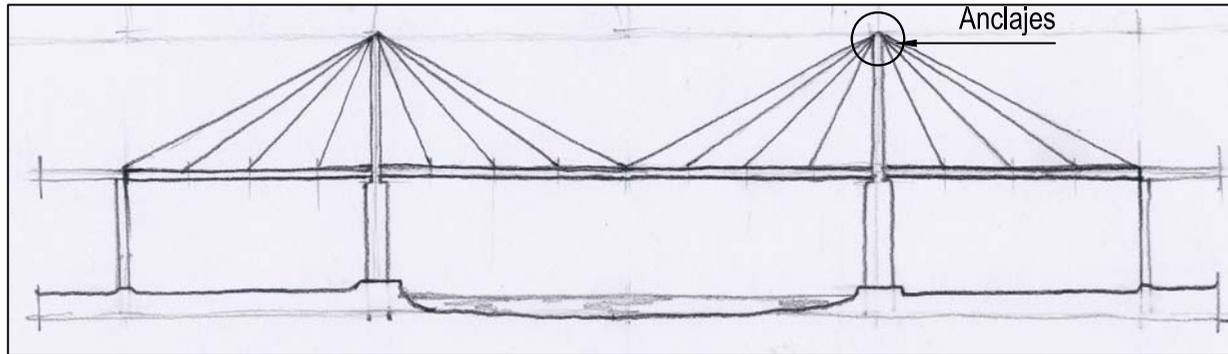
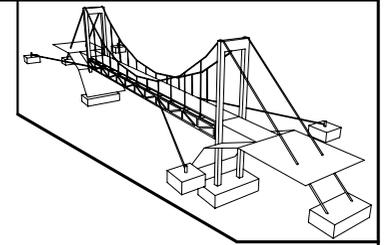
ISOMÉTRICO

SIN ESCALA

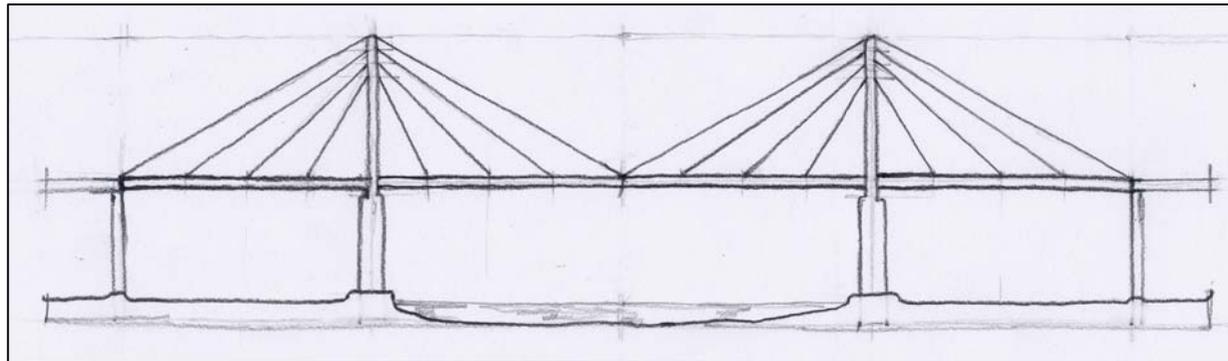




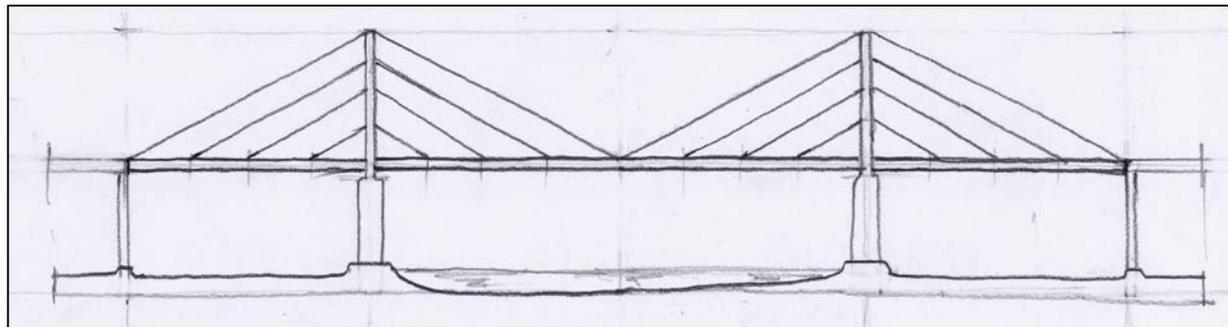
## TIPOS DE PUENTES COLGANTES



Cables radiales.



Cables en abanico o ventilador.



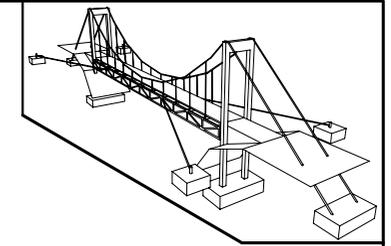
Cables paralelos o arpa.

Ambas configuraciones son las más eficientes en función de cargar más luz de plataforma. El ángulo más efectivo requerido para estas cargas es de  $30^\circ$ .

En el caso del puente con cables radiales (arriba), la desventaja radica en que se vuelve muy difícil anclarlas entre sí lo más cerca posible en las torres.

Esta configuración de cables es la más estética por su disposición.

La principal desventaja es que permiten menos luz de plataforma por de paso, dada la disposición de la misma, por lo que no se recomienda mucho para cubrir grandes tramos.

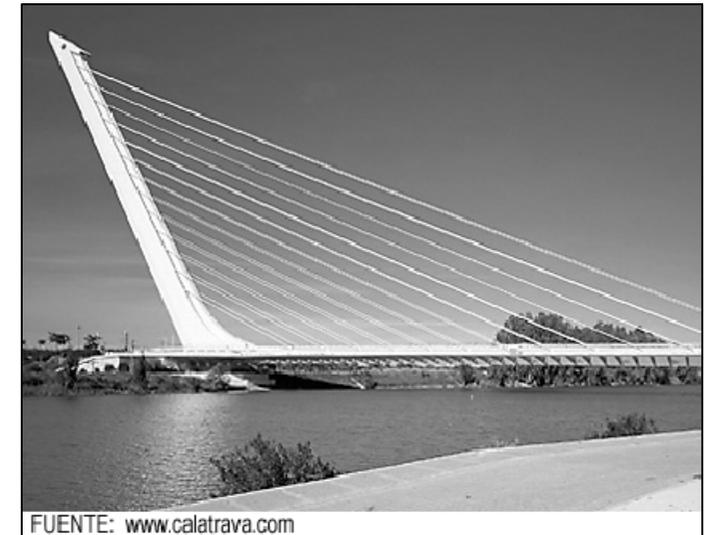


### 3.5.3. PUENTE COLGANTE DE ESTRUCTURA MONTADO SOBRE MODILLON CENTRAL

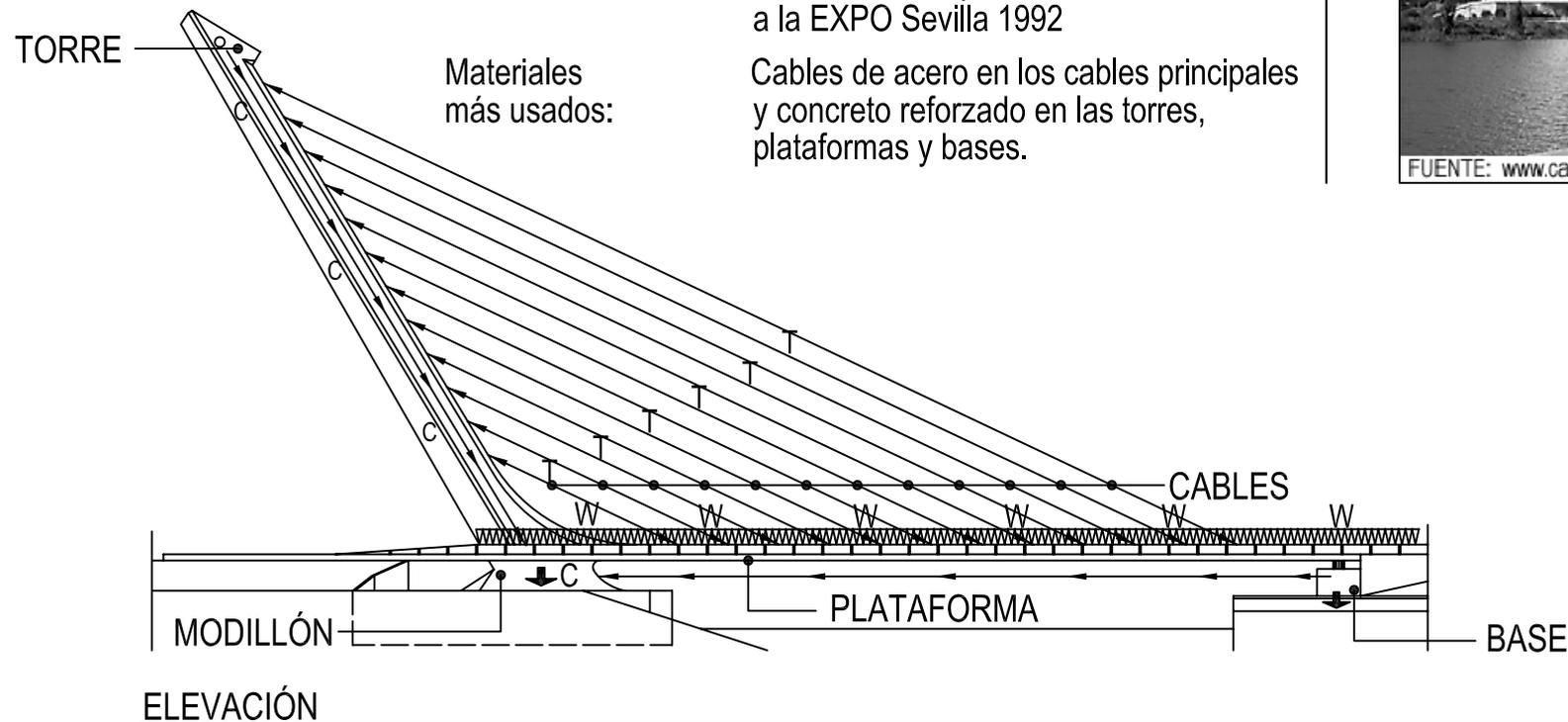
Nombre: Puente del Alamillo

#### Características

Localización:	Sevilla, España
Longitud:	200.00 m.
Año de construcción:	2004.
Tipo de uso:	Vehicular.
Diseñador:	Santiago Calatrava.
Observaciones:	Fué construído para acceder a la EXPO Sevilla 1992
Materiales más usados:	Cables de acero en los cables principales y concreto reforzado en las torres, plataformas y bases.



FUENTE: [www.calatrava.com](http://www.calatrava.com)

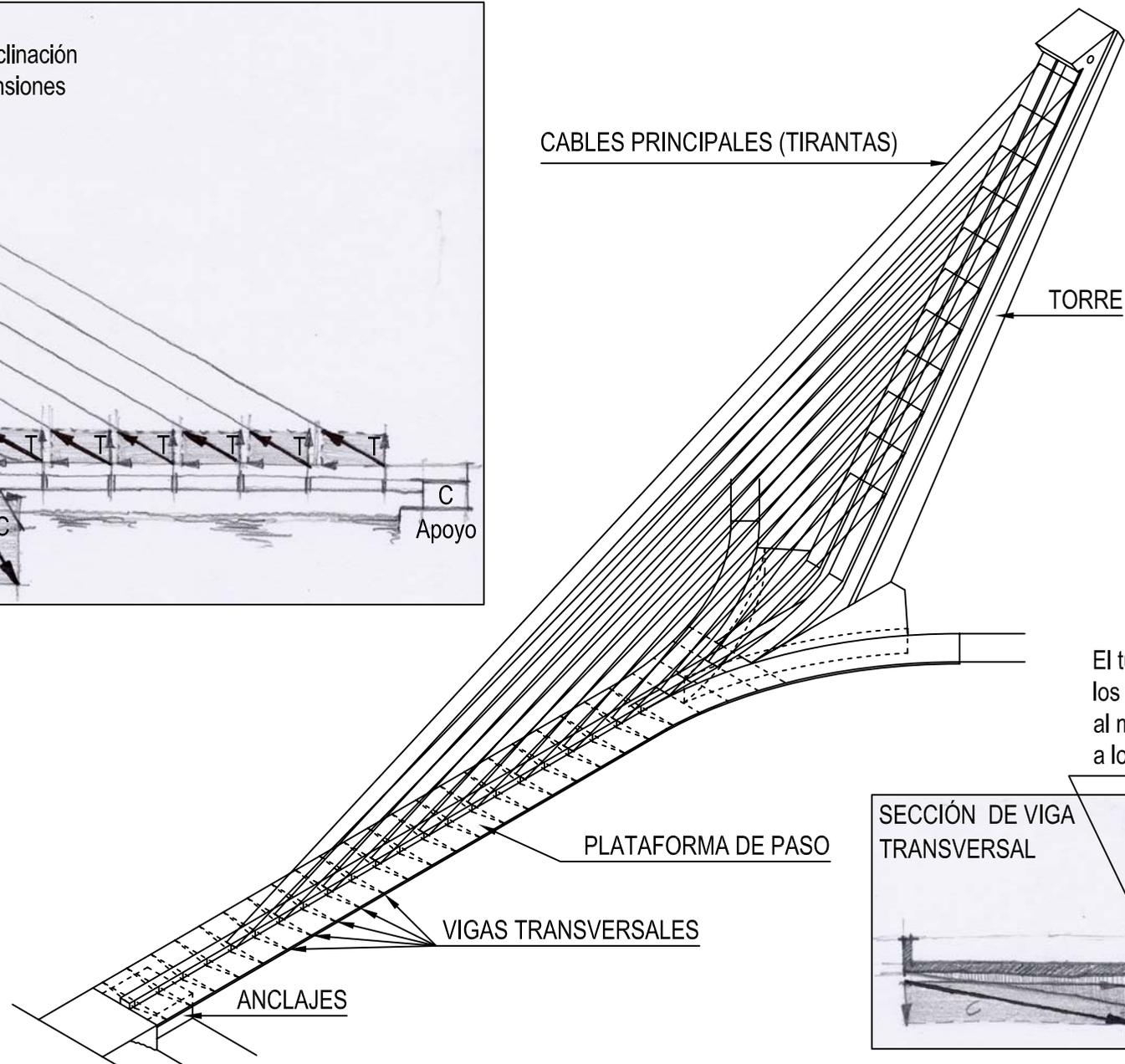
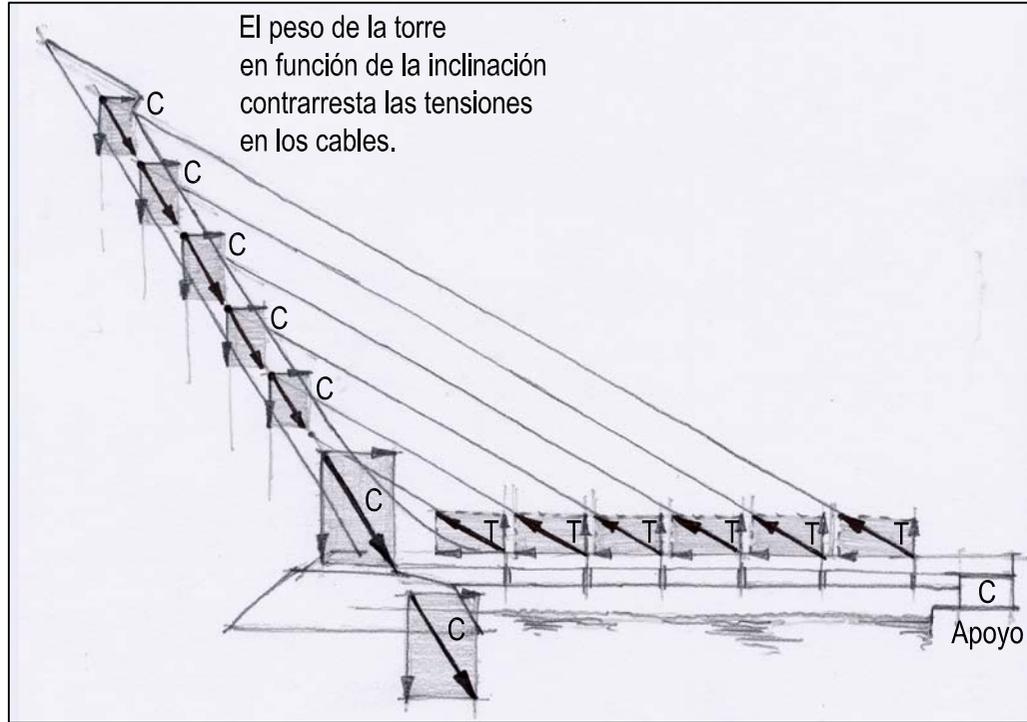
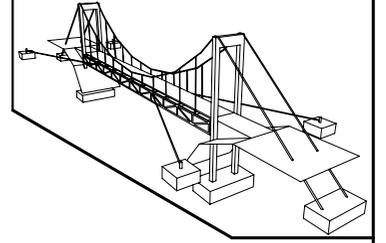


T	TENSIÓN
C	COMPRESIÓN
W	CARGA DISTRIBUIDA

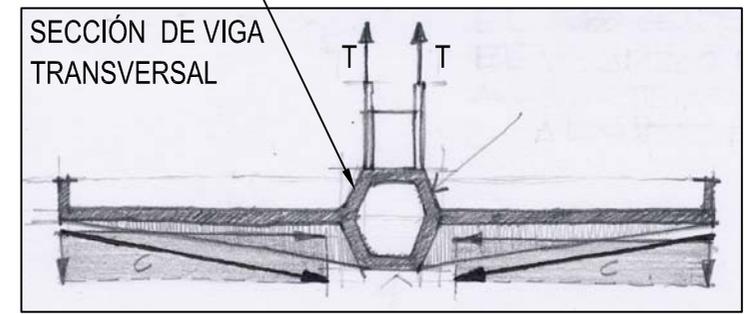
SIN ESCALA



# TIPOS DE PUENTES COLGANTES



El tubo central soporta los voladizos de las plataformas y, al mismo tiempo, reciben los cables a los que transmiten las cargas.



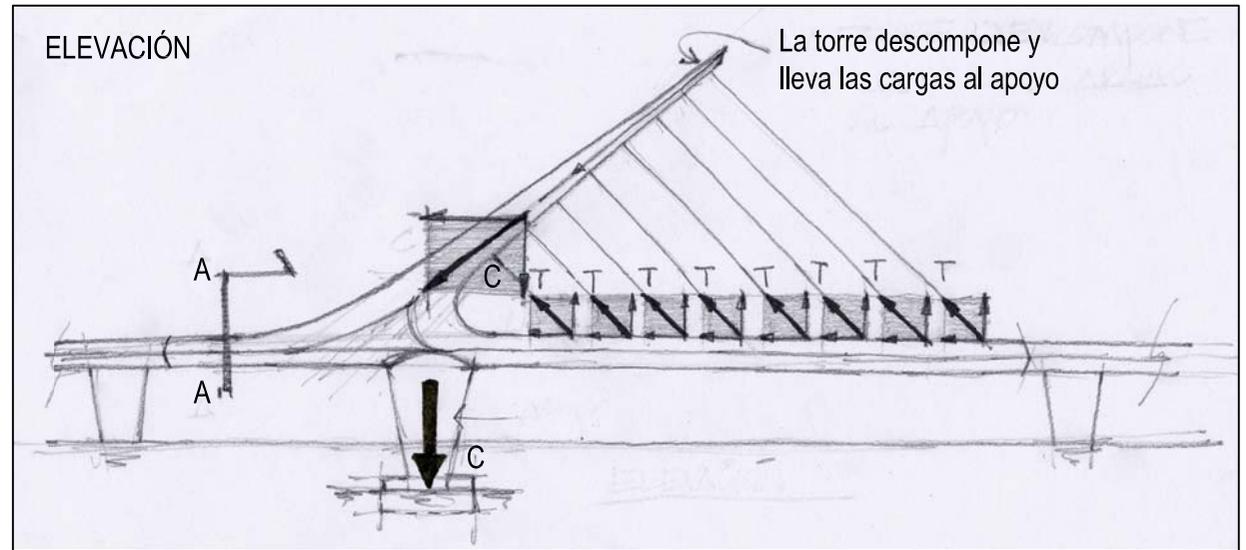
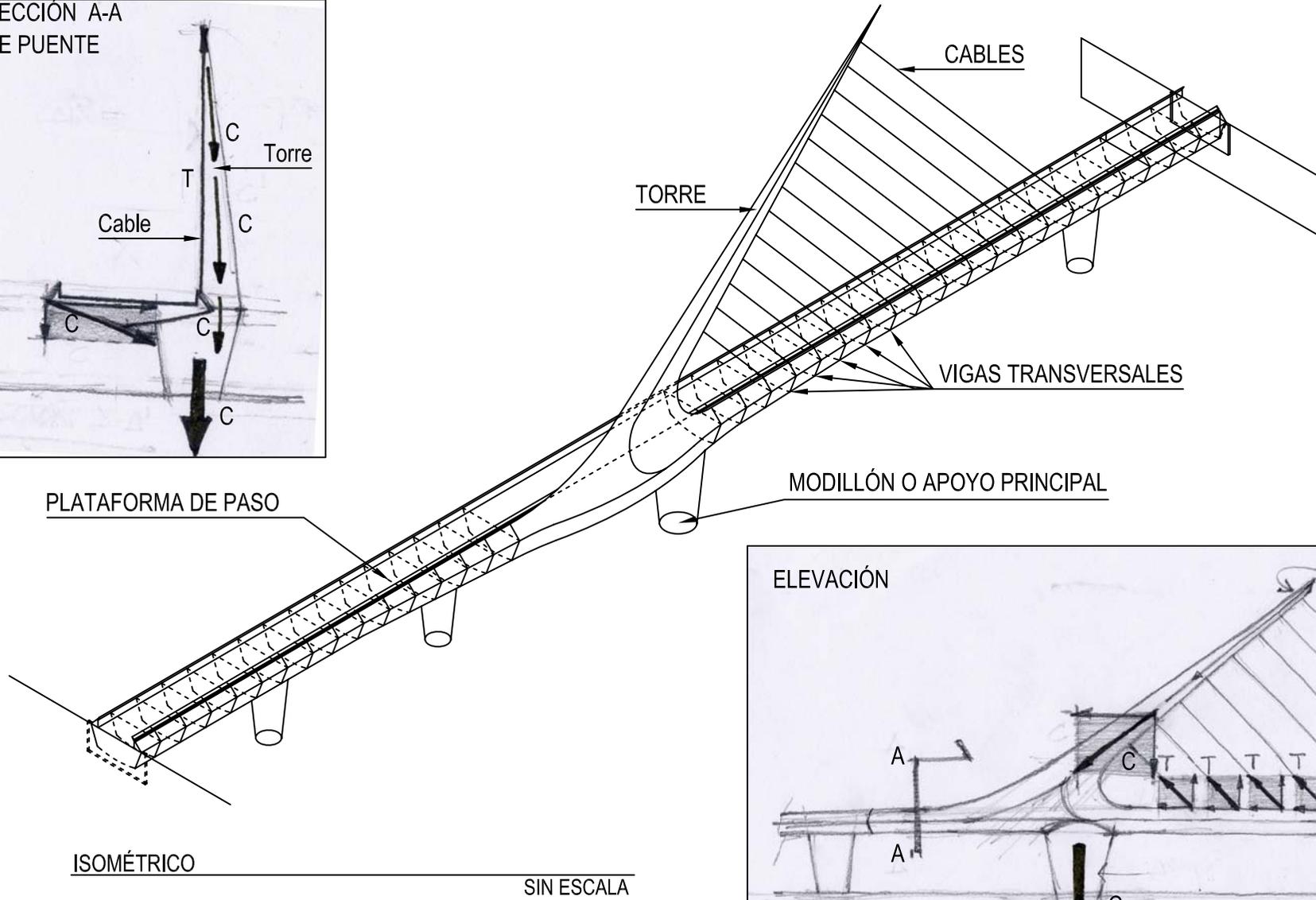
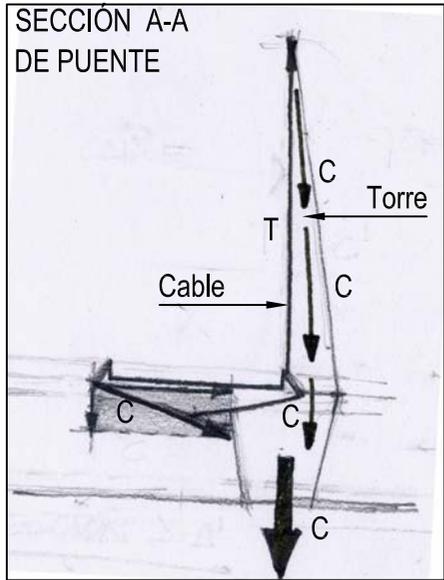
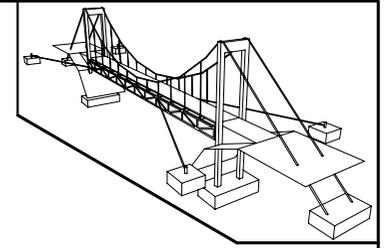
ISOMÉTRICO

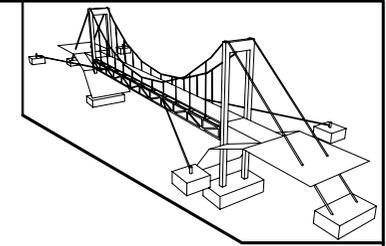
SIN ESCALA





# TIPOS DE Puentes COLGANTES





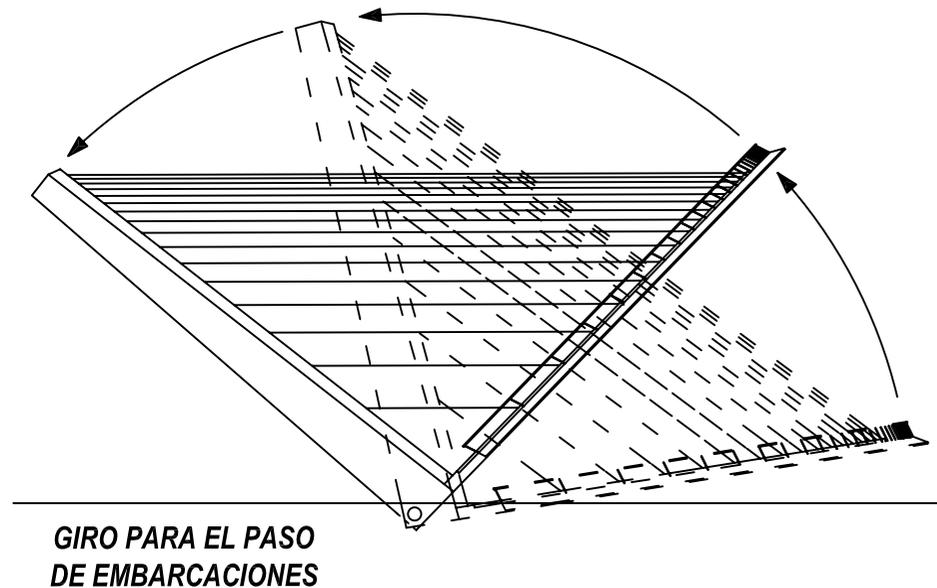
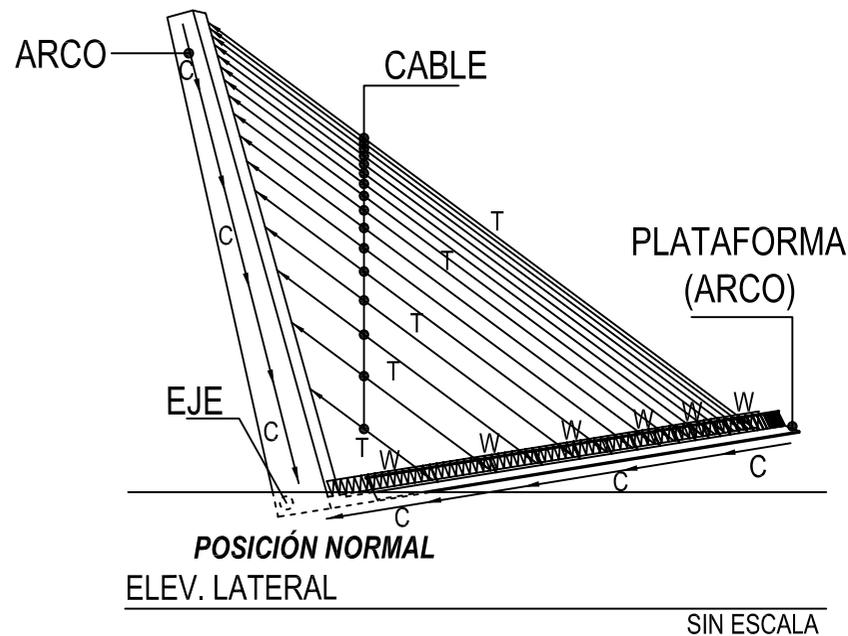
### 3.5.5. PUENTE COLGANTE DE ARCO GIRATORIO

Nombre: Gateshead Millenium Bridge

Características

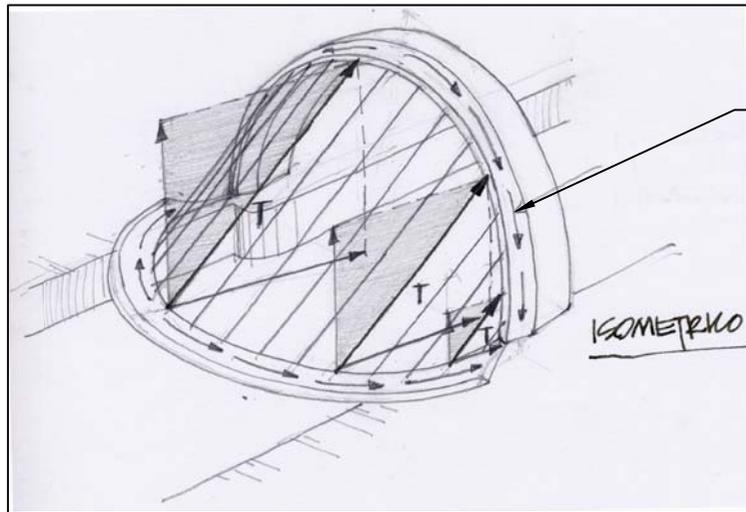
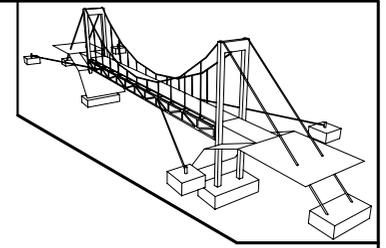


- Localización: Orillas del río Tyne, Londres, Inglaterra
- Longitud: 147.00 m.
- Año de construcción: 1999.
- Tipo de uso: Peatonal.
- Diseñador: Norman Foster and Partners.
- Observaciones: El único puente colgante que rota 90° verticalmente
- Materiales más usados: Cables de acero en los cables principales  
acero en perfiles en la plataforma y el arco.

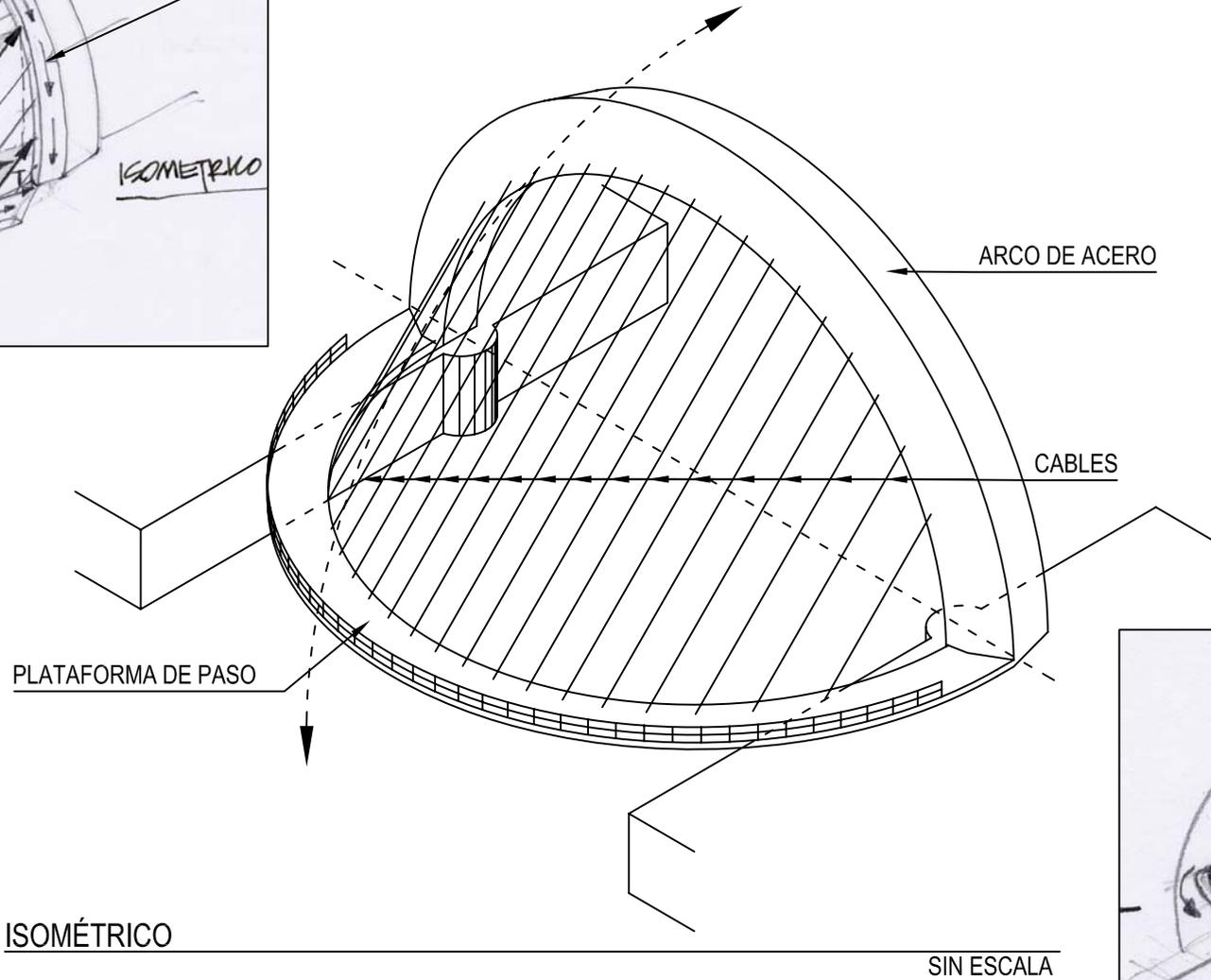




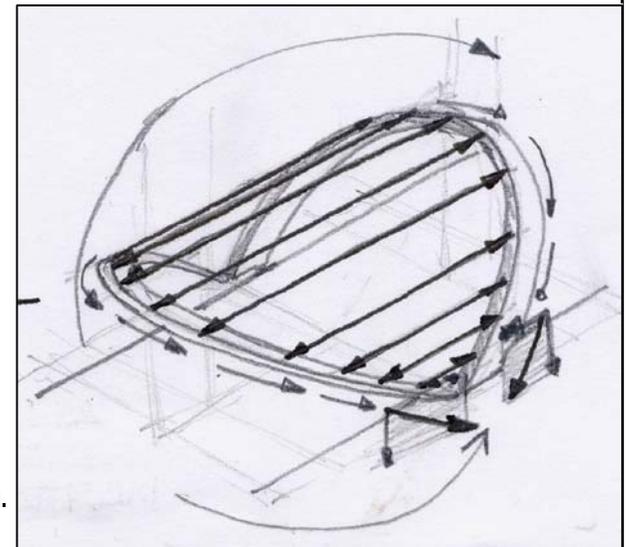
# TIPOS DE PUENTES COLGANTES

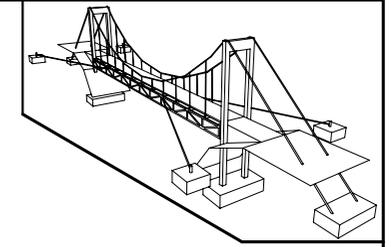


Las componentes de la tensión son disipadas por los arcos.



Al abatirse la estructura, las cargas de los arcos se encuentran y se anulan.





### 3.5.6. PUENTE COLGANTE SUSPENDIDO (PEATONAL) O DE HAMACA

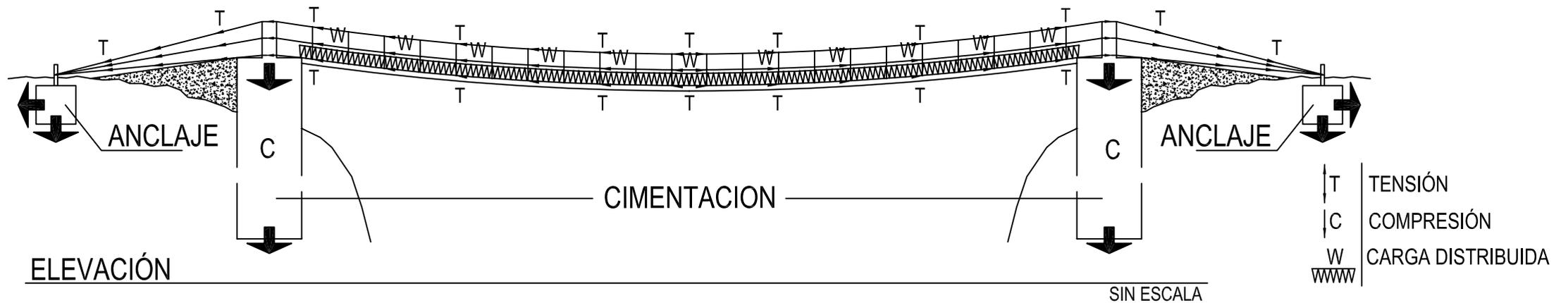
Nombre: Puente de sogá Inca

#### Características



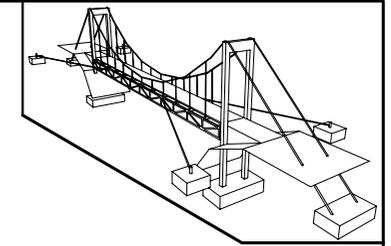
FUENTE: <http://en.wikipedia.org/wiki/bridge>

Localización:	Cañón de Apurimac, Cuzco, Perú.
Longitud:	67.00 m.
Año de construcción:	Siglo XV.
Tipo de uso:	Peatonal.
Diseñador:	Civilización Inca.
Materiales más usados:	Cables de sogá en todo el tramo (actualmente se usan cables de acero) y madera en la superficie de paso.

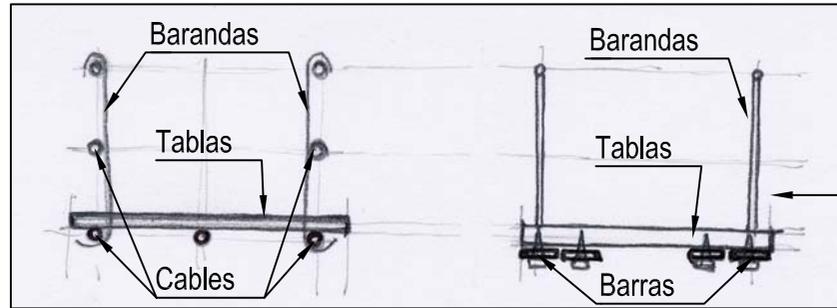




# TIPOS DE PUENTES COLGANTES



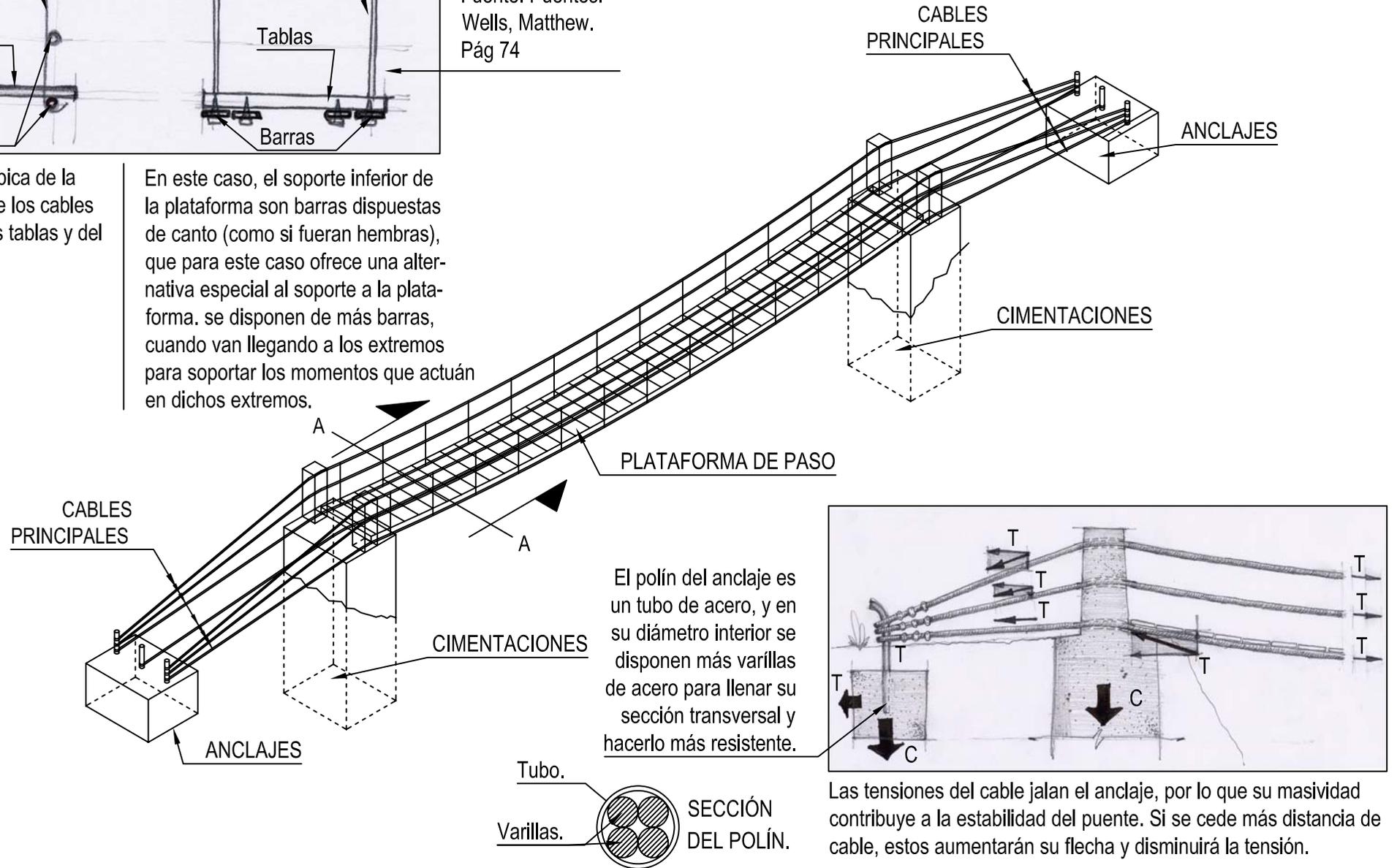
## SECCIONES DE PLATAFORMAS



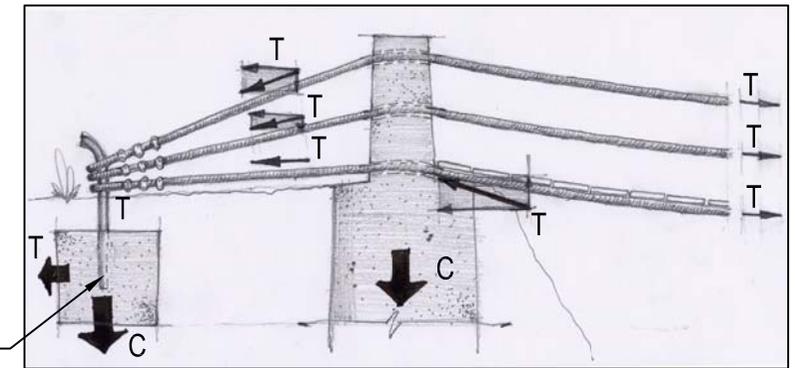
Puente Pont da Suransuns (Suiza)  
Fuente: Puentes.  
Wells, Matthew.  
Pág 74

Esta es la sección típica de la plataforma, en la que los cables son el soporte de las tablas y del barandal.

En este caso, el soporte inferior de la plataforma son barras dispuestas de canto (como si fueran hembras), que para este caso ofrece una alternativa especial al soporte a la plataforma. se disponen de más barras, cuando van llegando a los extremos para soportar los momentos que actúan en dichos extremos.

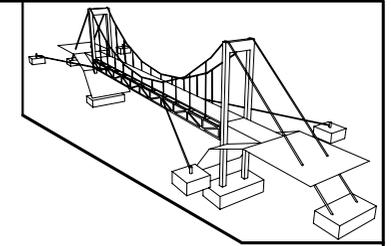


El polín del anclaje es un tubo de acero, y en su diámetro interior se disponen más varillas de acero para llenar su sección transversal y hacerlo más resistente.



Las tensiones del cable jalan el anclaje, por lo que su masividad contribuye a la estabilidad del puente. Si se cede más distancia de cable, estos aumentarán su flecha y disminuirá la tensión.





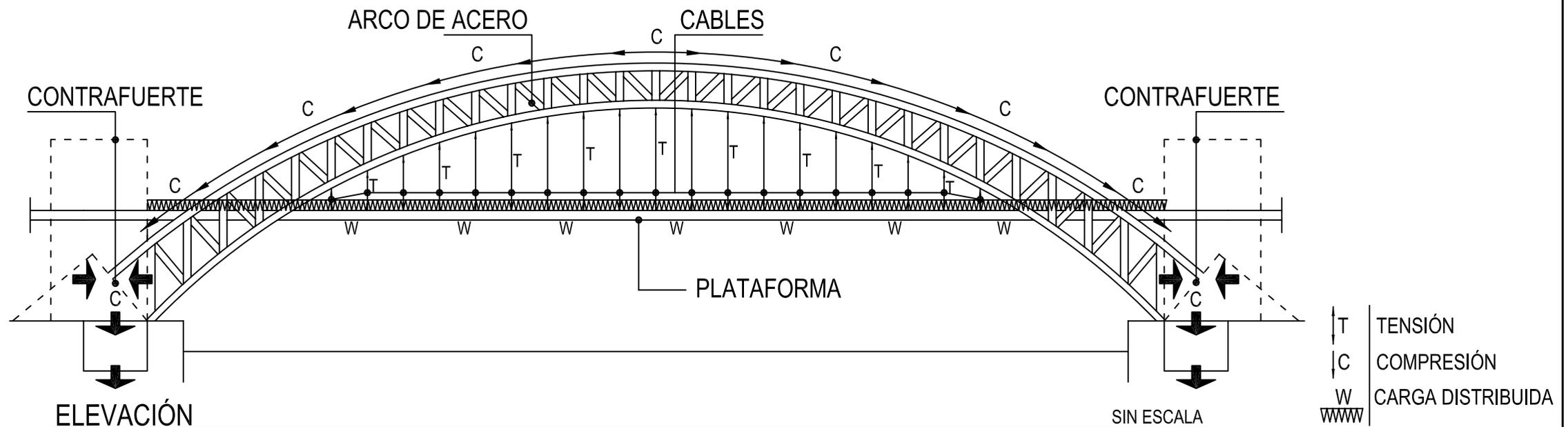
### 3.5.7. PUENTE DE PLATAFORMA SUSPENDIDA CON ARCO DE COMPRESION DE ACERO

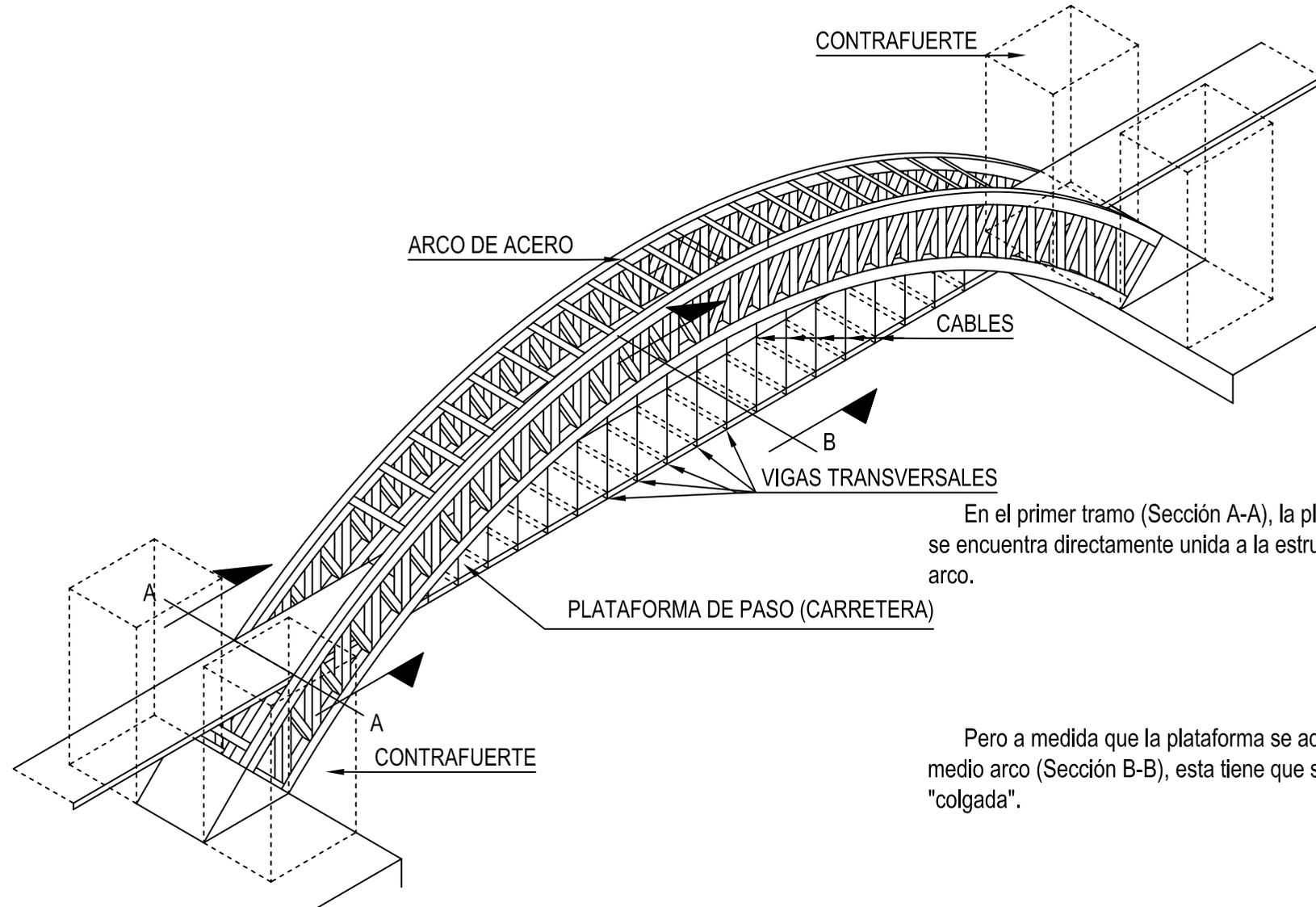
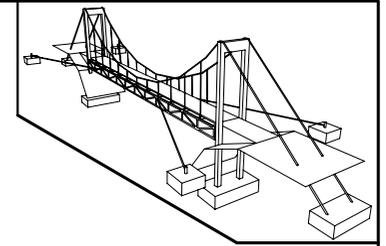
Nombre: Puente de la bahía de Sydney

Características



Localización:	Sydney, Australia.
Longitud:	503.00 m.
Año de construcción:	1932.
Tipo de uso:	Vehicular y peatonal.
Diseñador:	John Bradfield.
Materiales más usados:	Cables de acero en las péndolas, acero en perfiles en el arco principal, y concreto reforzado en la plataforma y los contrafuertes.

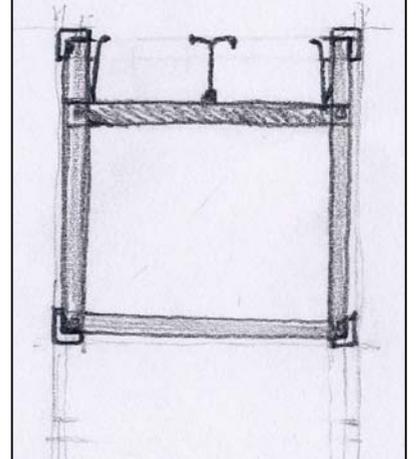




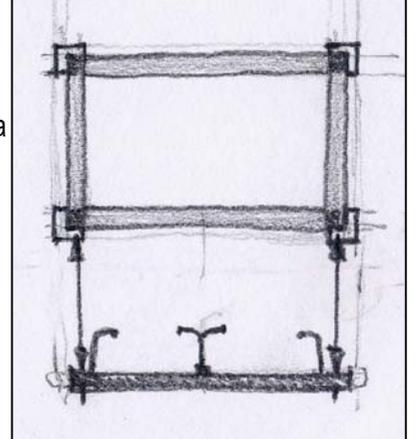
En el primer tramo (Sección A-A), la plataforma se encuentra directamente unida a la estructura del arco.

Pero a medida que la plataforma se adentra hacia medio arco (Sección B-B), esta tiene que ser "colgada".

SECCIÓN A-A



SECCIÓN B-B

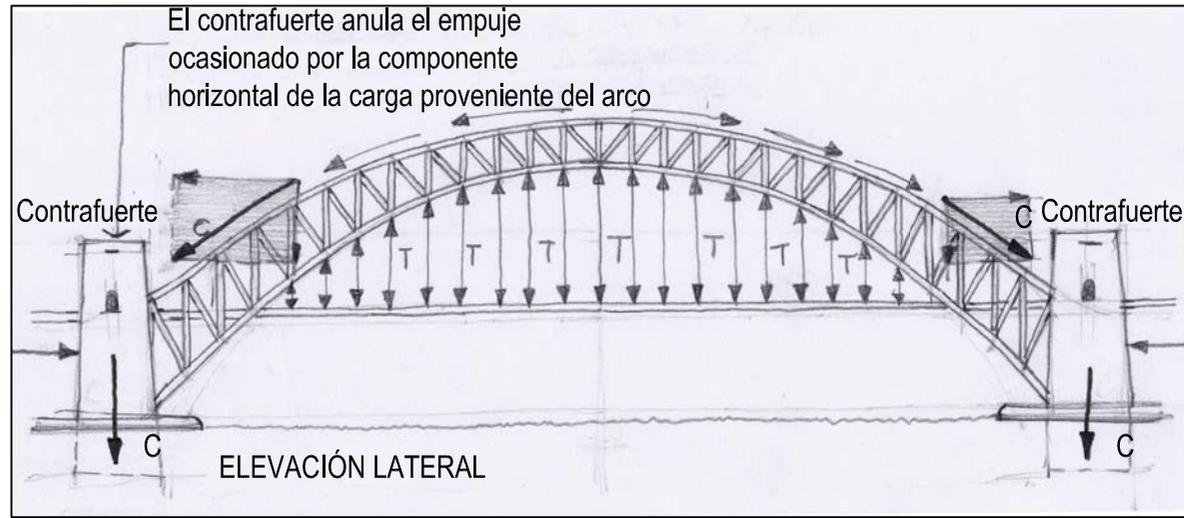
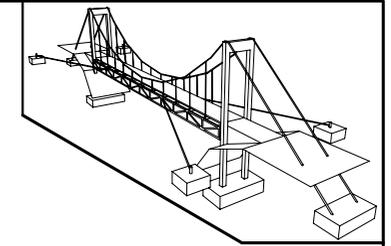


ISOMÉTRICO

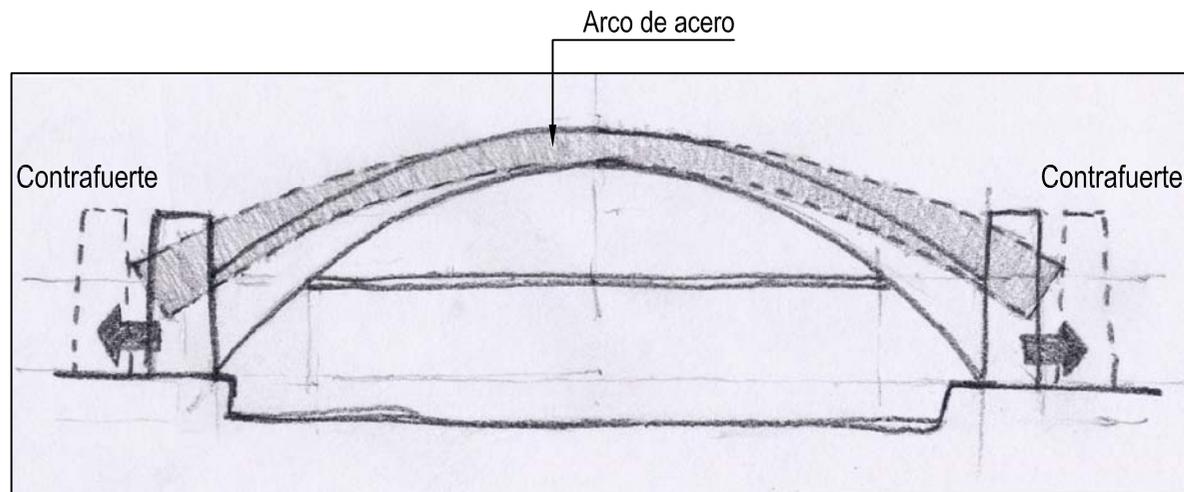
SIN ESCALA



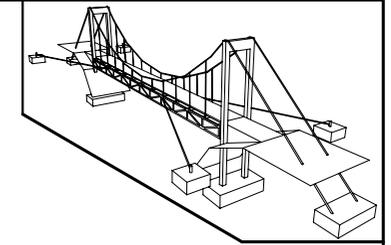
# TIPOS DE PUENTES COLGANTES



Las tensiones generadas en los cables secundarios son transferidas al arco de compresión. Para este tipo de arcos, la estereoes-  
trutura es el más usado porque es el sistema de más fácil cons-  
trucción.



Se hace necesario el uso de contrafuertes a los lados del arco del puente, para evitar que se abra el mismo y pueda co-  
lapsar. La masividad de los contrafuertes hace que su peso sea mucho mayor que las cargas que llegan desde el arco.



**A continuación se mostrarán otros ejemplos de puentes colgantes cuya tipología estructural no está determinada debido a su dinámica estructural y arquitectónica.**

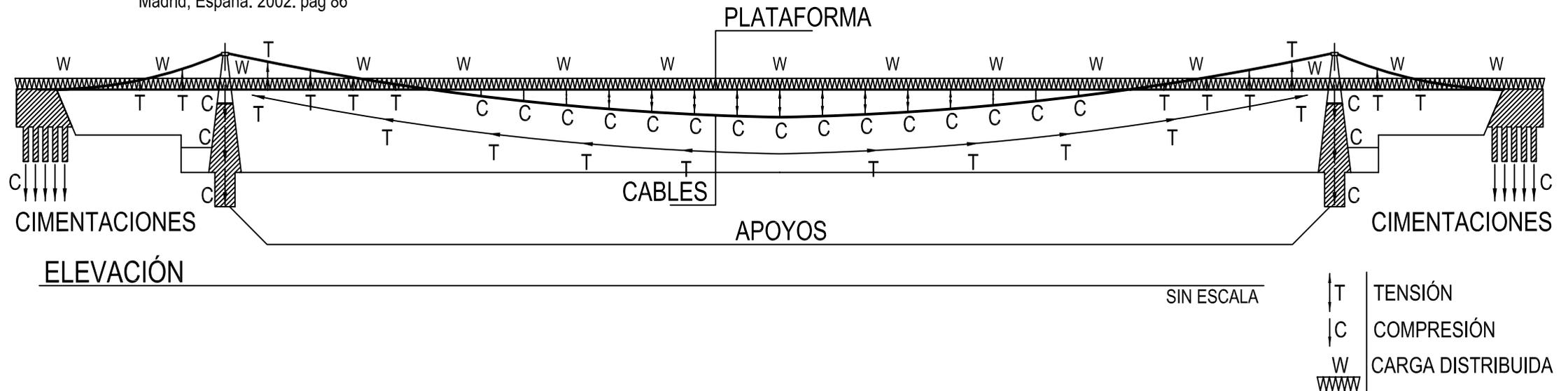
### 3.5.8. Nombre: Millenium Bridge (Puente del milenio)

#### Características



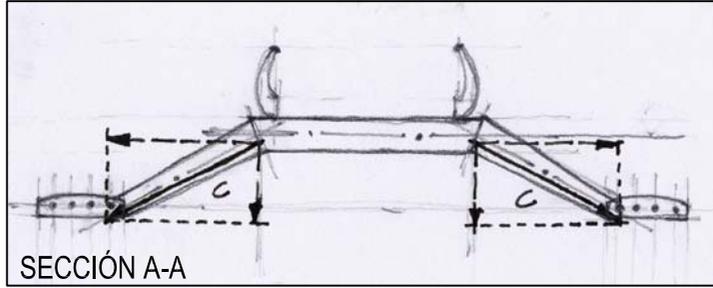
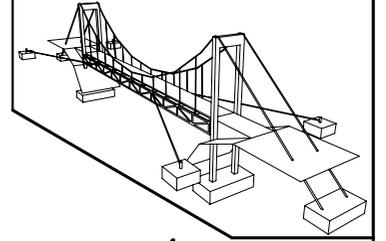
Fuente: Puentes, Wells Matthew. H. Klickowsky-Onlybook, S.L. Madrid, España. 2002. pag 86

Localización:	Orillas del río Támesis, Londres, Inglaterra
Longitud:	320.00 m.
Año de construcción:	1998.
Tipo de uso:	Peatonal.
Diseñador:	Norman Foster and Partners.
Observaciones:	Parte de una nueva generación de infraestructura de puentes del Londres, para festejar el nuevo milenio
Materiales más usados:	Cables de acero en los cables principales apoyos y plataforma de acero y concreto reforzado en las bases.



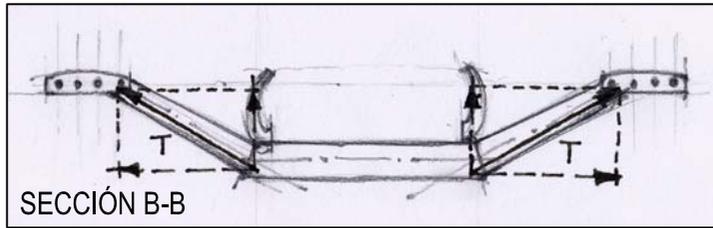


# TIPOS DE PUENTES COLGANTES



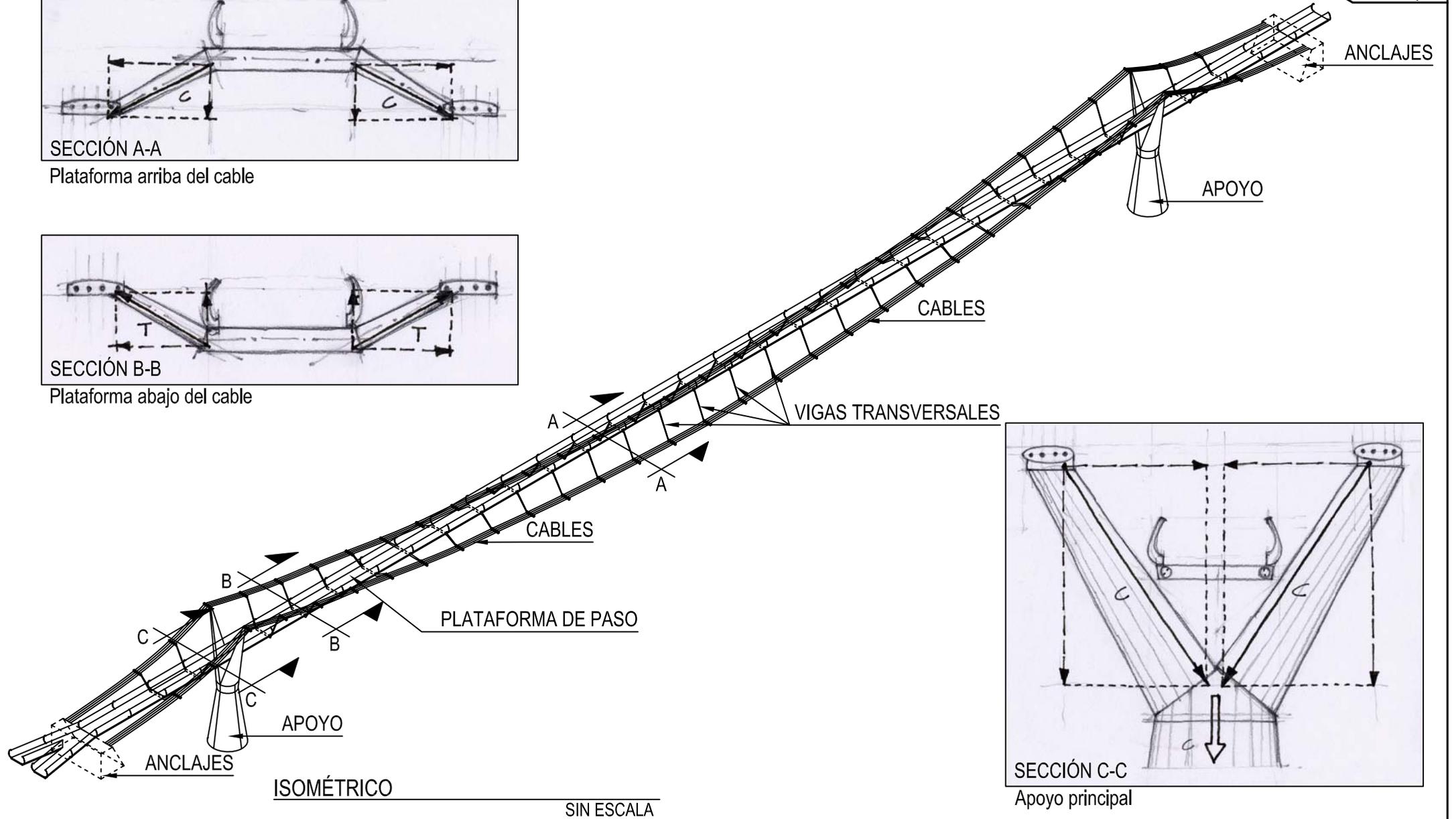
SECCIÓN A-A

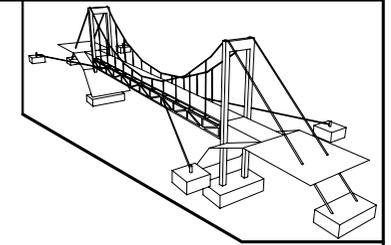
Plataforma arriba del cable



SECCIÓN B-B

Plataforma abajo del cable





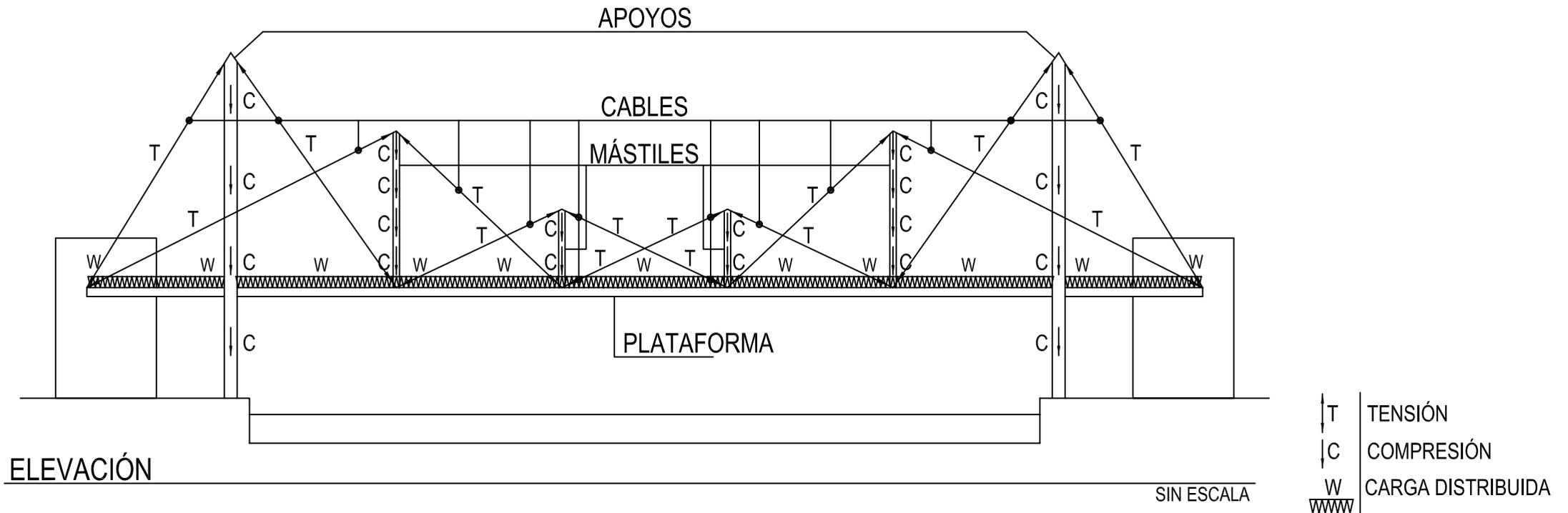
### 3.5.9. Nombre: Puente Steg uber der Mur

#### Características



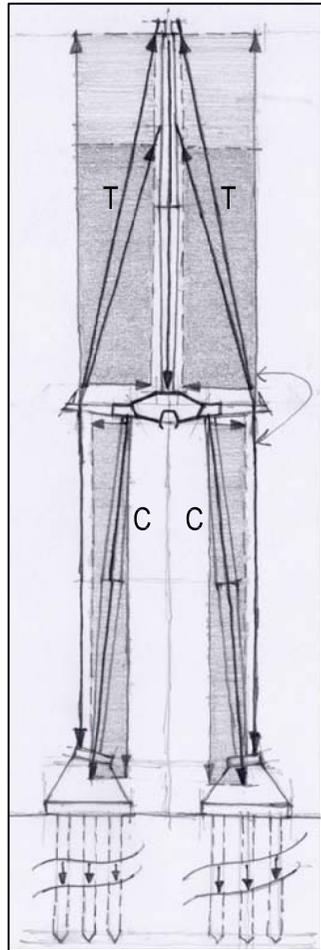
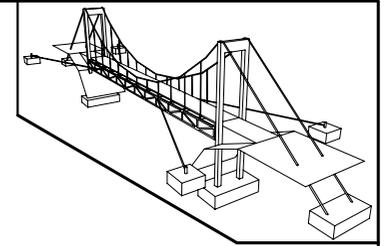
Fuente: *Puentes*, Wells Matthew . H. Klickowski-Onlybook, S.L. 5ta. Madrid, España. 2002. pag 113.

Localización:	Graz, Austria
Longitud:	55.80 m.
Año de construcción:	1992.
Tipo de uso:	Peatonal.
Diseñador:	Gunther Domenig/Harald Egger.
Materiales más usados:	Cables de acero en los cables principales mastiles y plataforma de acero y concreto reforzado en las bases.

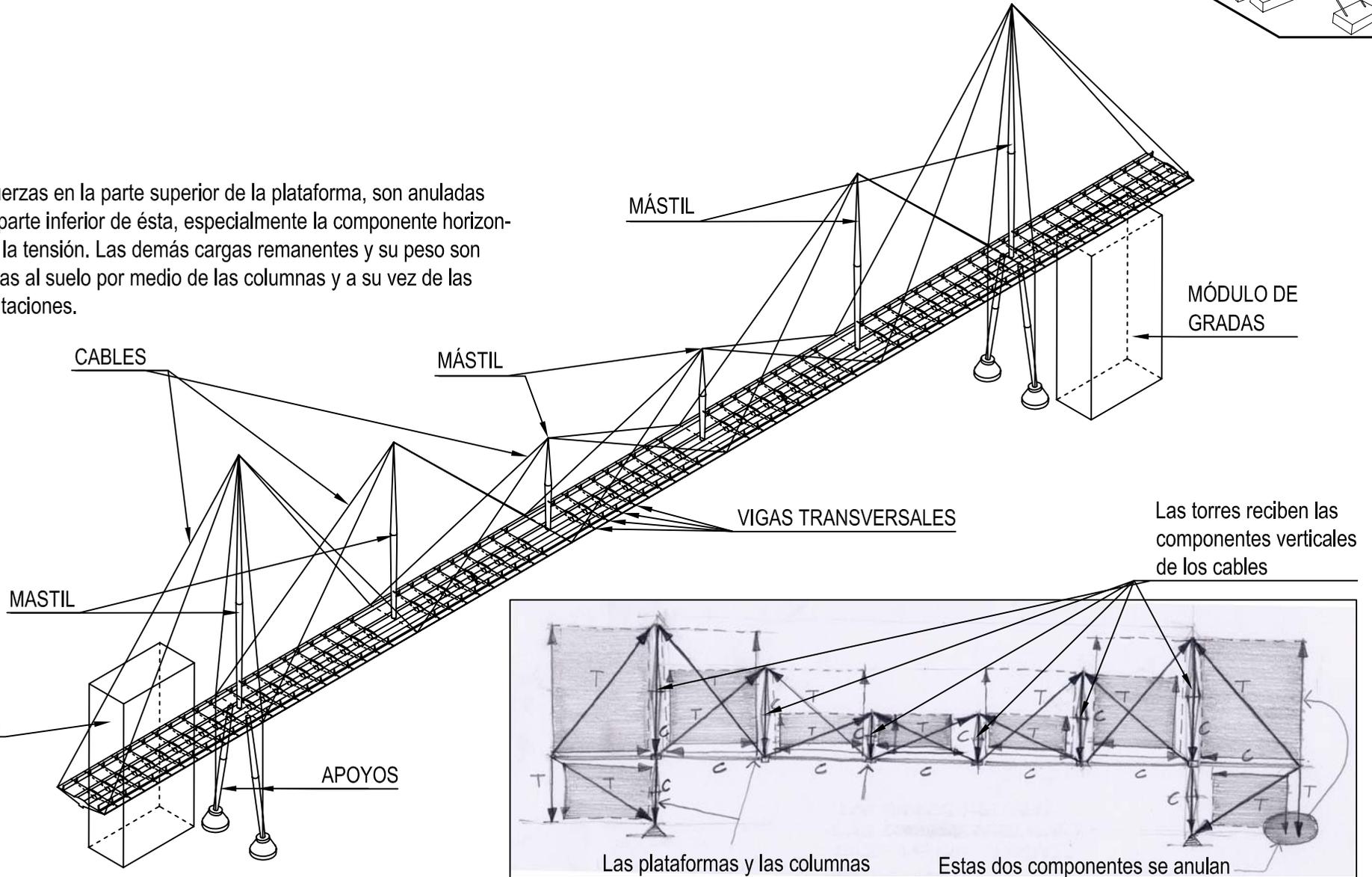




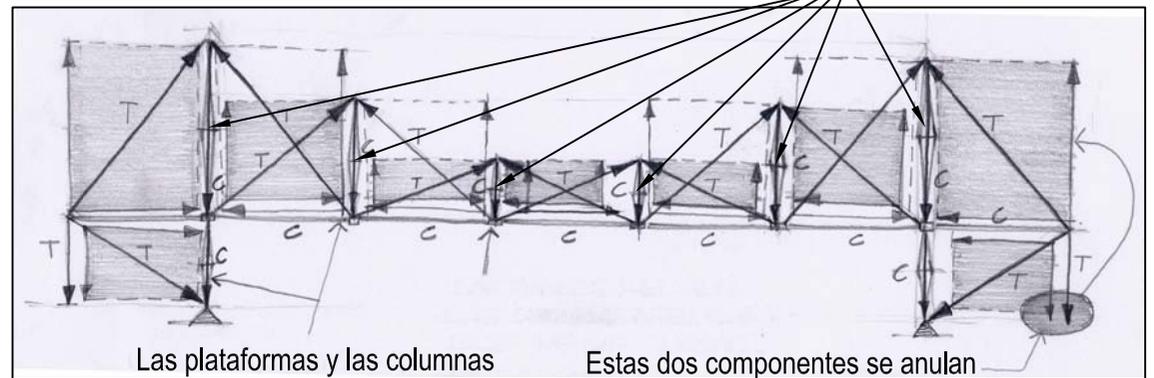
# TIPOS DE PUENTES COLGANTES



Las fuerzas en la parte superior de la plataforma, son anuladas en la parte inferior de ésta, especialmente la componente horizontal de la tensión. Las demás cargas remanentes y su peso son llevadas al suelo por medio de las columnas y a su vez de las cimentaciones.



Las torres reciben las componentes verticales de los cables



Las plataformas y las columnas reciben las componentes horizontales de las cargas de los cables.

Estas dos componentes se anulan

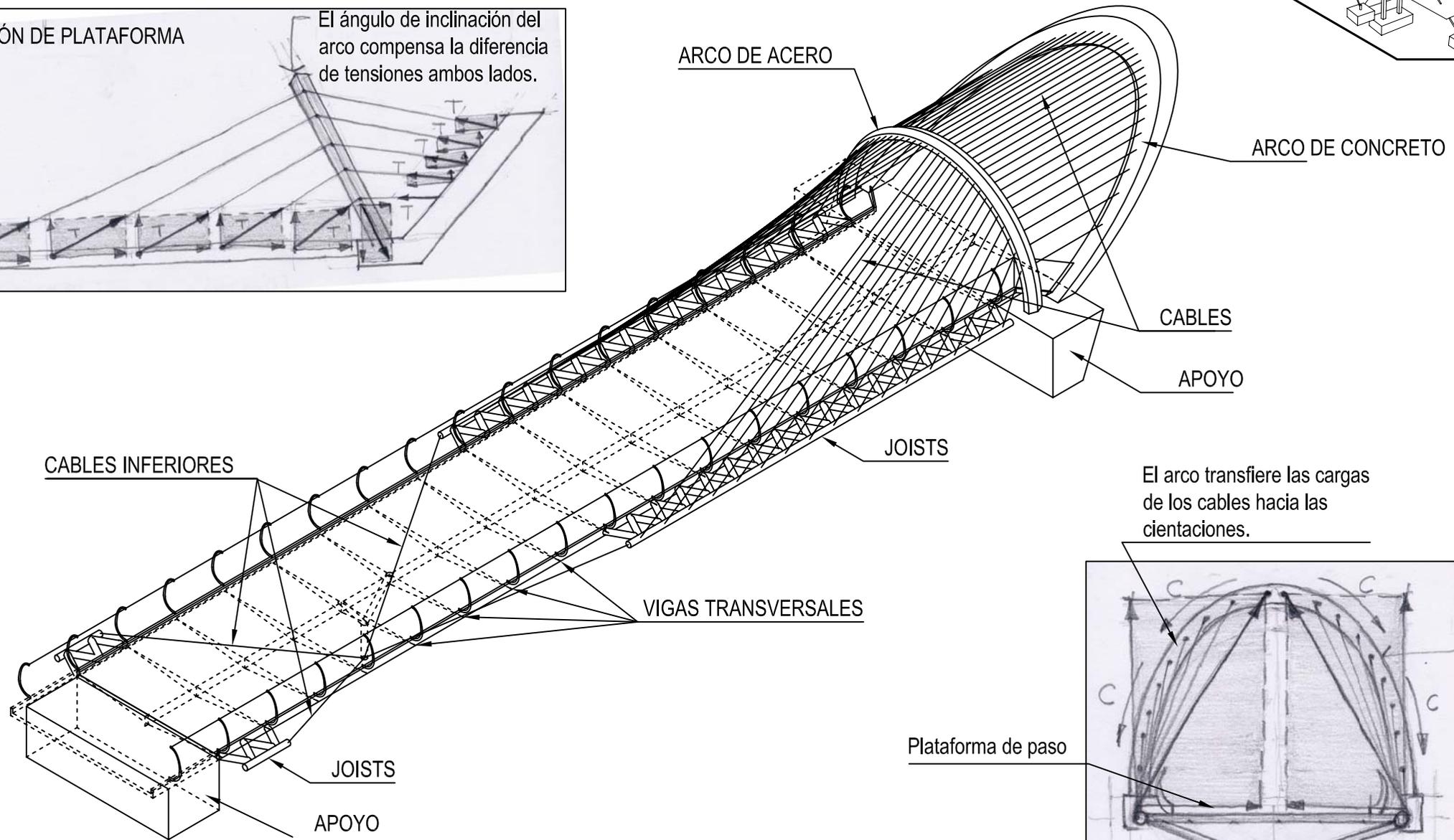
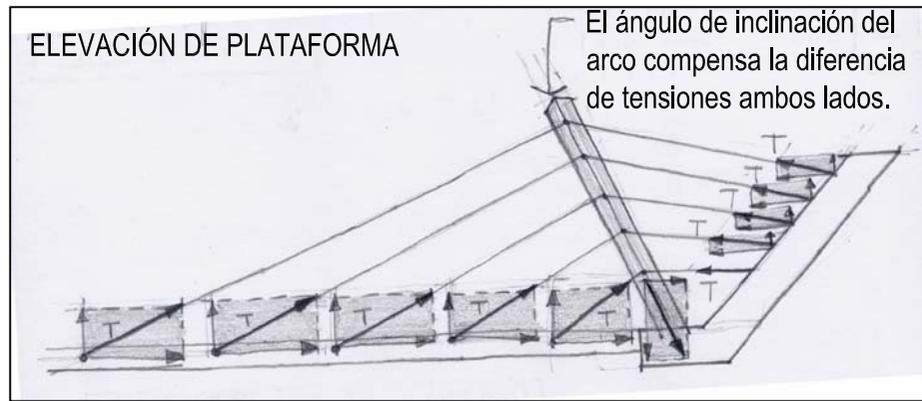
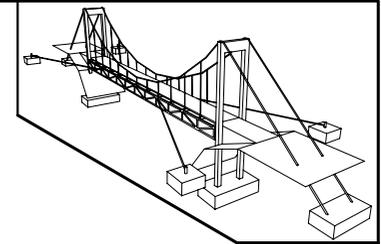
ISOMÉTRICO

SIN ESCALA

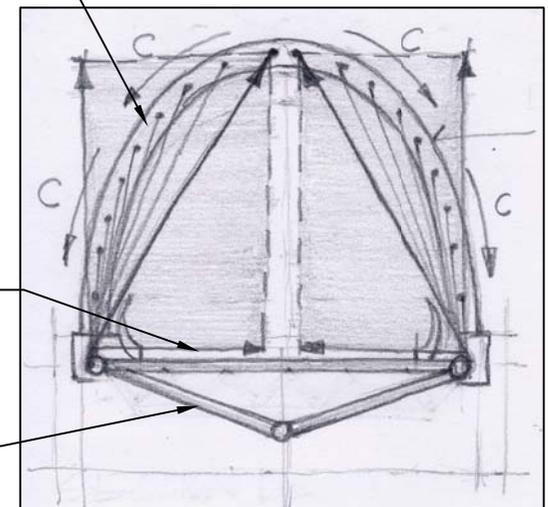




# TIPOS DE PUENTES COLGANTES

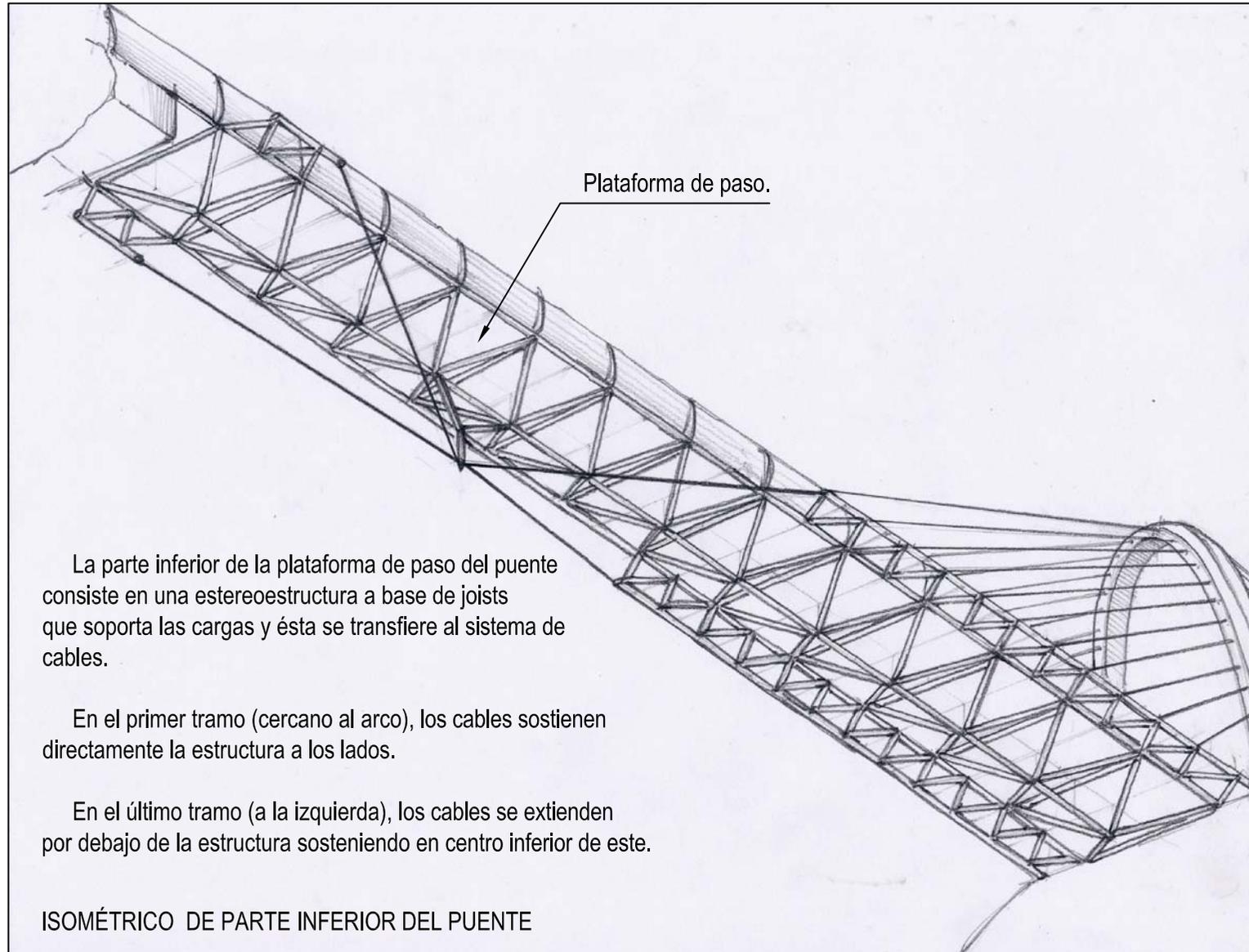
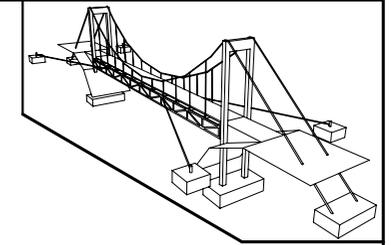


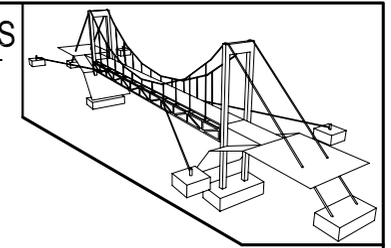
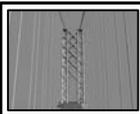
El arco transfiere las cargas de los cables hacia las cimentaciones.



ISOMÉTRICO

SIN ESCALA





### 3.5.11. Tabla comparativa de los tipos de puentes colgantes

	Puente	Tipología estructural	Uso	Distancia total en m.	Costo*	Relación Costo / Distancia	Contexto regional
1	Puente Severn	Puente colgante	Vehicular	1597.00	Q 1,033,333,333.00	Q 647,046.55 / m.	Rural
2	Puente de Millau	Puente suspendido de cables paralelos	Vehicular	2460.00	Q 3,100,000,000.00	Q 1,260,162.60 / m.	Rural
3	Puente Zakim	Puente suspendido de cables radiados	Vehicular	365.00	Q 410,000,000.00	Q 1,123,287.67 / m.	Rural
4	Puente del Alamillo	Puente colgante de estructura montado sobre modillón central	Vehicular	200.00	Q 304,000,000.00	Q 1,520,000.00 / m.	Urbano
5	Puente de la Mujer	Puente colgante giratorio de estructura montado sobre modillón central	Peatonal	102.00	N/D		Urbano
6	Puente de Winnipeg	Puente colgante de estructura montado sobre modillón lateral	Peatonal	156.00	N/D		Urbano
7	Gateshead Millenium	Puente colgante giratorio	Peatonal	147.00	Q 286,000,000.00	Q 1,945,578.23 / m.	Urbano
8	Puente de sogá Inca(I)	Puente colgante suspendido (peatonal) o de hamaca	Peatonal	25.80	Q 160,570.00	Q 6,223.64 / m.	Rural
9	Puente de la bahía de Sydney	Puente de plataforma suspendida con arco de compresión de acero	Vehicular		N/D		Rural
10	Milenium Bridge	No determinado	Peatonal	320.00	Q 236,600,000.00	Q 739,375.00 / m.	Urbano
11	Puente Steg uber der Mur	No determinado	Peatonal	55.80	N/D		Urbano
12	Puente del museo Miho	No determinado	Peatonal	120.00	N/D		Rural

(I) Actualmente se usan puentes de hamaca con cables de acero, a este respecto, se toman los datos de uno, hecho en Purulha, Baja Verapaz, por el estudiante en E.P.S. 2005-II Leonel Milián de la Facultad de Arquitectura, USAC.

N/D No determinado

\* Tomado del libro: Puentes. Wells, Matthew. Los costos fueron pasados de dolares americanos a quetzales, cambio \$1.00=Q7.75

#### CONCLUSIONES

La diferencia de costos es grande, y arroja que el puente de hamaca es la opción más económica en función de dotar de infraestructura a las regiones más pobres y alejadas que carecen de vías de acceso. Aquí se comprueba la adaptabilidad física de los puentes colgantes en todo tipo de contexto haciéndolos muy versátiles en su uso.



## ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE PUENTES COLGANTES PEATONALES, EN LA COSTA SUR DE GUATEMALA

### 3.6 MATERIALES DE CONSTRUCCION MÁS USADOS EN LA CONSTRUCCION DE PUENTES COLGANTES PEATONALES

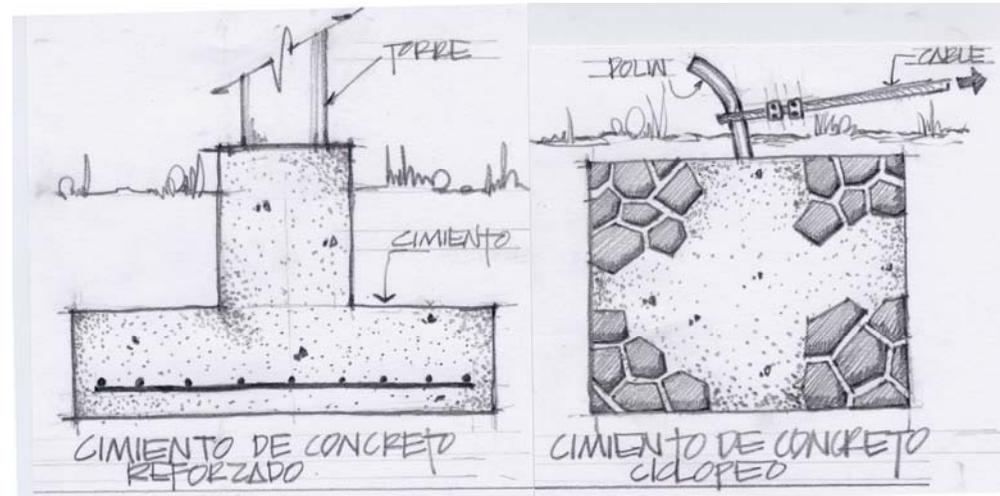
Por sus formidables cualidades estructurales que complementan economía y manejabilidad, los materiales más usados en la construcción de todas las partes de puentes colgantes peatonales son:

#### 3.6.1. Cimentaciones y anclajes:

Para estos elementos, se usan:

3.6.1.1. *Concreto reforzado*: Para zapatas y anclajes para puentes colgantes con plataforma rígida, en donde se necesita excelente resistencia a las acciones que afectan este complejo sistema estructural.

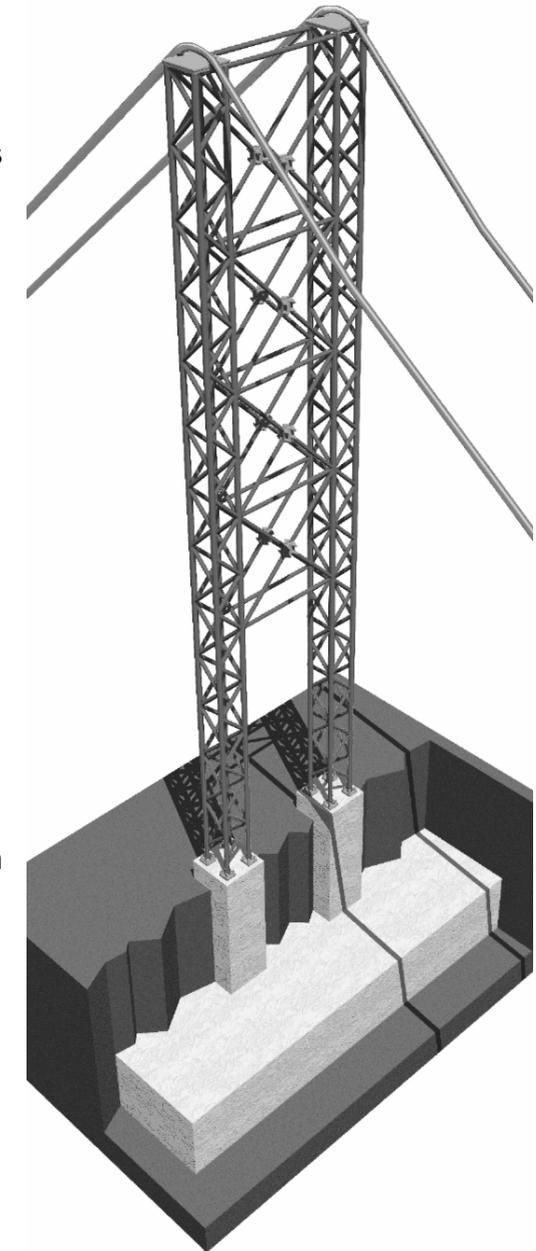
3.6.1.2. *Concreto ciclópeo*<sup>1</sup>: (34% concreto-66% piedras) Para puentes colgantes suspendidos – de hamaca-, se perfila como una excelente opción, por su economía, facilidad de construcción y obtención de materiales, especialmente la piedra. No se debe usar con puentes colgantes con plataforma rígida.



#### 3.6.2. Torres y plataformas de paso:

##### 3.6.2.1. Las torres:

<sup>1</sup> Consideraciones de análisis y diseño estructural de pasos elevados para tuberías de conducción de agua por medio de puentes colgantes., Recancoj Mendoza, Juan, pág. 7.



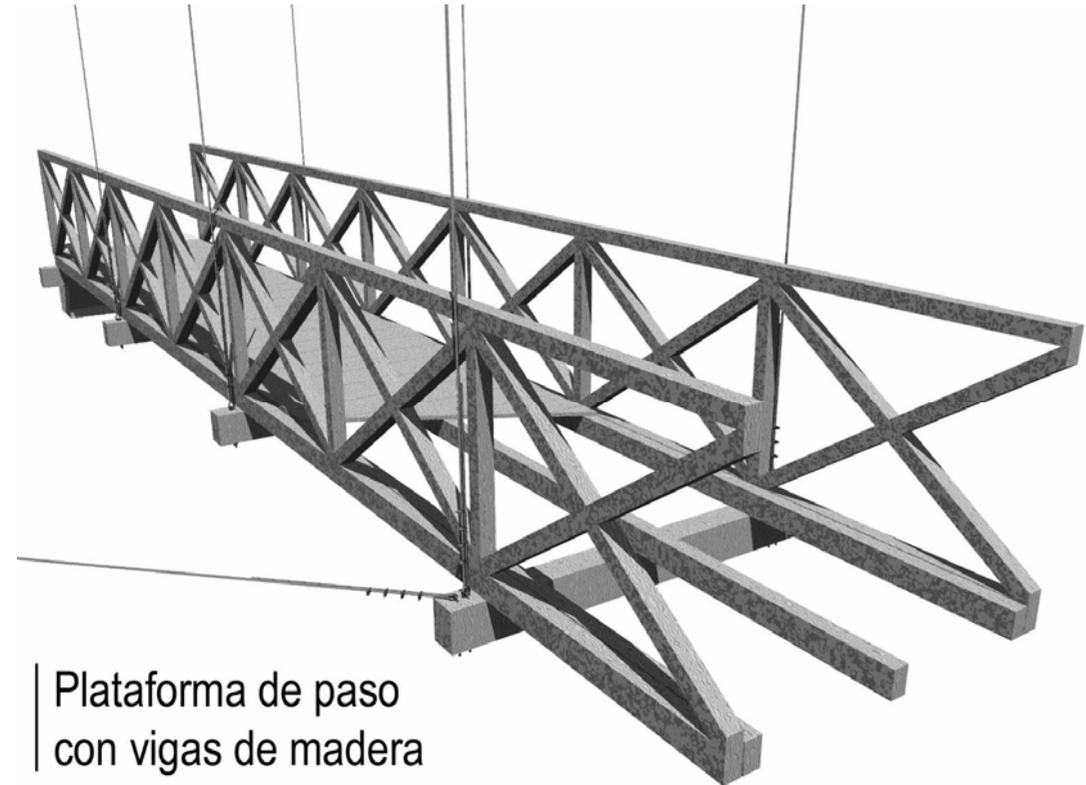
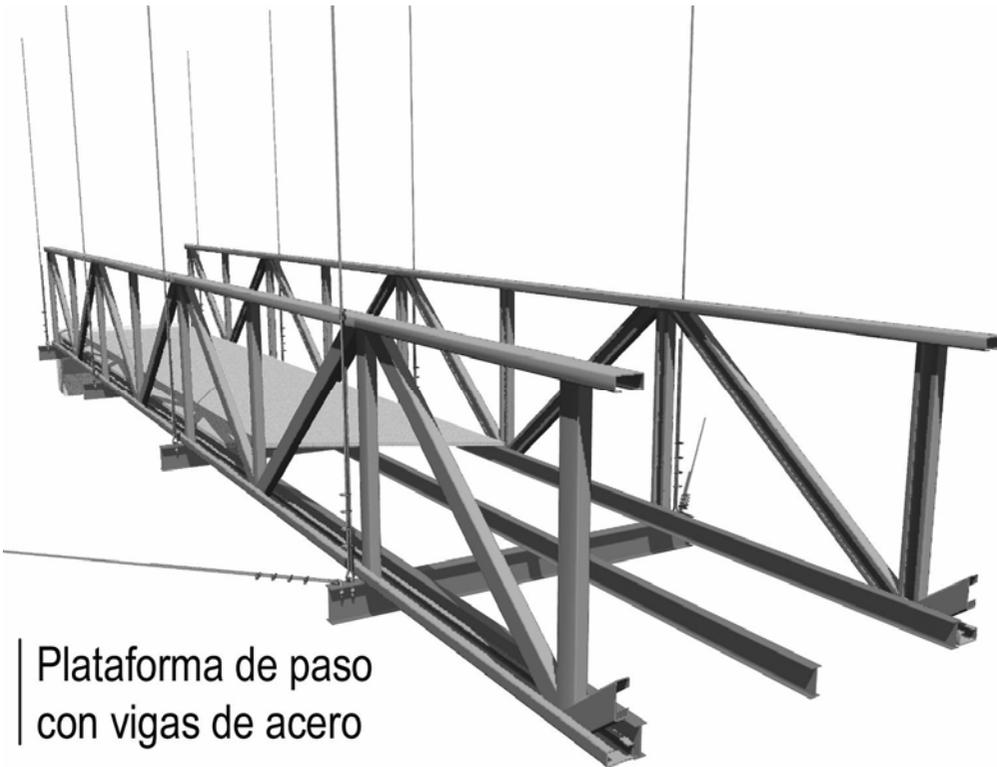


## ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE Puentes COLGANTES PEATONALES, EN LA COSTA SUR DE GUATEMALA

Estas por lo general, son construidas de acero, ya sea de cualquier perfil, por la facilidad de construcción y montaje, estos van unidas a las elongaciones de las cimentaciones, por medio de pernos, para un mejor anclaje.

### 3.6.2.2. Plataformas de paso:

Estos constan de las vigas principales, secundarias, -que pueden ser de madera o acero-, y la superficie de paso –por lo general, se usan tablas-. También se puede usar una estructura mixta entre vigas principales de acero y vigas secundarias de madera. Tiene que tenerse especial cuidado con las vigas principales, ya que ahí se instalarán las conexiones para anclarlos a las péndolas, ya que de ahí, serán suspendidos. Para los puentes de hamaca, sólo son necesarias las tablas, ya que es su único sistema de paso además de los cables inferiores.





### 3.6.3. Cables principales y secundarios:

#### 3.6.3.1. Cables y sus accesorios<sup>2</sup>

##### A. Cables:

Fabricados de acero al carbón galvanizado y acero inoxidable según las condiciones de uso, pero las diferencias entre estos dos materiales en sus cualidades estructurales son mínimos. Hay tres grados estructurales de cable según el número de hilos o alambres que lo forman, que son:

- Cables de 7x19<sup>3</sup>: Esta cubierta de una película lubricante, los finos alambres dan buena flexibilidad, haciéndolo ideal para poleas.
- Cables de 7x7: Tiene funciones similares a la anterior, pero usado en donde la flexibilidad del anterior no es necesario, su principal defecto es la abrasión con elementos accesorios.
- Cables de 1x19: Es el cable más fuerte, pero menos flexible. Es el más recomendado y usado para su uso en puentes colgantes.

Desde el punto de vista de la flexibilidad, los cables se clasifican en:

- Rígidos, semi-flexibles, flexibles, muy flexibles y extra-flexibles

##### Recomendaciones y consideraciones para su montaje o instalación

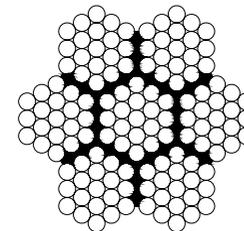
##### Cualidades del cable:

- Resistencia suficiente para prevenirse de la máxima carga que puede ser aplicada.
- Habilidad para soportar:
  1. Dobleces y flexiones repetidas sin que los cables fallen por fatiga.

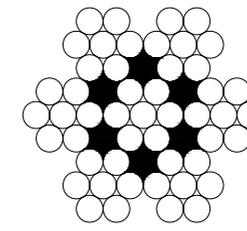


Fuente: [www.mechanicalmetals.com](http://www.mechanicalmetals.com)

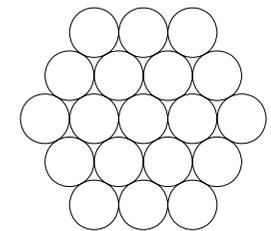
##### CABLES:



7x19



7x7



1x19

<sup>2</sup> Enciclopedia de la construcción. Merrit, Frederick. Vol. III Pág 460.

<sup>3</sup> La nomenclatura AxB: A: El número de grupos de alambres o "racimos" que forman la totalidad del cable y; B: En número de alambres que forman cada grupo (A).



## ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE PUENTES COLGANTES PEATONALES, EN LA COSTA SUR DE GUATEMALA

2. Desgaste abrasivo.
3. Distorsión o machacamiento.

Para instalar los cables deben tenerse presentes las siguientes precauciones<sup>4</sup>:

- Empezar a desenrollar por el exterior del rollo. Nunca por el interior.
- Evitar la formación de nudos.
- Evitar el destorcimiento del cable.
- Antes de cortar el cable, hacer las ligaduras oportunas para evitar que se deshagan los extremos.

*Flexibilidad:* Esta depende de:

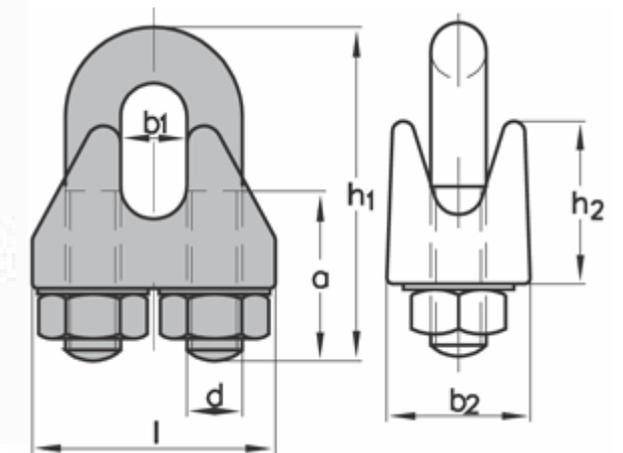
- La relación entre los diámetros de los alambres y de la polea, tambor y portacable.
- Del tipo de acero empleado.

*B. Accesorios empleados para la instalación de cables<sup>5</sup>*

- *Abrazaderas o sujetadores para cables de alambres (también llamados "clips"):*

Las abrazaderas o sujetadores de cables, o "clips" llamados comúnmente por los distribuidores de este accesorio, son abrazaderas de suficiente tamaño con genuinas bases de acero forjado. Son fáciles de fijar, seguros y durables. Protegidos de corrosión por un grueso galvanizado en caliente, estos se pueden usar repetidamente.

Fuente: [www.mechanicalmetals.com](http://www.mechanicalmetals.com)



<sup>4</sup> Consideraciones de análisis y diseño estructural de pasos elevados para tuberías de conducción de agua por medio de puentes colgantes., Recancoj Mendoza, Juan, pág. 7.

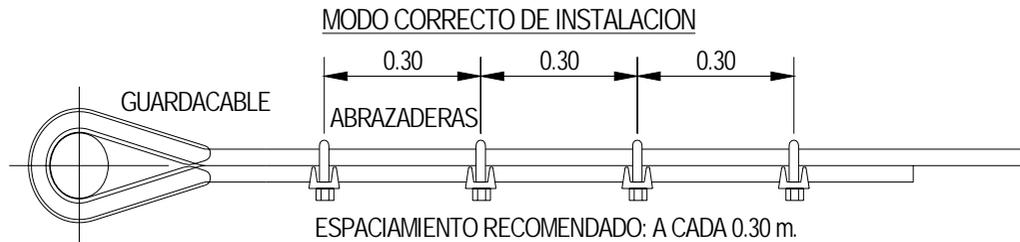
<sup>5</sup> Consideraciones de análisis y diseño estructural de pasos elevados para tuberías de conducción de agua por medio de puentes colgantes. Recancoj M., Juan. Pag. 127.



## ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE PUENTES COLGANTES PEATONALES, EN LA COSTA SUR DE GUATEMALA

Hay abrazaderas forjadas en bronce de alta resistencia, estos son usados en donde la corrosión hace impráctico el uso de abrazaderas de acero –como es el caso de la costa sur-, pero son aproximadamente 25% menos fuertes. Ante esta baja de la resistencia, se recomienda una abrazadera más que los anteriores recomendados en cada final de cable.

Los sujetadores tienen que estar conectados al final del cable como es mostrado.



Fuente: [www.mechanicalmetals.com](http://www.mechanicalmetals.com)

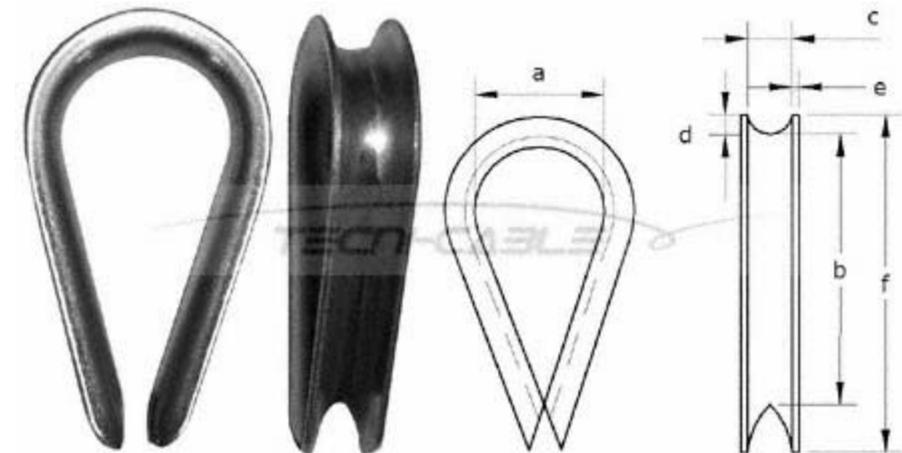


- **Guardacables:**

Los guardacables sirven como elementos de desarrollo entre el cable y el elemento al que se le anclará, especialmente si la forma geométrica es pronunciada, o tiene aristas pronunciadas, de manera que el guardacable proteja y haga pasar bien el cable ante dichos elementos (véase: *modo correcto de instalación*, en la parte inferior de la pagina anterior).

Estos se dividen por su resistencia en *livianos* y *pesados*. Los guardacables livianos son recomendados para el uso de cables de hierro y de acero de arado dúctil<sup>6</sup>, cordones y cables galvanizados para plumas y cables estacionarios. Los guardacables pesados galvanizados, son recomendados para aplicaciones estructurales.

- **Tensores o torniquetes:**



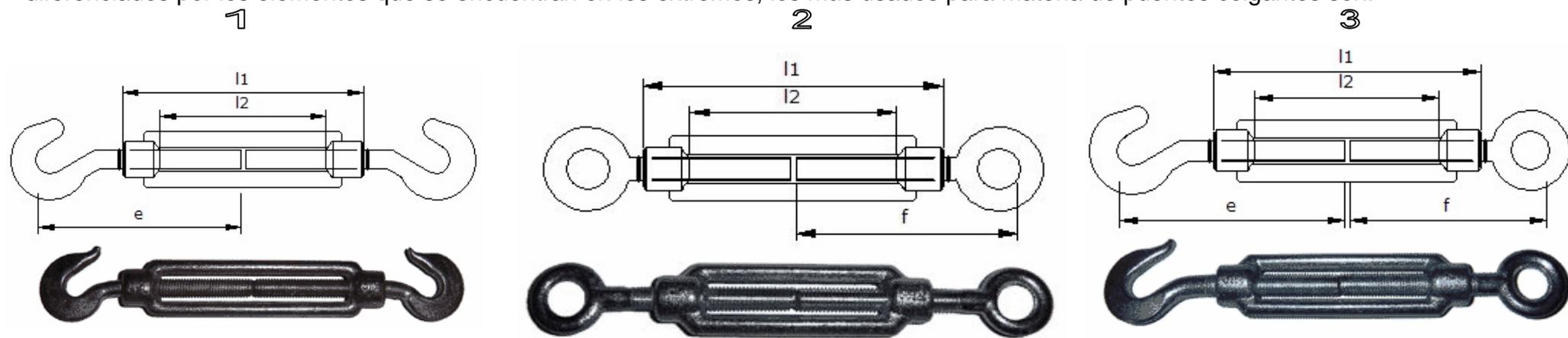
Fuente: [www.mechanicalmetals.com](http://www.mechanicalmetals.com)

<sup>6</sup> Usado en la agricultura y en aplicaciones no estructurales.



## ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE PUENTES COLGANTES PEATONALES, EN LA COSTA SUR DE GUATEMALA

Estos elementos sirven para unir elementos que funcionan a tensión, como cables y barras. En el mercado hay una gran variedad de tipos, diferenciados por los elementos que se encuentran en los extremos, los más usados para materia de puentes colgantes son:



Fuente: [www.mechanicalmetals.com](http://www.mechanicalmetals.com)

1. Tensores o torniquetes con argolla para los extremos.
2. Tensores o torniquetes con ojo para los extremos
3. Tensores con ojo y gancho en los extremos.

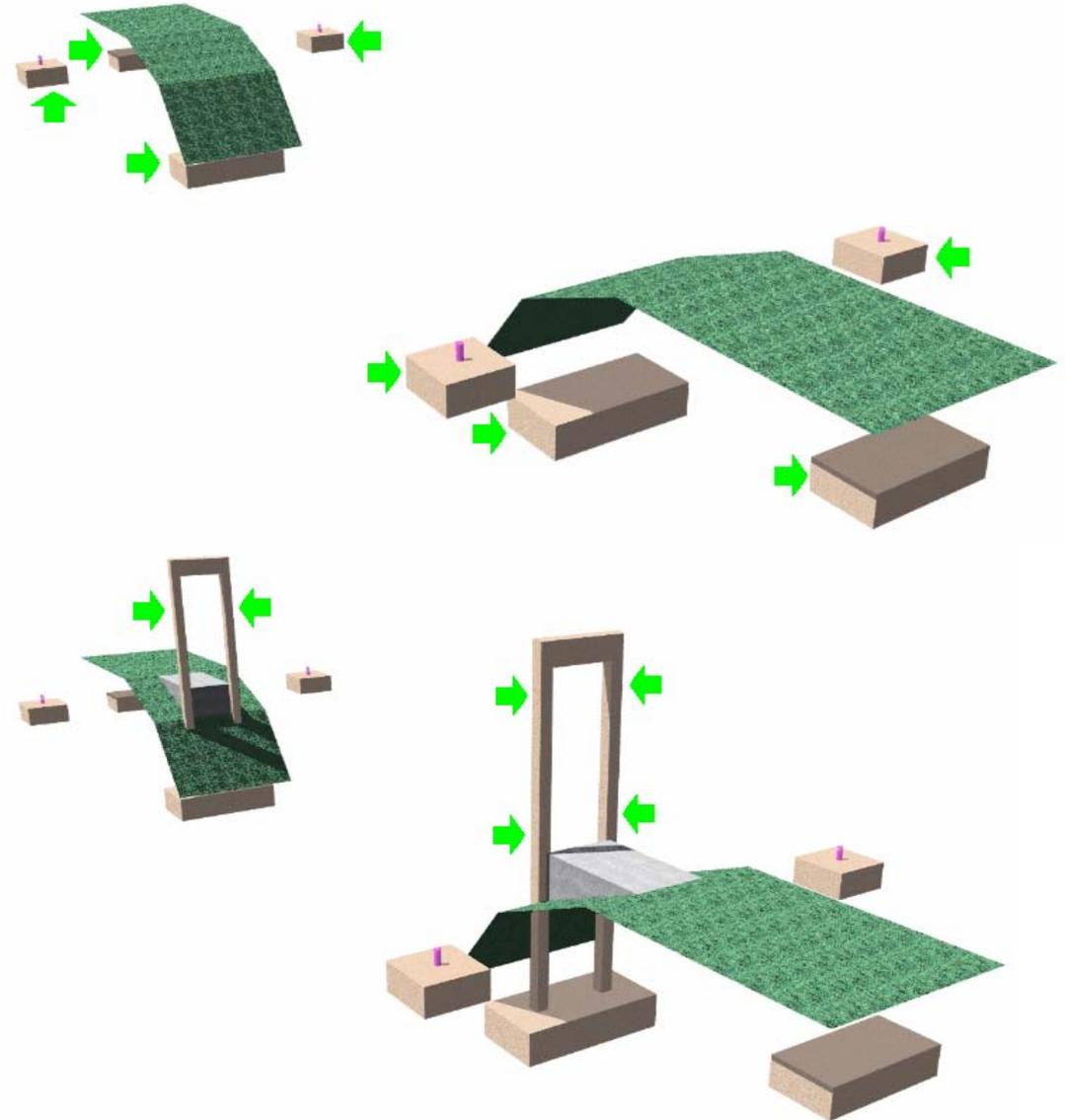


### 3.7 FASES CONSTRUCTIVAS DE LOS PUENTES COLGANTES

#### 3.7.1. Fases constructivas de los puentes colgantes de plataforma rígida

1. *Fundición de cimentaciones y anclajes.* Estos elementos deben ser construidos de manera tal, que sean precisos y alineados entre sí, para evitar cualquier error en las medidas de construcción, la transmisión de fuerzas laterales a otros elementos, y accesibilidad de inspección y mantenimiento. Con respecto a los cables, estos deben ser conectados por medio de cilindros trabados en el interior de dicha cimentación.

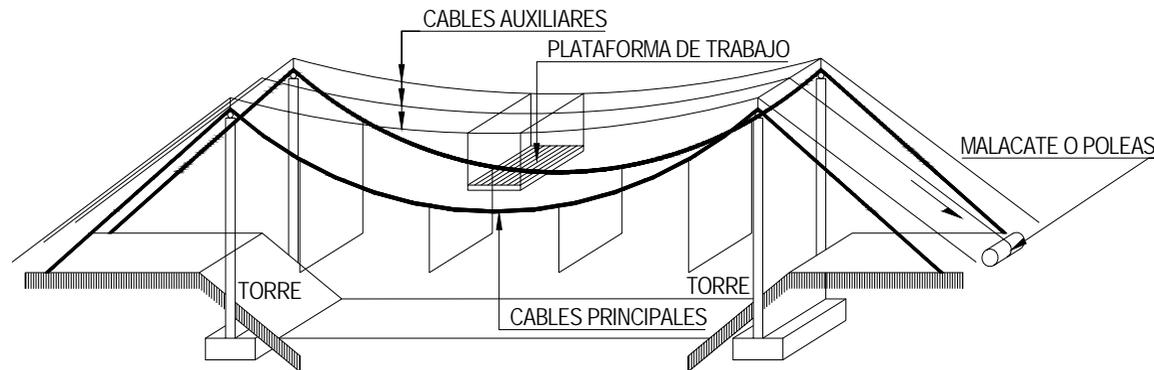
2. *Erección de las torres.* Cuando son construídas de acero estructural, estas serán instaladas en la prolongación de la cimentación principal. Pueden ser de concreto reforzado. Se debe tener cuidado especial en la colocación de las monturas de los cables principales (que son los elementos que van el la parte superior de esta) quedando bien fijos y perfectamente centradas.



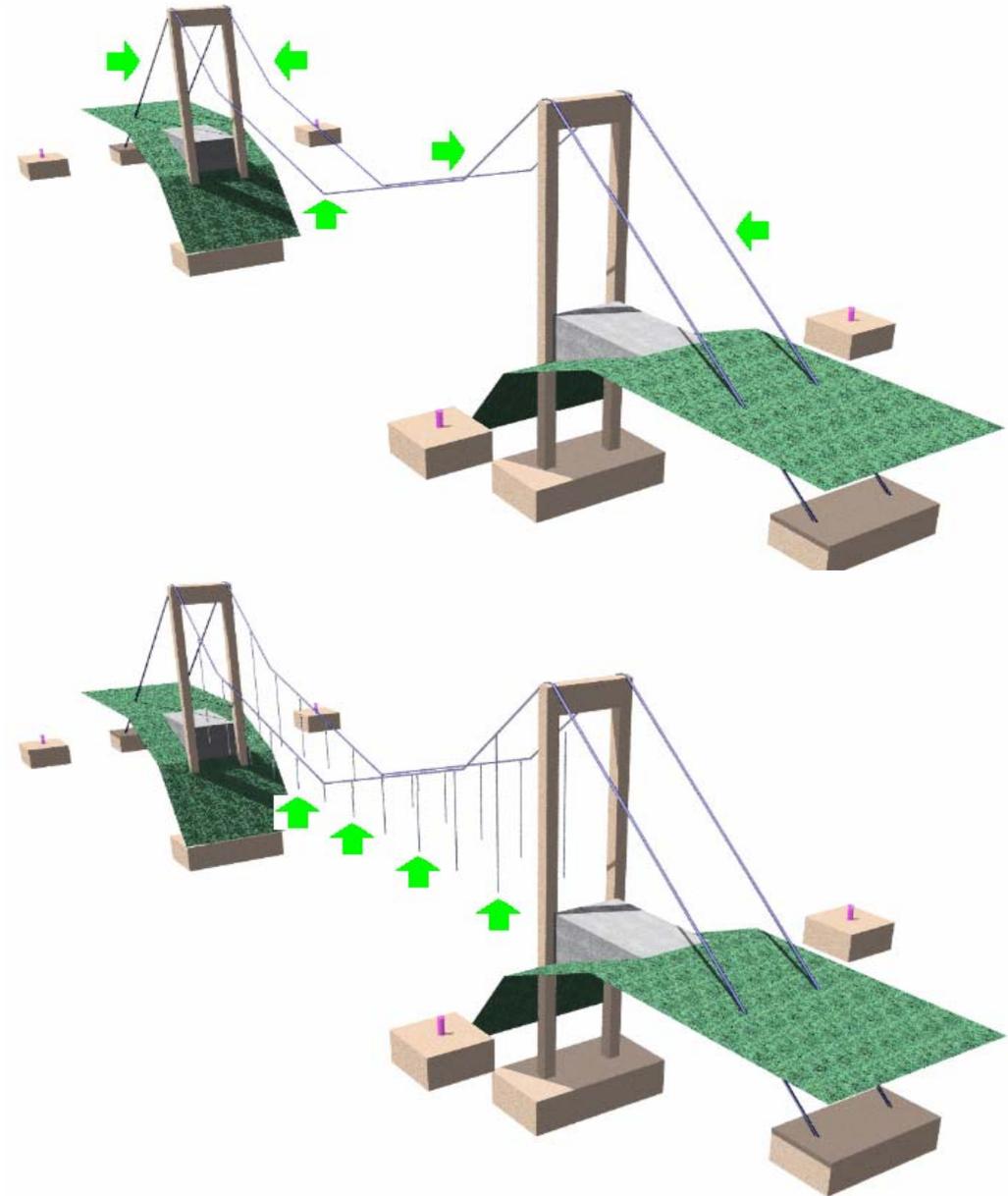


## ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE PUENTES COLGANTES PEATONALES, EN LA COSTA SUR DE GUATEMALA

3. *Montaje de los cables principales.* La instalación de estos cables va desde desenrollarlo desde el carrete, y llevado hacia las torres para su colocación, es recomendable marcar señas en los tramos del cable que serán las longitudes de desarrollo de los tirantes laterales, de la parábola, y los puntos de apoyo en las torres. Para esta fase, es necesaria la instalación de cables auxiliares, con una flecha menor que el cable principal, que servirán para el tendido de los cables principales y posteriormente para el tendido de las péndolas. Este cable auxiliar puede ser de  $\text{Ø}1/2''$  ya que soportará el paso del cable principal, además de su propio peso.



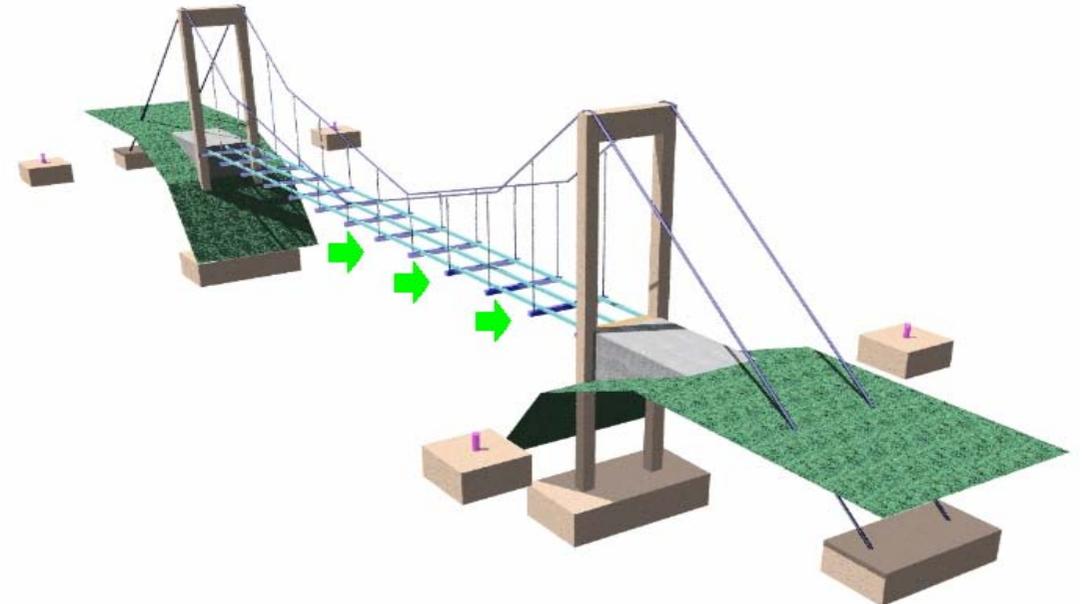
4. *Instalación de los cables secundarios.* Sobre los cables auxiliares se instala una cabina, metálica de preferencia, que funciona como plataforma de trabajo para la instalación de las péndolas. Esta plataforma se desliza sobre los cables auxiliares, el movimiento de la cabina se hace mediante malacates o poleas, jalando hacia delante o hacia atrás según se necesite. Las longitudes de las péndolas deben ser cuidadosamente calculadas, tomando en cuenta las conexiones, las de cable principal-péndola y péndola-vigas principales, dejando cierto margen para ajustes finales de montaje.



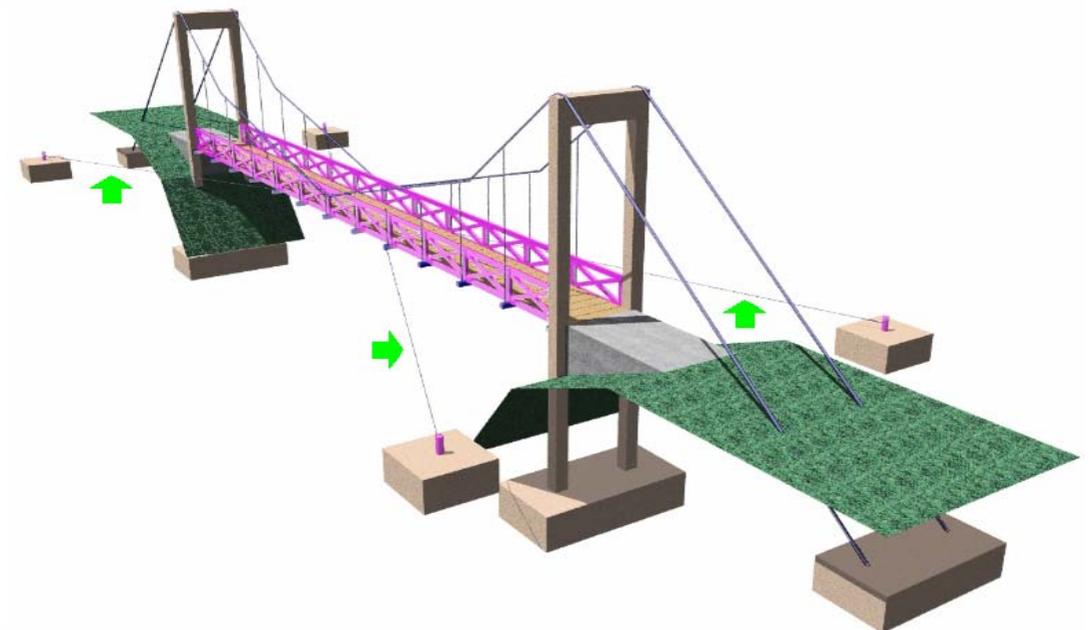


## ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE PUENTES COLGANTES PEATONALES, EN LA COSTA SUR DE GUATEMALA

5. *Colocación de las vigas primarias y secundarias.* La colocación de las vigas primarias también se puede hacer mediante el sistema descrito anteriormente, aunque la instalación del resto de la plataforma no tiene mayor dificultad.



6. *Instalación de cables laterales.* La instalación de estos elementos es similar a la instalación de los cables principales, con la única diferencia es que el cable termina en las conexiones de las vigas principales de manera que proteja acciones o cargas producidas por la presión del viento en dicha estructura.

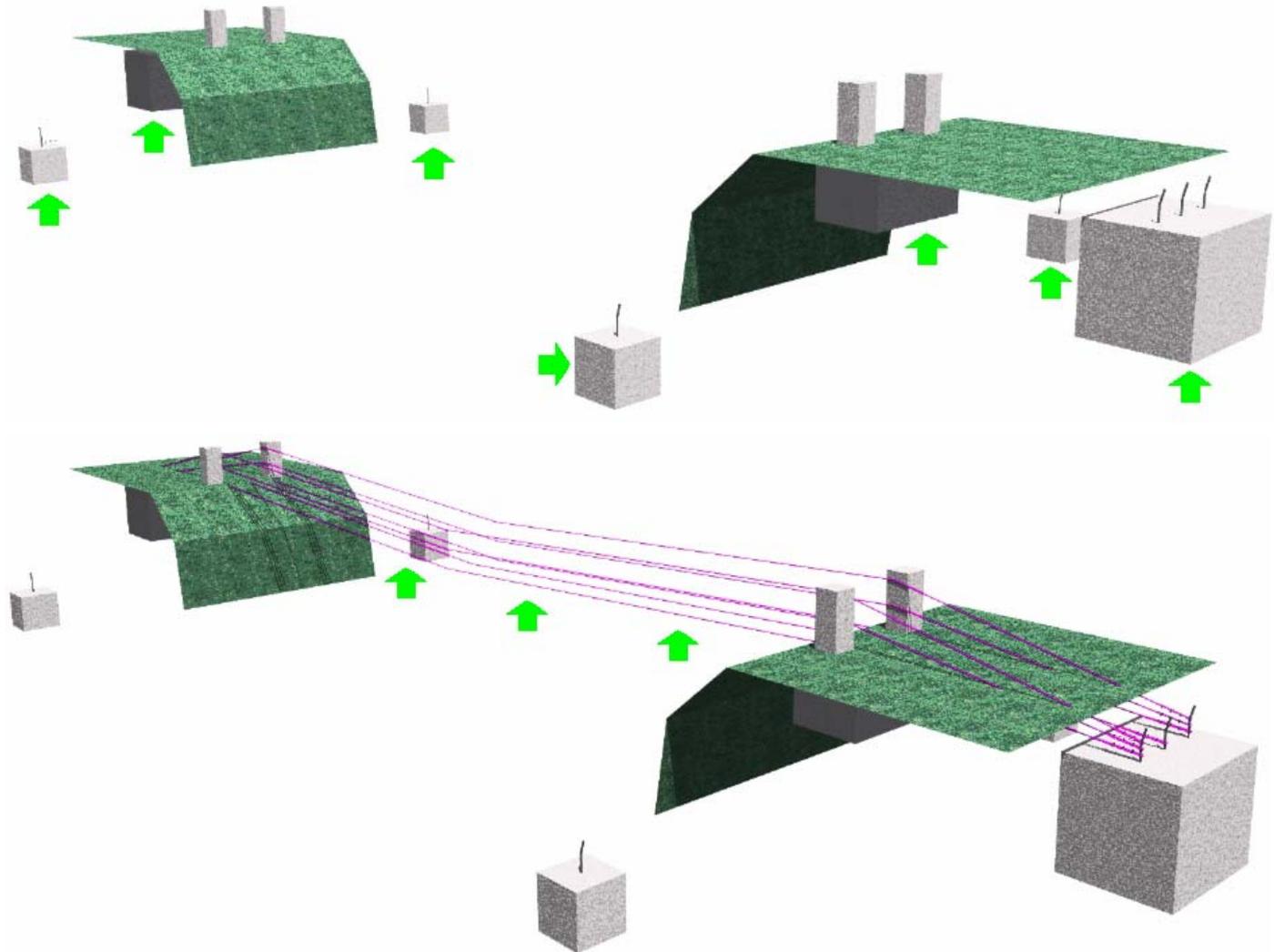




### 3.7.2. Fases constructivas de los puentes colgantes flexibles (de hamaca)

1. *Fundición de cimentaciones y anclajes.* Estos pueden construirse de concreto reforzado, o concreto ciclópeo. Es necesario cerciorarse del estado del polín<sup>7</sup>, ya que este tiene que estar bien agarrado a las cimentaciones o anclajes y serán sometidos a fuerzas que en caso que este mal fundido, puedan causar fisuras a los anclajes.

2. *Montaje de los cables principales.* El montaje de estos cables es más simple que el sistema anterior, lo que hay que cuidar, es el amarre del cable a los polines, dotando de los clips que sean necesarios para darle suficiente agarre al cable.

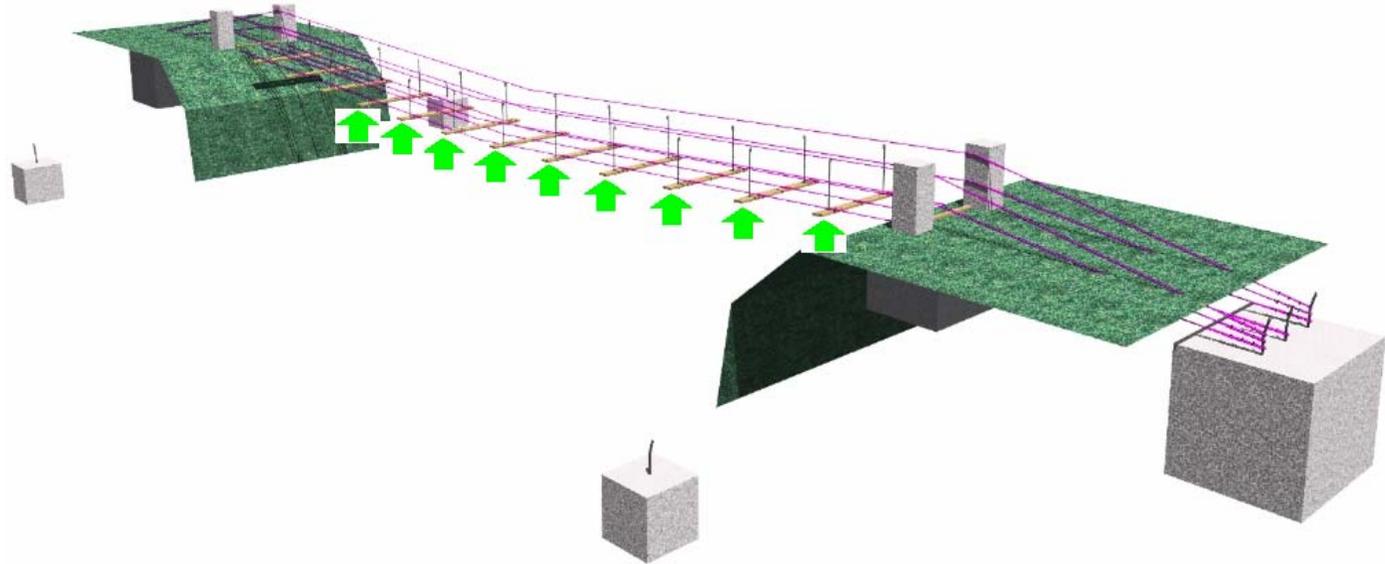


<sup>7</sup> Elemento de metal que va fijado a cualquier cimentación o anclaje, que sirve para el amarre de cables o apoyos.

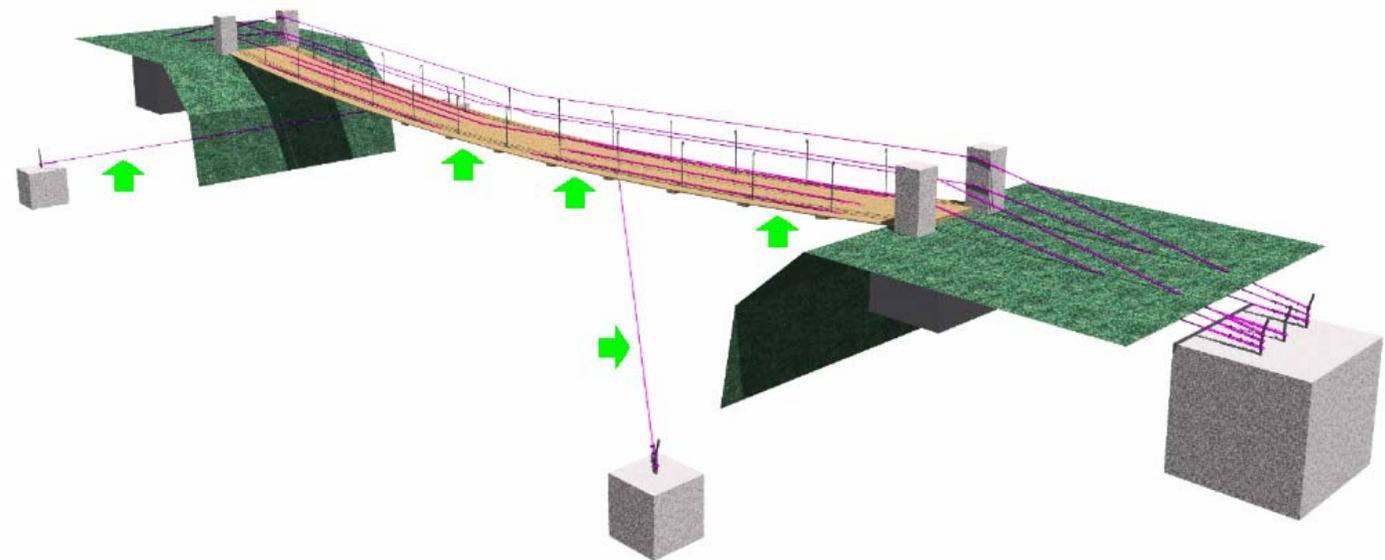


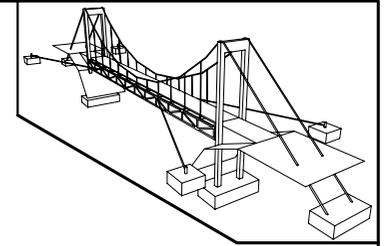
## ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE Puentes COLGANTES PEATONALES, EN LA COSTA SUR DE GUATEMALA

3. *Instalación de rigidizantes en los cables.* La instalación de estos elementos consiste tanto en las tablas inferiores que servirán de soporte a las tablas superiores, como en la colocación de rigidizantes en los cables principales, especialmente en los laterales, para garantizar seguridad a los usuarios que transiten sobre dicho puente.



4. *Colocación de tablas superiores y de los cables laterales.* El procedimiento para la colocación de las tablas superiores, al igual que los cables laterales es simple y semejante al procedimiento equivalente a los puentes colgantes rígidos especificados anteriormente.

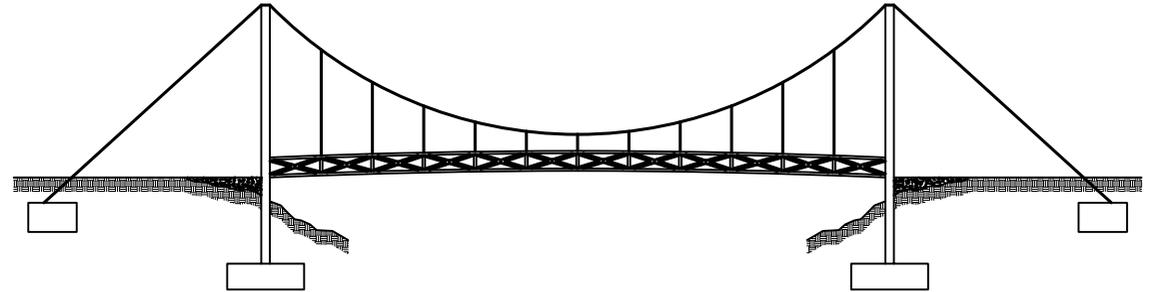




### 3.8. PROCESO DE PLANIFICACIÓN DE LOS Puentes COLGANTES

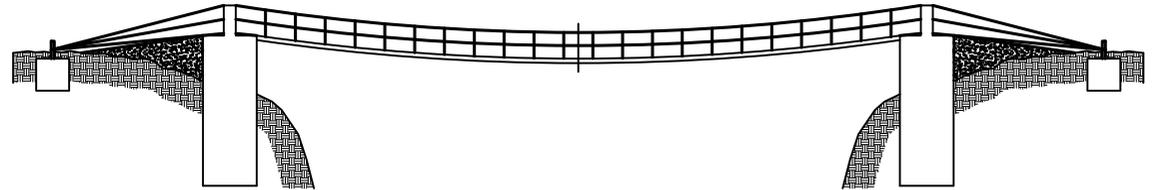
En el ámbito de la infraestructura de puentes colgantes en Guatemala, los tipos más usados de puentes son:

a. Puente colgante suspendido simple:



b. Puente colgante suspendido (de hamaca):

De este último son los más usados para peatones, esto se da por su fácil construcción e implementación en lugares muy remotos, con mano de obra no calificada, siendo muy usado en el interior del país.



3.8.1. Trabajos necesarios , -ya sean de campo o gabinete-, previos a abordar la planificación de un proyecto de este tipo, están:

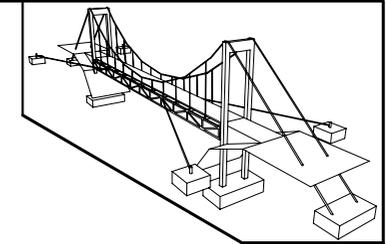
3.8.1.1. De Campo:

A. Visita al lugar del proyecto

Al hacer presencia en el lugar de el proyecto se obtiene la idea del entorno que lo afecta. Las fotografías son evidencia y datos de infinita importancia, especialmente si el área es muy alejada del lugar de planificación

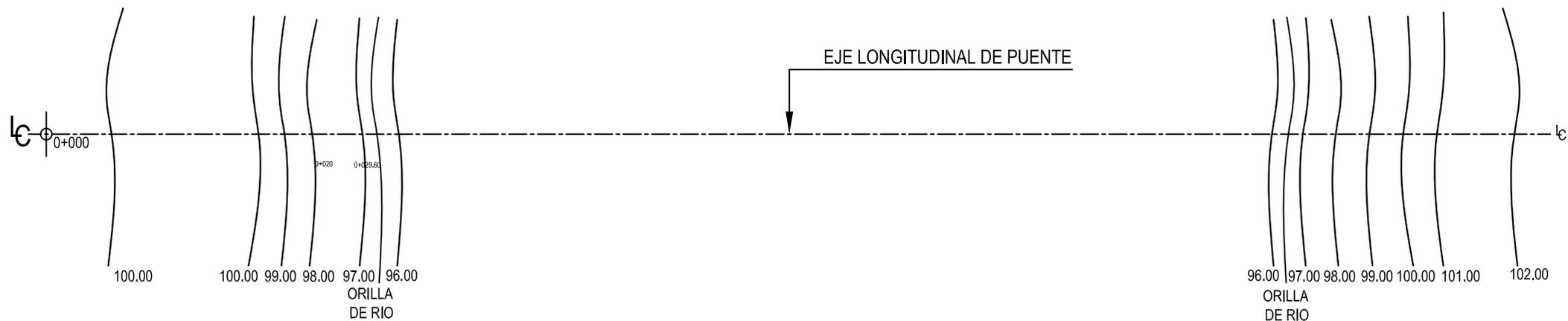


Foto de área propuesta para un puente colgante (Sta. Lucía Cotzumalguapa, Escuintla) Donde se aprecia con lujo de detalle el entorno del proyecto



Levantamiento altimétrico

Entre éstos, el perfil o sección natural de terreno longitudinal al posible paso de la estructura, y las curvas de nivel que afecten el puente. Estos datos y medidas deben ser tomados por instrumentos de precision, como lo son el teodolito y el nivel con estadal



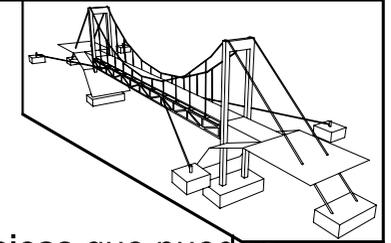
ESC. 1/3000

Levantamiento planimétrico:

En este tipo de trabajo, es necesario mencionar el trazado del polígono del área municipal o de porción de terreno expropiado y/o cedido por particulares para este tipo de uso.



ESC. 1/3000



### Recolección de muestras del suelo:

Para su posterior estudio en un laboratorio de suelos, para poder determinar propiedades físicas y mecánicas que puedan determinar la forma y dimensiones de las cimentaciones, zapatas y anclajes del puente. Este estudio debe cumplir con las especificaciones AASHTO T-296 y T-193. Debido a su alto costo, el laboratorio de ensayo de materiales del Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos, ofrece este servicio a un costo relativamente bajo en comparación con otros centros en este ramo.

#### 3.8.1.2. Gabinete:

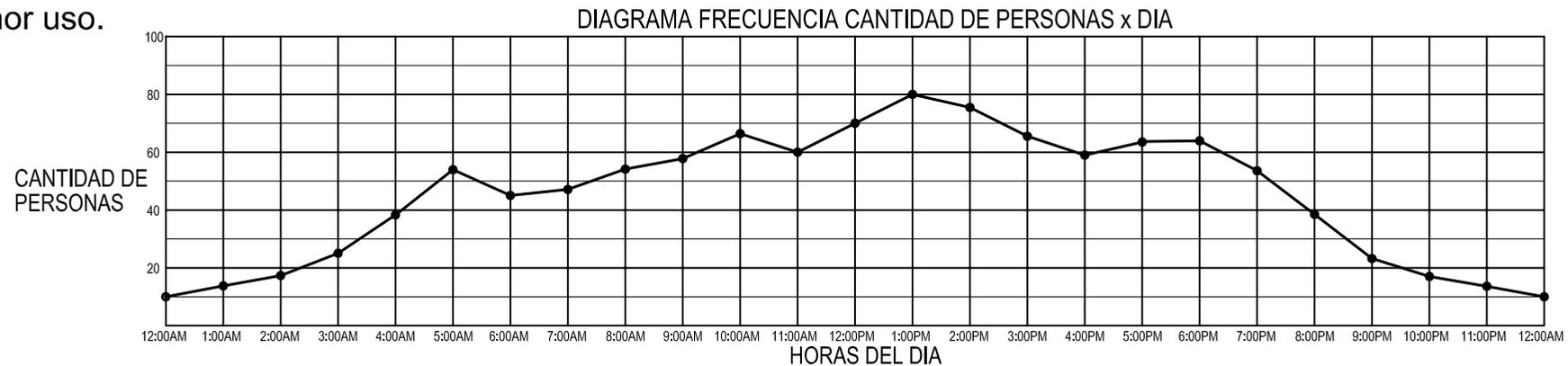
Es el trabajo de oficina que comprende el procesamiento de los datos recabados en el campo, la investigación y estudio demográfico, geográfico y socio-económico de la región donde se destinará el puente.

#### 3.8.2. Consideraciones previas

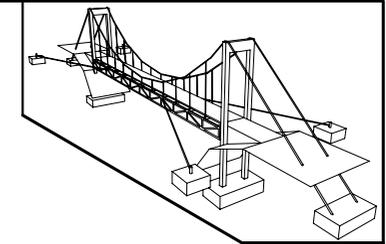
Que no son más que las premisas de diseño-, serán las que determinen las condiciones de uso, en base a la realidad económica, social, y geográfica del área de predominio del proyecto -anteriormente investigado-, entre estas están:

##### 3.8.2.1. Frecuencia de uso:

Proyectar la frecuencia de uso del puente colgante en base a las actividades de la población, tráfico en las horas de mayor o menor uso.

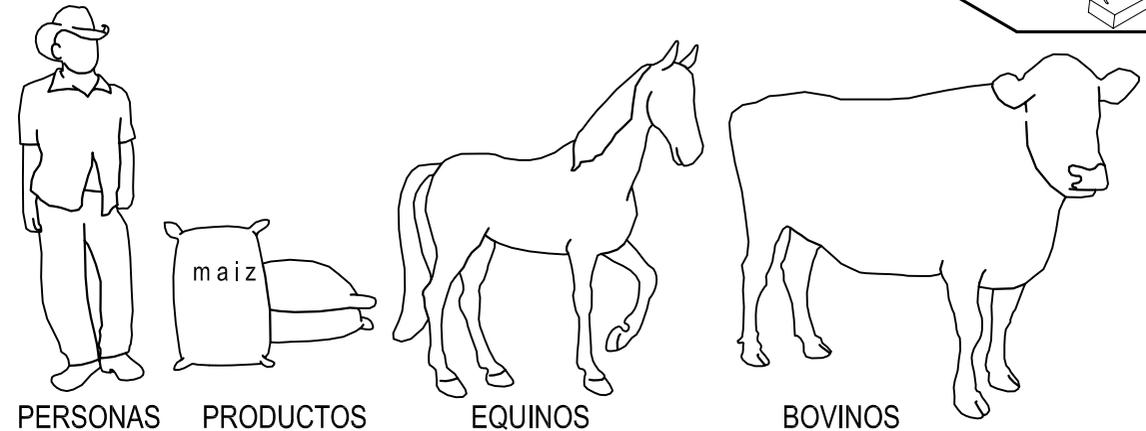


Estudio realizado en la aldea "El Carrizal", a orillas del río San Cristobal, municipio de Santa Lucia Cotzumalguapa, Escuintla, para un proyecto de puente peatonal



### 2.8.2.2. Determinación de usuarios:

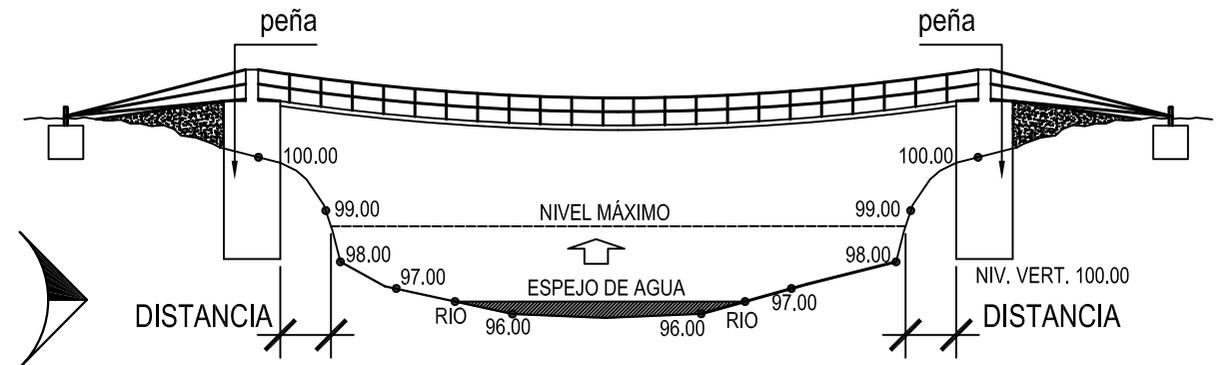
Es necesario establecer el nivel de operación del puente, p. ej., si este será peatonal o vehicular. En el caso de que sea peatonal, establecer no solo el peso de las personas, sino también el peso de algunas bestias, como caballos o bovinos, el peso de productos derivados de una actividad productiva del área a beneficiar, como lo es generalmente la agricultura y sus granos básicos como el maíz, el frijol u otro, transportados por personas o por dichas bestias; aún así, la AASHTO especifica la carga viva para puentes peatonales (véase en el Marco Legal).



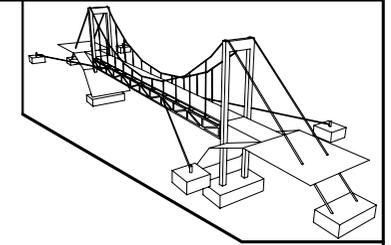
### 2.8.2.3. Accidentes geográficos:

Tomar en cuenta los accidentes geográficos en el área del proyecto debido a los posibles efectos de estos sobre la estructura del puente y prevenir posibles desastres, (véase en 2.3.3. Consideraciones acerca de los Riesgos). El presente inciso es imprescindible para el diseño. Entre los accidentes a considerar están:

**Ríos:** Si se proyectará un puente que pase encima de un río, es importante que en el proceso de levantamientos, se establezcan sus dimensiones como ancho, profundidades máximas y consultar a la población sobre las crecidas más grandes de dicho río, para tomarlo como referencia a los límites máximos de diseño.

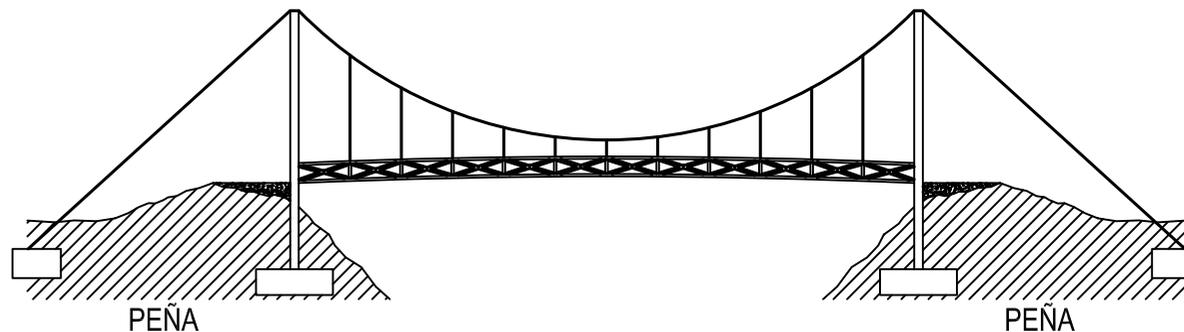


La distancia está en función del nivel de crecida del río, debido a que la permeabilidad del suelo lacustre puede dañar las cimentaciones o zapatas



Montañas, plataformas, peñas y montículos: Por razones propias a la geometría de puentes colgantes, especialmente la catenaria de los puentes colgantes suspendidos, es necesario si es posible, buscar alturas convenientes que se ajusten a las características de estos mismos.

De hecho, hay que analizar las posibilidades, tanto del lugar propuesto llene los requisitos topográficos deseados, como una elección oportuna de la tipología de puente colgante que se ajuste a la medida.

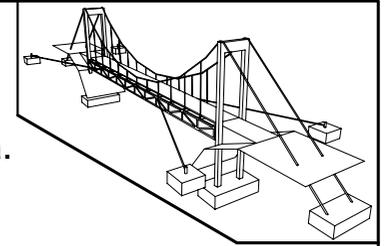


#### 3.8.2.4. Consideraciones acerca de los riesgos:

En la República de Guatemala, y en particular, en la costa Sur, las condiciones climáticas (régimen de lluvias), topográficas, demográficas y sísmicas, hacen aumentar el nivel de riesgo -inundaciones y terremotos, por lo general-, de un área determinada, y se perfila como una poderosa variable a tomar en cuenta en el diseño de puentes colgantes peatonales.

En las cuencas de los ríos, las inundaciones y sus correntadas son el problema más común a los que se enfrentan las poblaciones, especialmente con los desastres del huracán Mitch en 1998, y recientemente la tormenta Stan en el 2005.

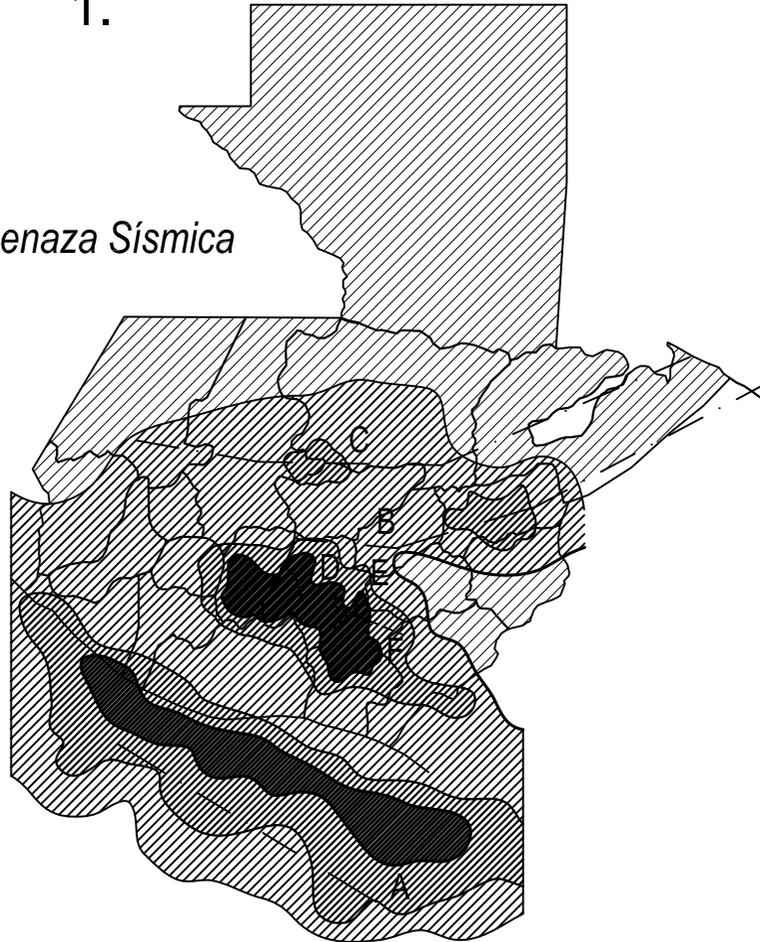
En el plano del riesgo sísmico, los terremotos son mucho menos frecuentes que las inundaciones, pero estos primeros son más dañinos, por la magnitud de la destrucción que deja a su paso a medida que se aleja del epicentro, es el caso del terremoto de 1976, que causó una devastación tremenda en la costa Sur del país.



A continuación, se detallan los mapas de riesgos de sismicidad e inundación de la República de Guatemala.

1.

*Amenaza Sísmica*



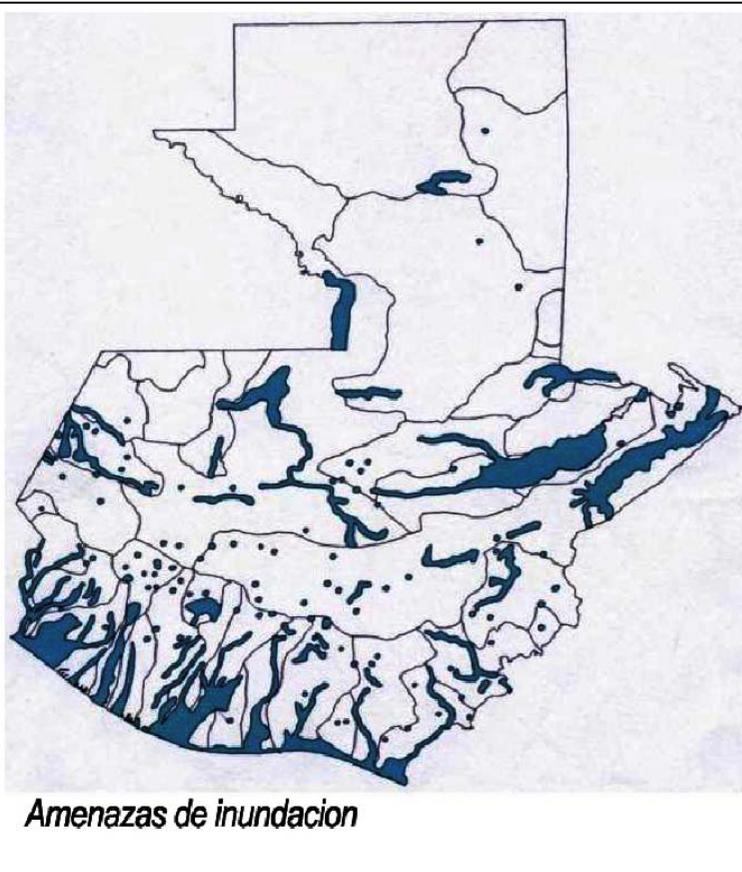
Áreas de riesgo

-  Bajo riesgo
-  Riesgo mediano
-  Riesgo alto
-  Riesgo muy alto

Fallas Geológicas

- A. Zona de subducción<sup>3</sup>
- B. Motagua
- C. Chixoy-Polochic
- D. Mixco
- E. Santa Catarina Pinula
- F. Jalpatagua

2.



*Amenazas de inundacion*

Como se aprecia en estos dos mapas, la costa sur tiene la gran probabilidad de ser la más afectada por algunos de estos dos fenómenos desastrosos sobre otras regiones del país. En el mapa de sismicidad se puede apreciar que la zona centro y el litoral guatemalteco, ha sido la más afectada, al igual que en el mapa de amenazas de inundación, en el que se muestra que la línea costera del sur es también una de las más riesgosas.

1. y 2. Fuente: INSIVUMEH [www.insivumeh.gob.gt](http://www.insivumeh.gob.gt)

3. Zona de subducción es la línea en la cual, una placa se hunde y sumerge bajo otra.



### 3.9 DIMENSIONAMIENTO GEOMÉTRICO DE LOS PUENTES COLGANTES PEATONALES

Con base en el uso peatonal para la costa sur de Guatemala, se detallan los procedimientos de cálculo, consideraciones, criterios y límites en las variables más importantes, para el dimensionamiento estructural de las dos tipologías de puentes más usados:

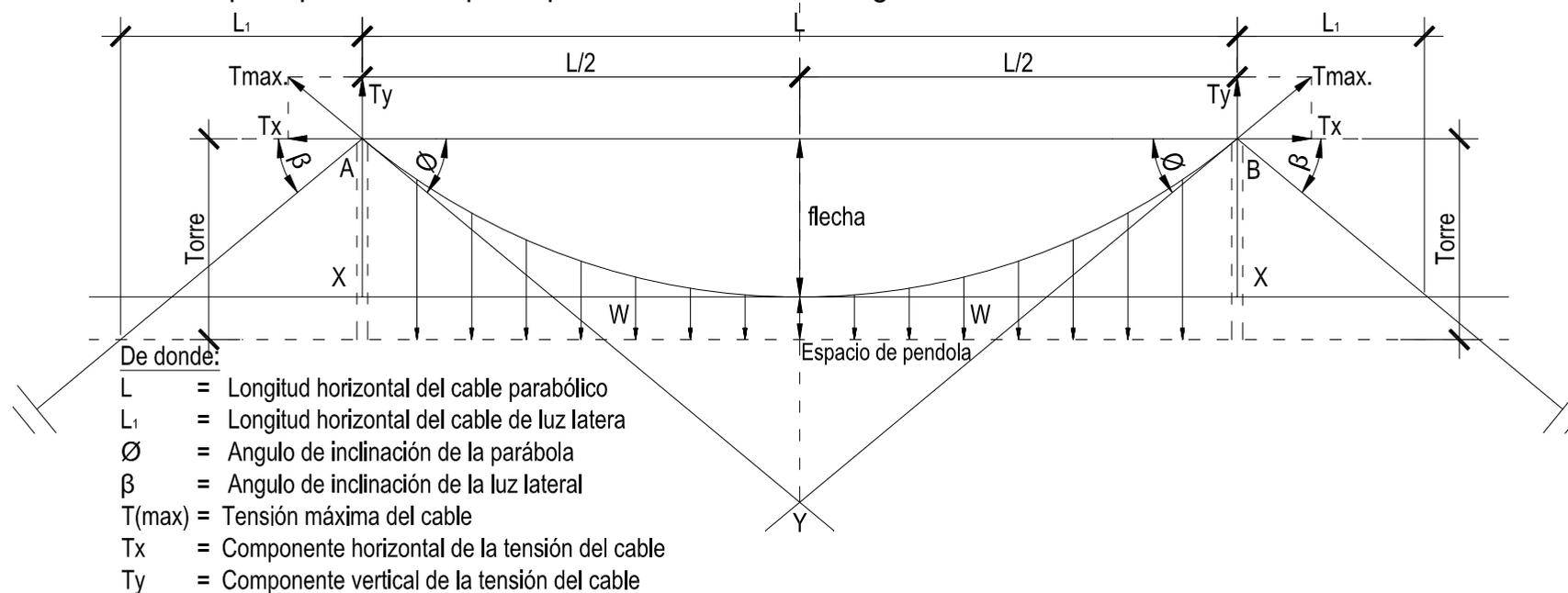
#### 3.9.1 Puentes colgantes suspendidos de plataforma.

#### 3.9.2. Puentes colgantes de hamaca.

#### 3.9.1 Puentes suspendidos de plataforma:

##### 3.9.1.1. Geometría del cable principal y de la torre:

La geometría del cable principal en este tipo de puentes funciona de la siguiente manera<sup>1</sup>:



<sup>1</sup> Consideraciones de análisis y diseño estructural de pasos elevados para tuberías de conducción de agua por medio de puentes colgantes. Recancoj Mendoza, Juan Bruno. Pág. 38.



## ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE PUENTES COLGANTES PEATONALES, EN LA COSTA SUR DE GUATEMALA

De estas fórmulas se siguen los criterios siguientes:

Altura de la Torre (T):

$$T = \frac{L}{10}$$

En donde: L = Largo de la plataforma.

Flecha del cable (f):

$$f = T - 1$$

En donde: T = Altura de la torre.

**Nota:** La constante 1, es decir 1.00 m., es la distancia recomendada del espacio de péndola en varios puentes colgantes, visto como es el caso del puente Orellana, de El Rancho, Guastatoya.

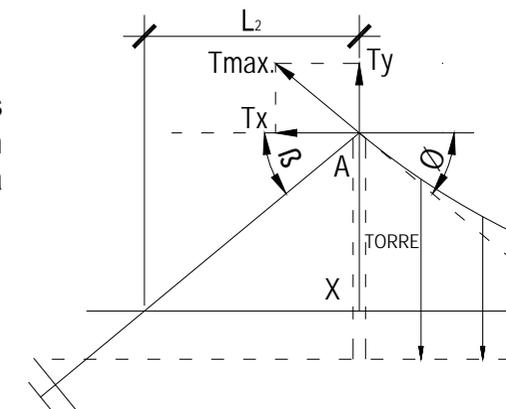
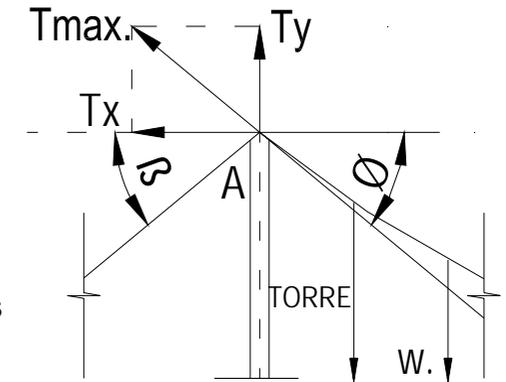
$$\emptyset = \beta$$

Ángulos de llegada ( $\emptyset$  y  $\beta$ )

**Nota:** En estas variables, es necesario que  $\emptyset$  y  $\beta$  tengan igual ángulo, como se muestra en las gráficas 3.2a y 3.2b, ya que de no ser así, las fuerzas no se anulan, y habrían fuerzas resultantes que inciden negativamente en la estructura. Ya teniendo  $\emptyset = 1$ , ya se pueden calcular  $L_1$ , que es la distancia horizontal entre la torre y el punto donde el cable llega al nivel de piso.

### 3.9.1.2. Dimensionamiento de puentes colgantes suspendidos de plataforma:

A continuación se muestra una tabla de dimensionamiento según las variables deseadas:





## ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE PUENTES COLGANTES PEATONALES, EN LA COSTA SUR DE GUATEMALA

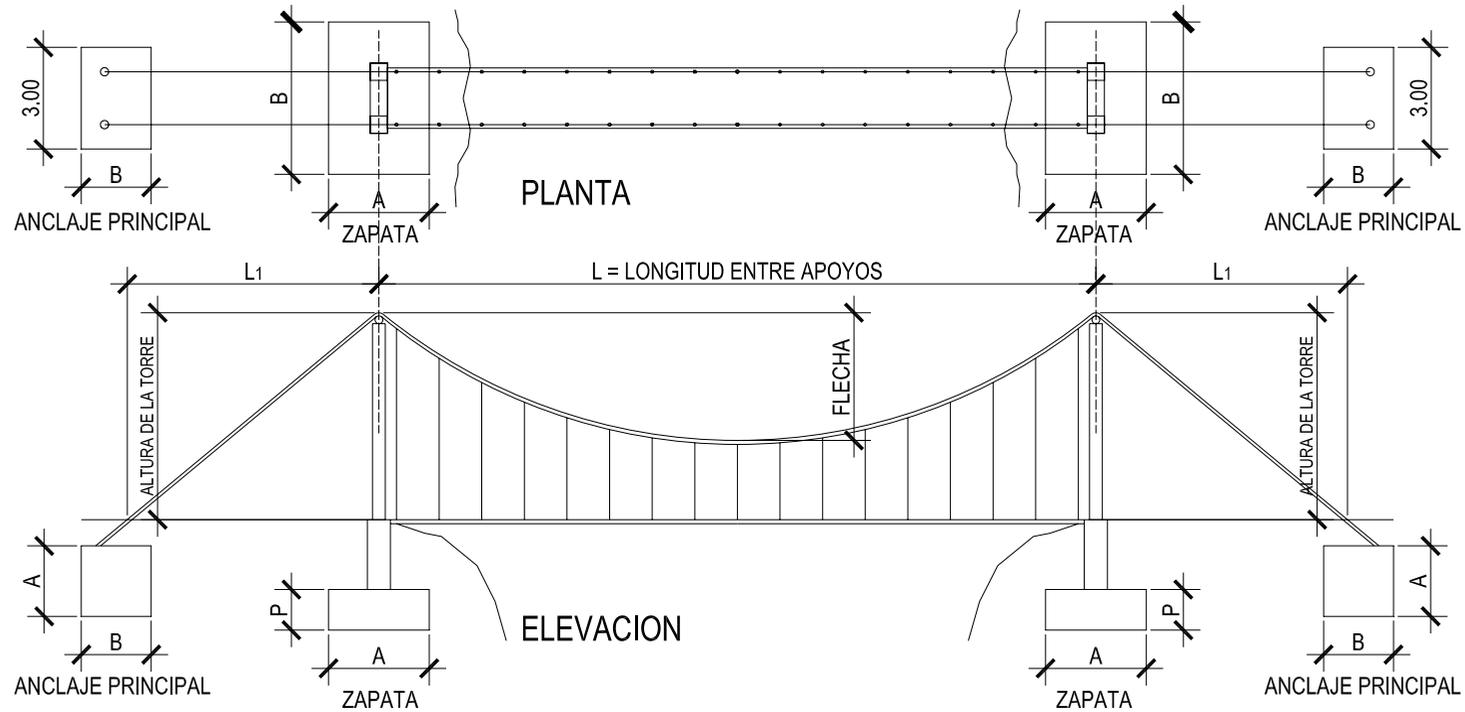


Tabla 3.1

Tabla de dimensionamiento de puentes colgantes suspendidos de plataforma rígida

Longitud entre apoyos (L)	Luces laterales ( $L_1$ )	Altura de la torre	Flecha del cable	Cable principal	Zapatas rectangulares			Anclaje principal		
en pies	en mts	en mts	en mts	Diámetro en pulg.	Area en mts <sup>2</sup>	A en mts.	B en mts.	Peralte en mts.	Vol. en m <sup>3</sup>	A y B en mts.
65.00	19.50	7.38	2.95	1 Ø 7/8"	11.52	2.40	4.80	0.68	12.47	2.04
70.00	21.00	7.75	3.10	1 Ø 7/8"	12.41	2.49	4.98	0.70	13.42	2.12
75.00	22.50	8.13	3.25	1 Ø 7/8"	13.29	2.58	5.16	0.72	14.38	2.19
80.00	24.00	8.50	3.40	1 Ø 7/8"	14.18	2.66	5.33	0.74	15.34	2.26
85.00	25.50	8.88	3.55	1 Ø 7/8"	15.07	2.74	5.49	0.76	16.30	2.33



## ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE PUENTES COLGANTES PEATONALES, EN LA COSTA SUR DE GUATEMALA

Longitud entre en pies	apoyos (L) en mts	Luces laterales (L <sub>1</sub> ) en mts	Altura de la torre en mts	Flecha del cable en mts	Cable principal Diámetro en pulg.	Zapatatas rectangulares				Anclaje principal	
						Area en mts <sup>2</sup>	A en mts.	B en mts.	Peralte en mts.	Vol. en m <sup>3</sup>	A y B en mts.
90.00	27.00	9.25	3.70	2.70	1 Ø 7/8"	15.95	2.82	5.65	0.78	17.26	2.40
95.00	28.50	9.63	3.85	2.85	1 Ø 1"	16.84	2.90	5.80	0.80	18.22	2.46
100.00	30.00	10.00	4.00	3.00	1 Ø 1"	17.73	2.98	5.95	0.82	19.18	2.53
105.00	31.50	10.38	4.15	3.15	1 Ø 1"	18.61	3.05	6.10	0.83	20.14	2.59
110.00	33.00	10.75	4.30	3.30	1 Ø 1"	19.50	3.12	6.24	0.85	21.10	2.65
115.00	34.50	11.13	4.45	3.45	1 Ø 1"	20.39	3.19	6.39	0.87	22.05	2.71
120.00	36.00	11.50	4.60	3.60	2 Ø 7/8"	21.27	3.26	6.52	0.88	23.01	2.77
125.00	37.50	11.88	4.75	3.75	2 Ø 7/8"	22.16	3.33	6.66	0.90	23.97	2.83
130.00	39.00	12.25	4.90	3.90	2 Ø 7/8"	23.04	3.39	6.79	0.91	24.93	2.88
135.00	40.50	12.63	5.05	4.05	2 Ø 7/8"	23.93	3.46	6.92	0.93	25.89	2.94
140.00	42.00	13.00	5.20	4.20	2 Ø 7/8"	24.82	3.52	7.05	0.94	26.85	2.99
145.00	43.50	13.38	5.35	4.35	2 Ø 7/8"	25.70	3.58	7.17	0.96	27.81	3.04
150.00	45.00	13.75	5.50	4.50	2 Ø 7/8"	26.59	3.65	7.29	0.97	28.77	3.10
155.00	46.50	14.13	5.65	4.65	2 Ø 7/8"	27.48	3.71	7.41	0.99	29.73	3.15
160.00	48.00	14.50	5.80	4.80	2 Ø 7/8"	28.36	3.77	7.53	1.00	30.69	3.20
165.00	49.50	14.88	5.95	4.95	2 Ø 7/8"	29.25	3.82	7.65	1.02	31.64	3.25
170.00	51.00	15.25	6.10	5.10	2 Ø 7/8"	30.14	3.88	7.76	1.03	32.60	3.30
175.00	52.50	15.63	6.25	5.25	2 Ø 1"	31.02	3.94	7.88	1.04	33.56	3.34
180.00	54.00	16.00	6.40	5.40	2 Ø 1"	31.91	3.99	7.99	1.06	34.52	3.39
185.00	55.50	16.38	6.55	5.55	2 Ø 1"	32.79	4.05	8.10	1.07	35.48	3.44
190.00	57.00	16.75	6.70	5.70	2 Ø 1"	33.68	4.10	8.21	1.08	36.44	3.49
195.00	58.50	17.13	6.85	5.85	2 Ø 1"	34.57	4.16	8.31	1.09	37.40	3.53
200.00	60.00	17.50	7.00	6.00	2 Ø 1"	35.45	4.21	8.42	1.11	38.36	3.58
205.00	61.50	17.88	7.15	6.15	2 Ø 1"	36.34	4.26	8.53	1.12	39.32	3.62
210.00	63.00	18.25	7.30	6.30	2 Ø 1"	37.23	4.31	8.63	1.13	40.27	3.66
215.00	64.50	18.63	7.45	6.45	2 Ø 1"	38.11	4.37	8.73	1.14	41.23	3.71
220.00	66.00	19.00	7.60	6.60	2 Ø 1"	39.00	4.42	8.83	1.16	42.19	3.75
225.00	67.50	19.38	7.75	6.75	2 Ø 1"	39.88	4.47	8.93	1.17	43.15	3.79
230.00	69.00	19.75	7.90	6.90	2 Ø 1"	40.77	4.52	9.03	1.18	44.11	3.83
235.00	70.50	20.13	8.05	7.05	2 Ø 1"	41.66	4.56	9.13	1.19	45.07	3.88



Tabla 3.2

**Tabla de dimensionamiento de pendolas y vigas primarias en puentes colgantes suspendidos de plataforma rígida**

Distancia entre vigas primarias en pies	Péndolas o cables secundarios				
	6'	10'	15'	20'	30'
Diámetro del cable	7/32"	9/32"	3/8"	7/16"	1/2"

*Premisas de cálculo y diseño:* Para el dimensionamiento con las tablas anteriormente dadas, se siguen estas consideraciones:

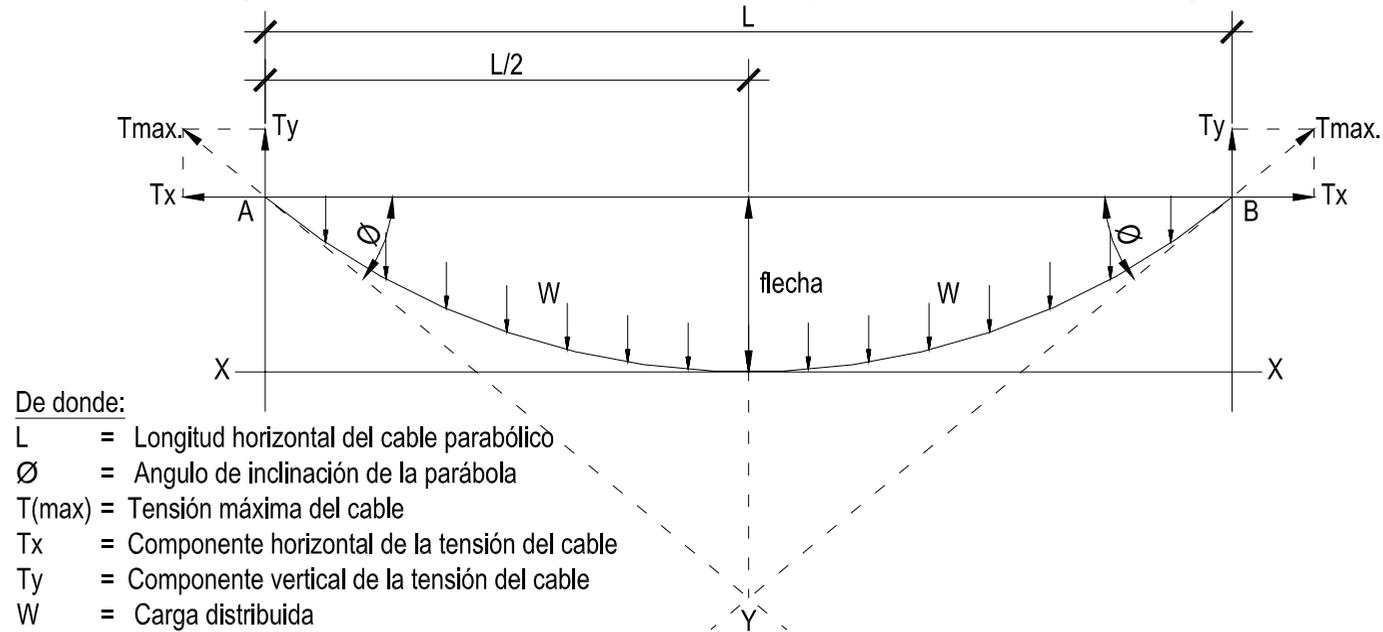
- Ancho del caminamiento: 1.85 m.
- Capacidad carga del suelo no menor de 4 ton/m<sup>2</sup>
- Profundidad de la zapata desde el nivel de piso: Peralte de la zapata + 2.00 m.
- Ancho del anclaje (perpendicular a la longitudinal del puente): 3.00 m.
- Profundidad del anclaje principal desde el nivel de piso: Peralte de anclaje + 1.00 m.



### 3.9.2. Puentes colgantes de hamaca.

#### 3.9.2.1. Geometría del cable<sup>2</sup>

En este caso, el cable asume la carga directamente aplicada a esta, por lo que no tiene mucha complejidad estructural.



De estas fórmulas se siguen los criterios siguientes:

*Flecha del cable (f):*

$$f = 0.025 \times L$$

En donde: L = Longitud horizontal del puente.

<sup>2</sup> Consideraciones acerca del uso de puentes colgantes cortos en caminos de acceso. Meza Duarte, Raúl. Pág. 8.



## ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE PUENTES COLGANTES PEATONALES, EN LA COSTA SUR DE GUATEMALA

3.9.2.2. *Dimensionamiento de puentes de hamaca:* Las tablas de dimensionamiento de este tipo de puente se toman en base a los planos de puentes de hamaca tipo, que la Dirección General de Caminos emite para proyectos de este tipo.<sup>3</sup>

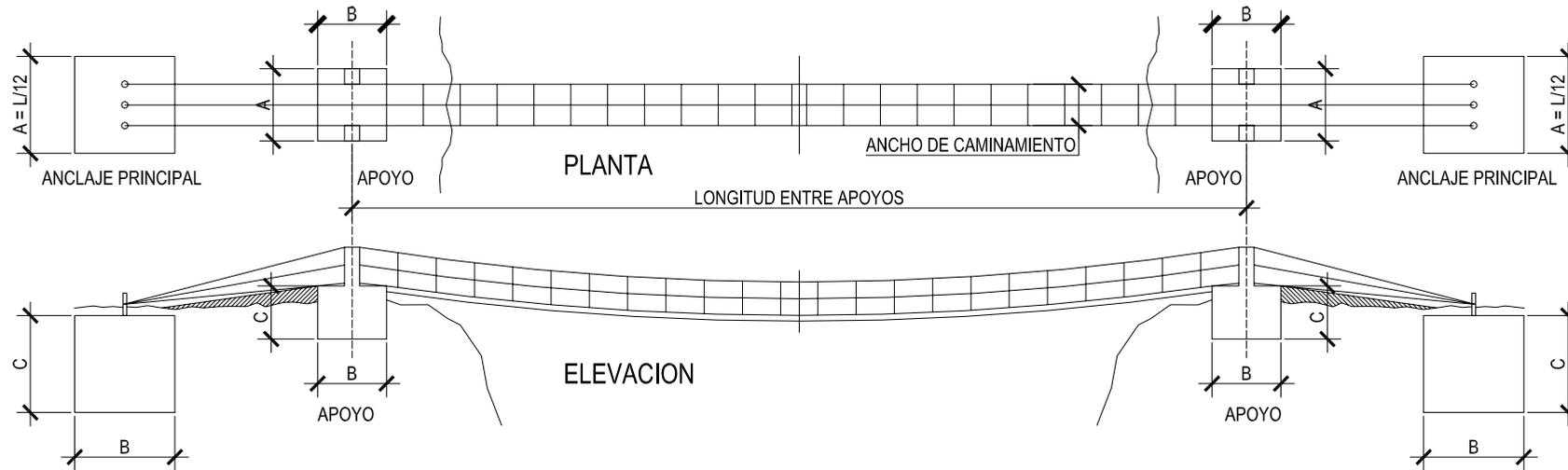


Tabla 3.2

Tabla de dimensionamiento de puentes colgantes de hamaca

Ancho de caminamiento en mts	Longitud maxima en mts	Cantidad y diámetro del cable en pulg.	Apoyo principal			Anclaje principal		
			Ancho en mts	Largo en mts	Alto en mts	Ancho (L/12) en mts	Largo en mts	Alto en mts
0.94	17	2 Ø 1"	1.84	1.40	1.80	1.42	1.40	1.80
0.94	26	3 Ø 1"	1.84	1.40	1.80	2.17	1.40	1.80
0.94	35	4 Ø 1"	1.84	1.40	1.80	2.92	1.40	1.80
0.94	41	2 Ø 1 1/2"	1.84	1.40	1.80	3.42	1.40	1.80
0.94	50	5 Ø 1"	1.84	1.40	1.80	4.17	1.40	1.80

<sup>3</sup> Planos de Puente colgante tipo. Departamento de Puentes. Dirección General de Caminos.

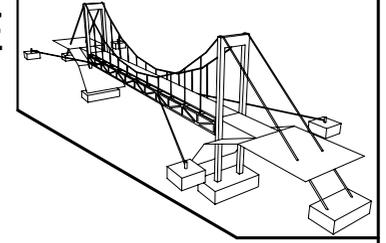


## ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE PUENTES COLGANTES PEATONALES, EN LA COSTA SUR DE GUATEMALA

Ancho de caminamiento en mts	Longitud maxima en mts	Cantidad y diámetro del cable en pulg.	Apoyo principal			Anclaje principal		
			Ancho en mts	Largo en mts	Alto en mts	Ancho (L/12) en mts	Largo en mts	Alto en mts
0.94	67	6 Ø 1"	1.84	1.40	1.80	5.58	1.40	1.80
0.94	77	3 Ø 1 1/2"	1.84	1.40	1.80	6.42	1.40	1.80
0.94	83	7 Ø 1"	1.84	1.40	1.80	6.92	1.40	1.80
0.94	112	4 Ø 1 1/2"	1.84	1.40	1.80	9.33	1.40	1.80
0.94	148	5 Ø 1 1/2"	1.84	1.40	1.80	12.33	1.40	1.80
1.80	14	2 Ø 1"	1.84	1.40	1.80	1.17	1.40	1.80
1.80	21	3 Ø 1"	1.84	1.40	1.80	1.75	1.40	1.80
1.80	28	4 Ø 1"	1.84	1.40	1.80	2.33	1.40	1.80
1.80	33	2 Ø 1 1/2"	1.84	1.40	1.80	2.75	1.40	1.80



## 4. FICHAS TÉCNICAS DE CASOS ANÁLOGOS



#### 4. Fichas técnicas de casos análogos

- Proceso de recabación de los datos

Se elaboró una matriz o ficha de evaluación para los puentes colgantes con las variables más importantes a tomar en cuenta.

En la visita a cada uno de los puentes colgantes, se procedió a realizar los levantamientos fotográficos y arquitectónicos (llenando la ficha con los datos necesarios). Entre los datos más importantes se encuentran:

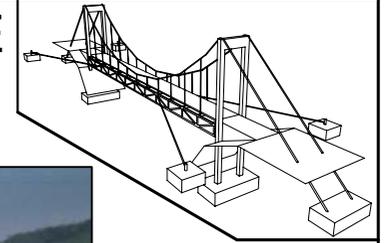
- Nombre del puente.
- Ubicación.
- Longitud.
- Ancho útil.
- Diámetros de cables principales.
- Diámetros de cables secundarios.
- Altura de las torres, si es puente colgante ó altura de las bases, si es puente de hamaca.

- Ubicación de los puentes colgantes

A continuación se muestra la ubicación de los puentes colgantes visitados.

Mapa de Ubicación  
de los puentes colgantes



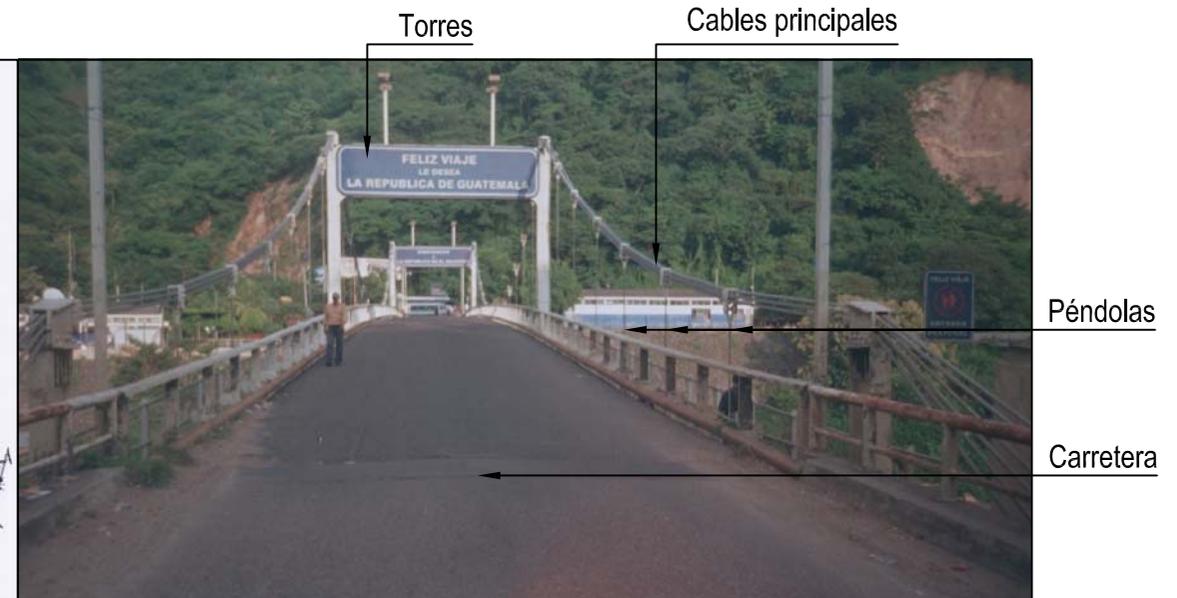
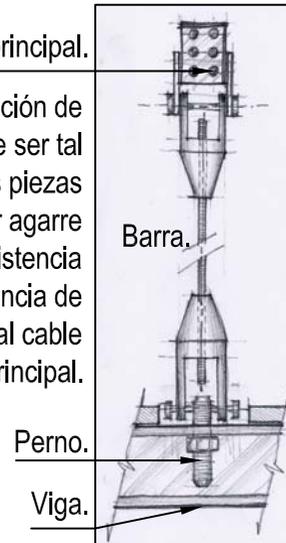


## 4.1. Puente El Jobo

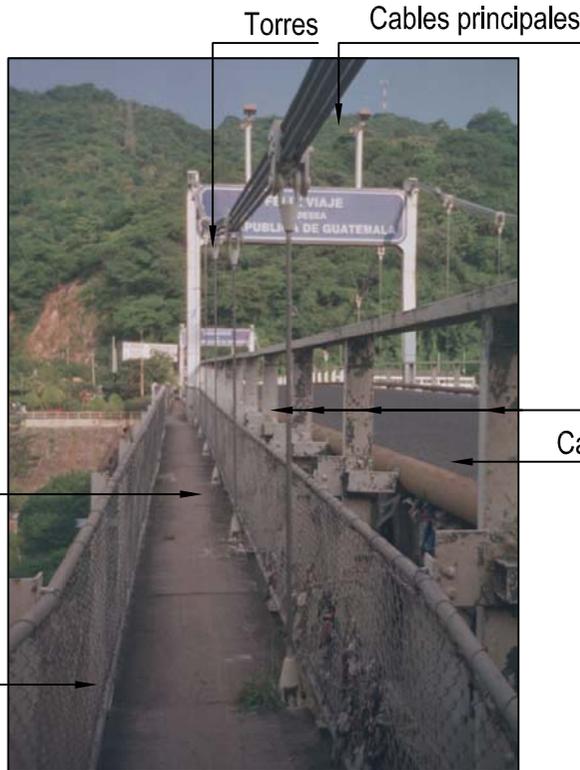
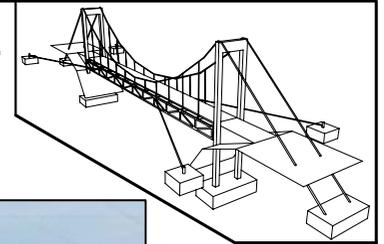
### Características

Tipo de puente:	Suspendido de plataforma rígida
Localización:	Valle Nuevo, Jutiapa. frontera Guatemala - El Salvador, sobre el río Paz.
Longitud:	121.80 m.
Ancho útil del puente:	6.20 m.
Flecha del puente:	aprox. 5.50 m.
Grosor del cable principal:	6 cables de Ø 1 1/2" cada lado del puente
Grosor del cable secundario o péndola:	Ø 1 1/16"
Altura de las torres:	Aprox. 6.50 m.
Año de construcción:	N/D.
Tipo de uso:	Vehicular.

La conformación de la péndola debe ser tal que todas sus piezas faciliten un mejor agarre y una aceptable resistencia en la transferencia de las cargas hacia al cable principal.



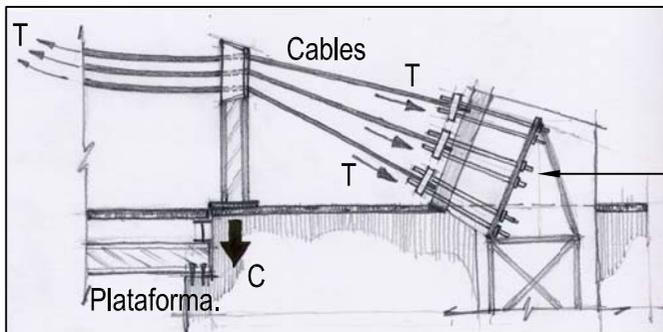
Fotografía desde el lado oeste del puente, en el que se aprecia territorio salvadoreño.



Fotografía del caminamiento peatonal del puente.



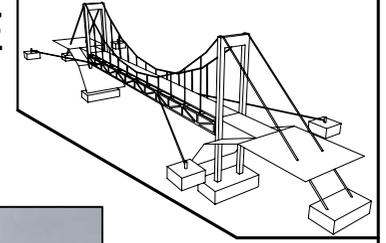
Fotografía del lado este (desde El Salvador) del puente.



Al anclarse el cable, éste dispersa su tensión en una área más grande, haciendo que las componentes de dicha tensión sean más fáciles de descomponer.



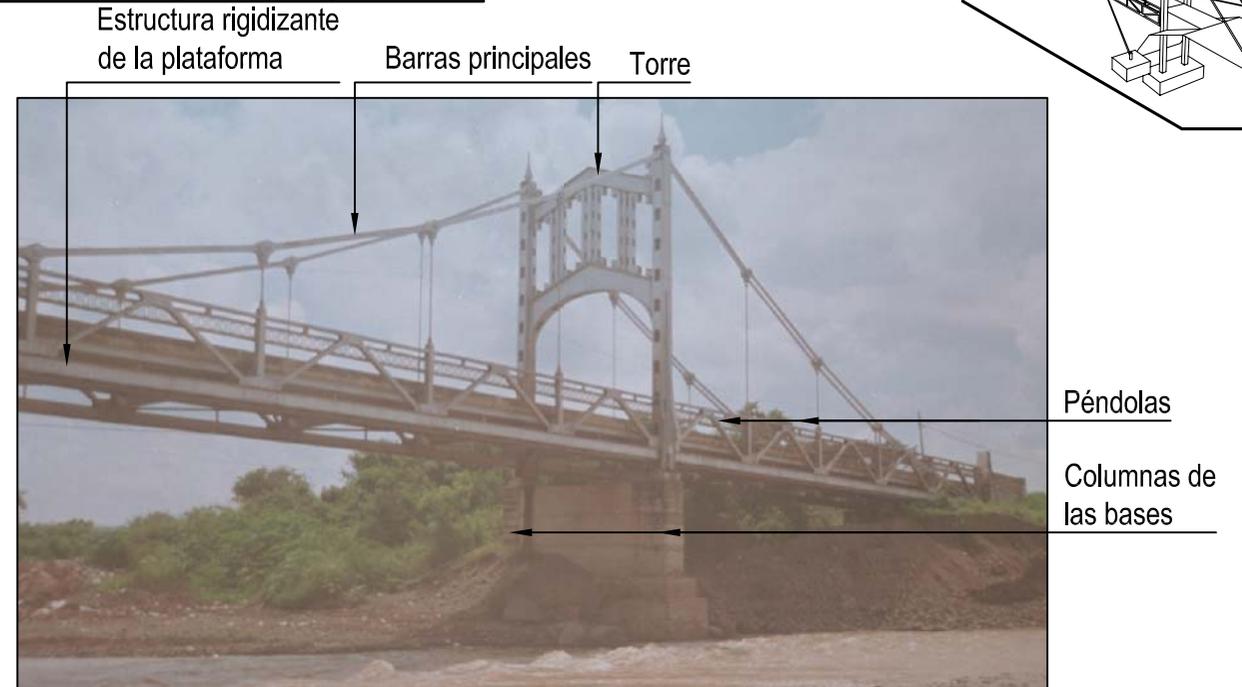
Fotografía de la platina de unión entre los cables y el anclaje principal.



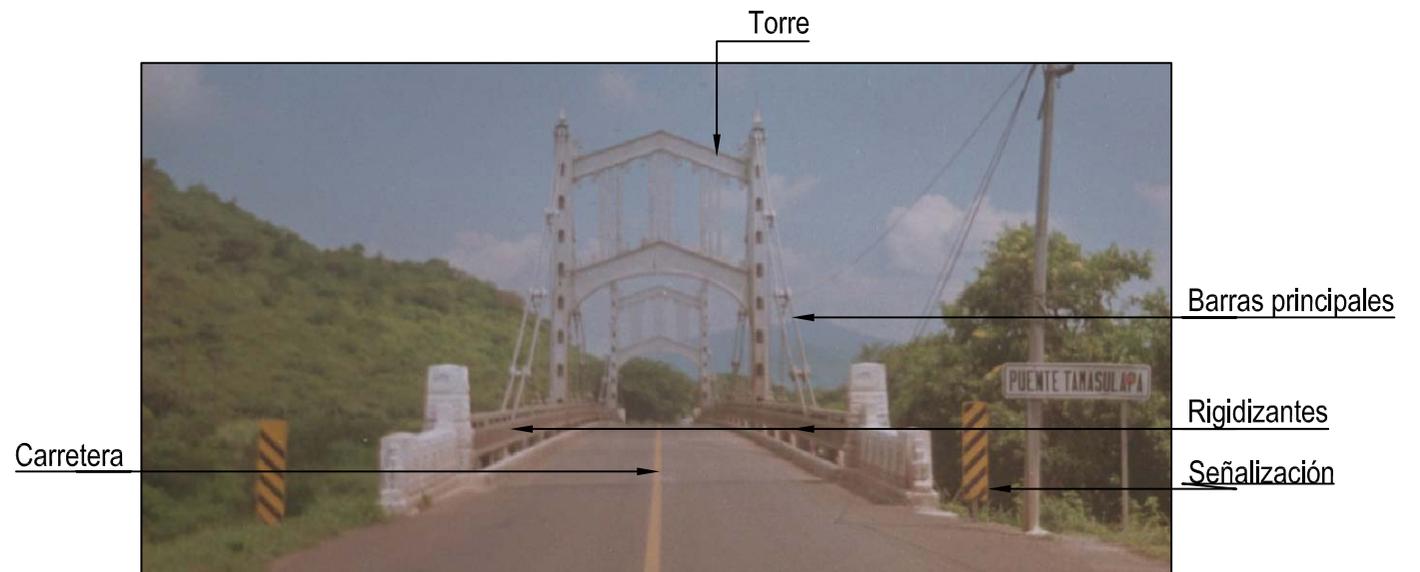
## 4.2. Puente Tamasulapa

### Características

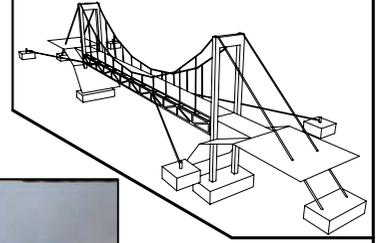
Tipo de puente:	Suspendido de plataforma rígida
Localización:	Asunción Mita, Jutiapa. Km. 148 sobre el río Grande de Mita.
Longitud:	132.00 m.
Ancho útil del puente:	6.00 m.
Flecha del puente:	aprox. 10.60 m.
Grosor del cable principal:	Barras de sección rectangular de 1 3/16" x 7"
Grosor del cable secundario o péndola:	Barras de sección circular de Ø 2"
Altura de las torres:	Aprox. 11.30 m.
Año de construcción:	1932.
Tipo de uso:	Vehicular.



Fotografía de el lado este del puente, desde la orilla del río Grande de Mita.



Fotografía desde el lado este del puente.

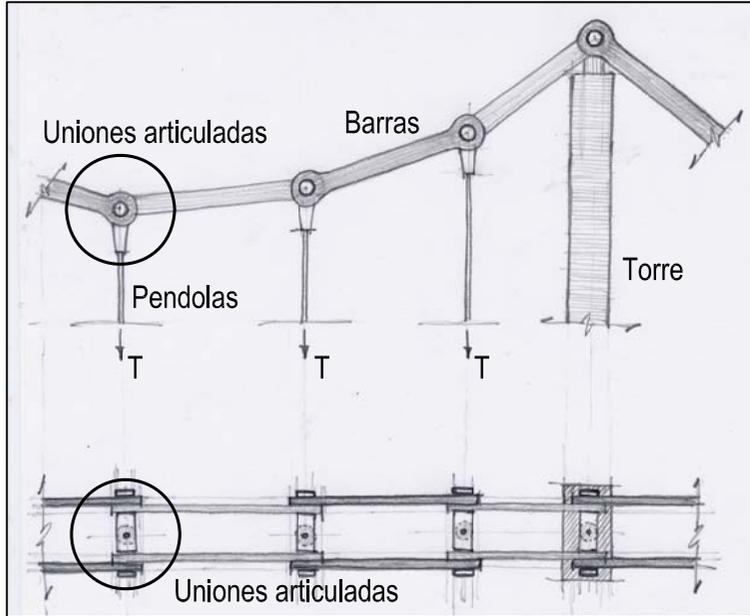


*Cont. puente Tamasulapa*

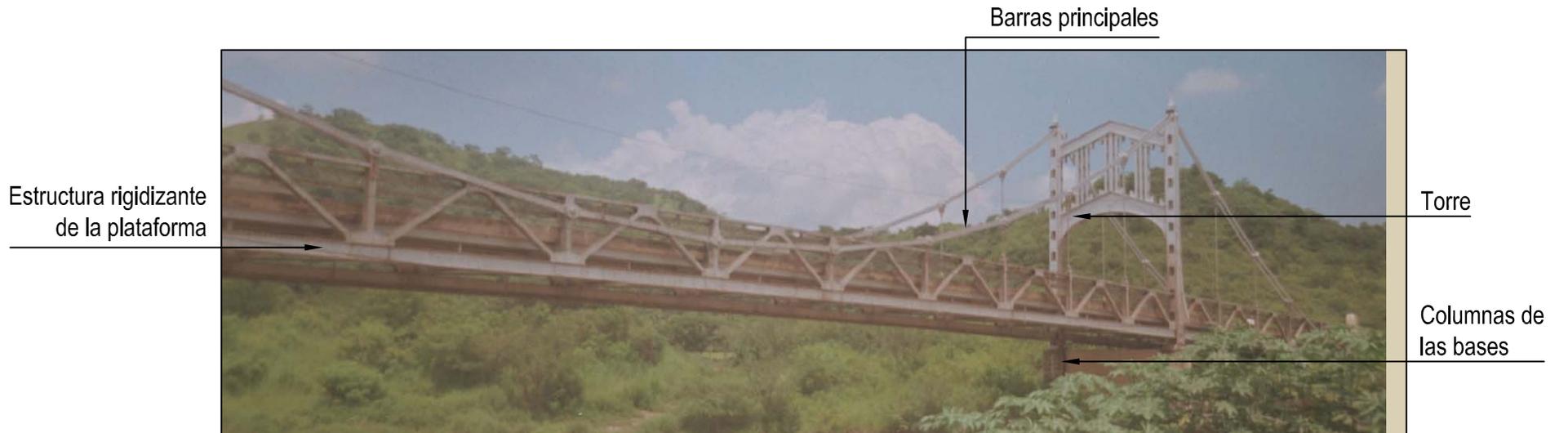
La alternativa a los cables son las barras articuladas en forma de cadena.

La diferencia con los cables, es que las barras forman un polígono funicular definido en sus puntos articulados.

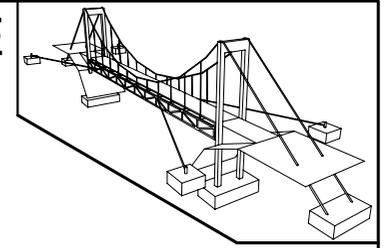
De estas mismas articulaciones parten las péndolas, mejorando la transferencia de las cargas.



Vigas transversales    Vigas longitudinales  
Fotografía de el lado oeste del puente, desde la orilla del río Grande de Mita.



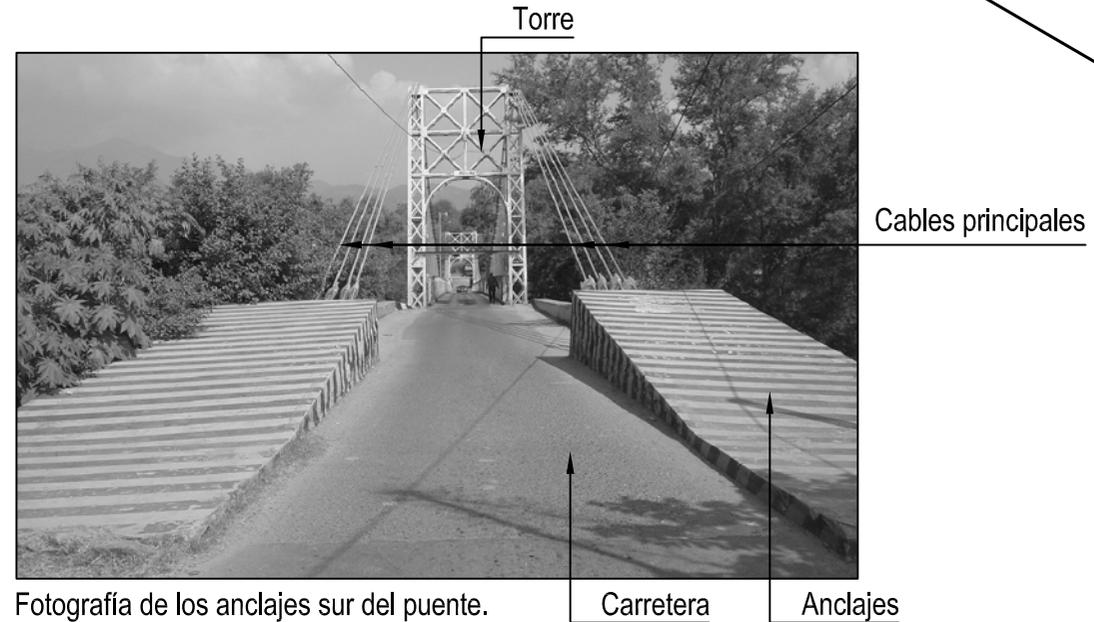
Fotografía desde el lado este del puente, a orillas del río Grande de Mita.

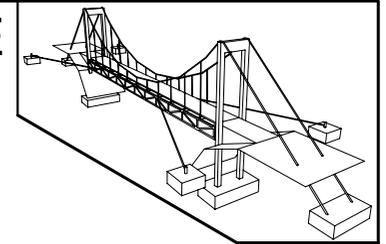


### 4.3. Puente Orellana

#### Características

Tipo de puente:	Suspendido de plataforma rígida
Localización:	El Rancho, El Progreso sobre el río Grande.
Longitud:	105.00 m.
Ancho útil del puente:	3.50 m.
Flecha del puente:	aprox. 8.00 m.
Grosor del cable principal:	4 cables de Ø 1" en cada lado del puente.
Grosor del cable secundario o péndola:	Barras de sección circular de Ø 1"
Altura de las torres:	Aprox. 9.50 m.
Año de construcción:	1920.
Tipo de uso:	Vehicular.





Cont. puente Orellana

Barras principales

Unión barras-anclaje



Fotografía del foso de unión barras-anclaje.

Lámpara de alumbrado



Cables principales

Columnas de la torre

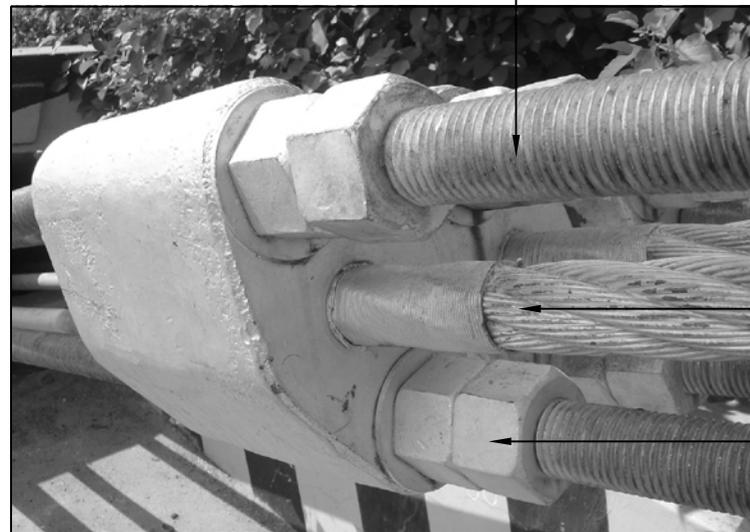
Fotografía de la estructura de la torre sur del puente.

Cables



Barras de acero

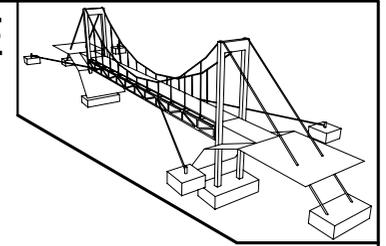
Barras de acero



Cable

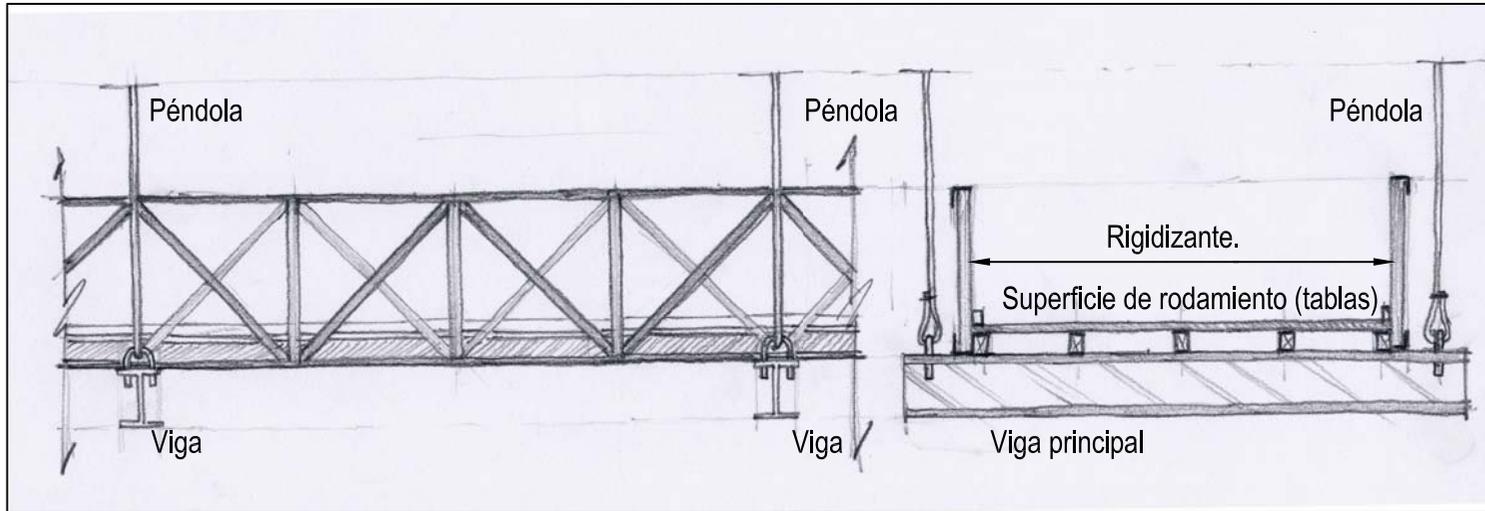
Pernos

Derecha e izquierda: fotografías de la platina de unión de las barras del anclaje y los cables principales.

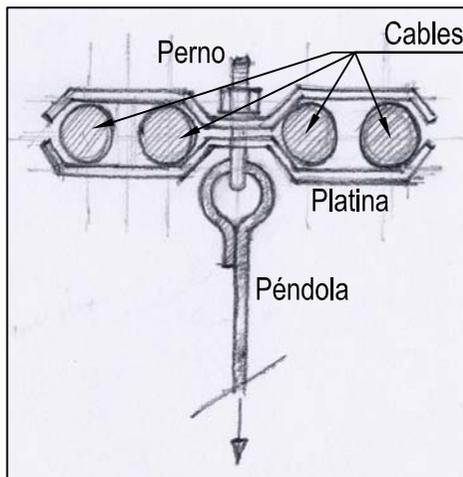


Cont. puente Orellana

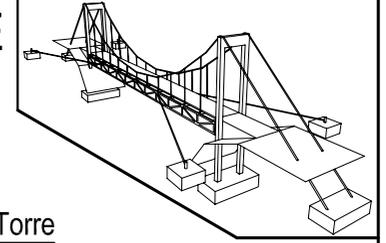
DETALLE DE PLATAFORMA



La disposición de la estructura rigidizante de la plataforma, aunque sirve para mantener la estabilidad de los elementos que la forman, también sirve de baranda de protección para vehículos y peatones.



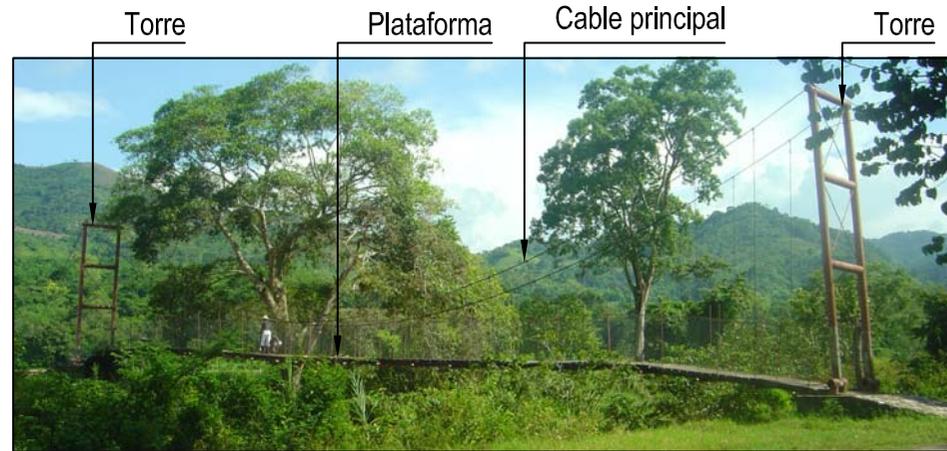
La platina de unión de péndolas y cables principales permite la transmisión de fuerzas entre los estos elementos. Estos deben ser de fijación segura.



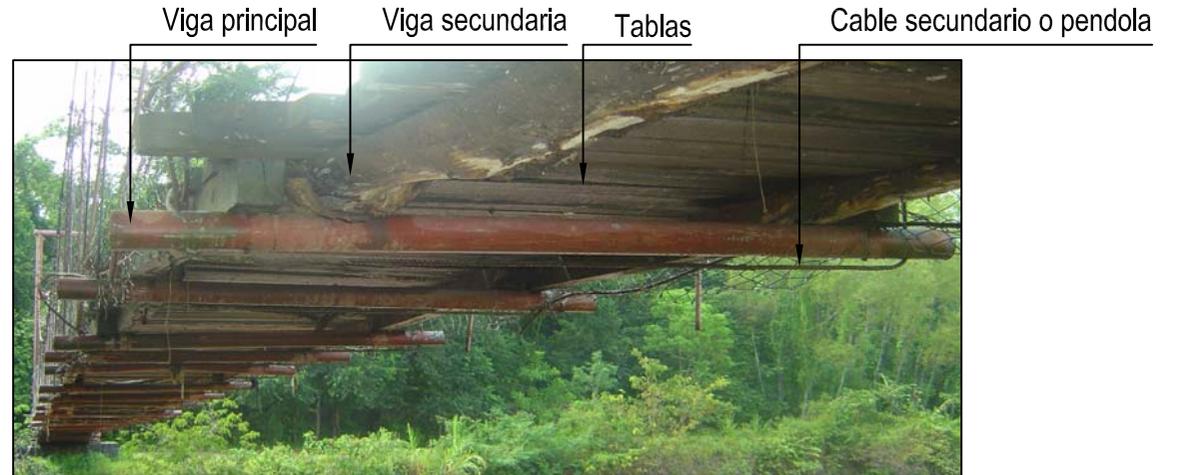
## 4.4. Puente sobre el río Copán

### Características

Tipo de puente:	Suspendido de plataforma rígida
Localización:	Copán, Honduras, sitio arqueológico Las Sepulturas, sobre el río Copán.
Longitud:	46.00 m.
Ancho útil del puente:	1.85 m.
Flecha del puente:	aprox. 5.70 m.
Grosor del cable principal:	2 cables de Ø 5/8" en cada lado del puente.
Grosor del cable secundario o péndola:	Cables de acero de Ø 1/2"
Altura de las torres:	Aprox. 7.20 m.
Tipo de uso:	Peatonal.
Materiales más usados:	Concreto para los anclajes o bases, cables de acero en los cables principales y pendolas, tubos de acero proceso para las torres y vigas primarias, y vigas de madera para las secundarias.



Fotografía del puente desde el lado norte del mismo.

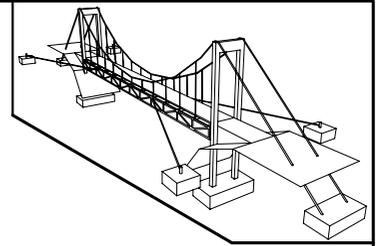


Fotografía de la parte inferior de la plataforma de paso del puente.

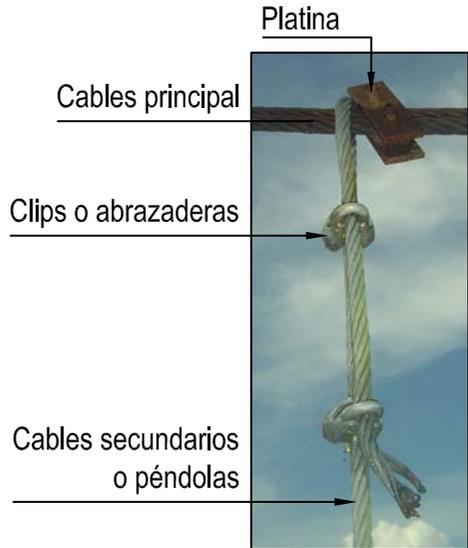
### Tabla comparativa

Comparación entre datos	Longitud entre apoyos (L) en mts	Luces laterales (L) en mts	Altura de la torre en mts	Flecha del cable en mts	Cable principal Diámetro en pulg.
Datos del puente	46.00	10.50	7.20	5.70	2 Ø 5/8"
Según tabla	46.50	14.13	5.65	4.65	2 Ø 7/8"

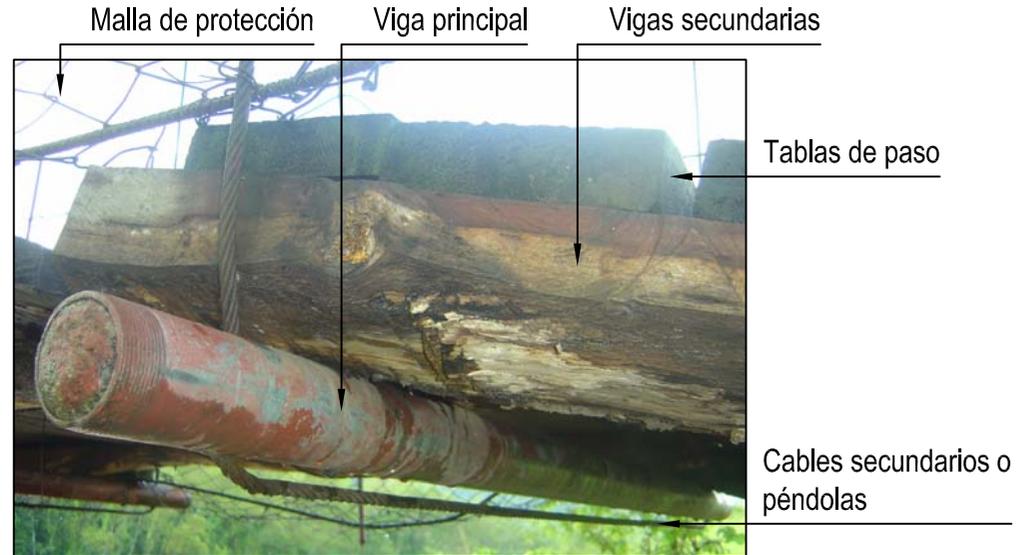
**Observaciones:** La suma de las secciones de cable principal del puente son inferiores al de la tabla, además la diferencia entre las luces laterales también afecta al puente, ya que la torre se ha inclinado a causa de fuerzas resultantes dañinas a la estructura.



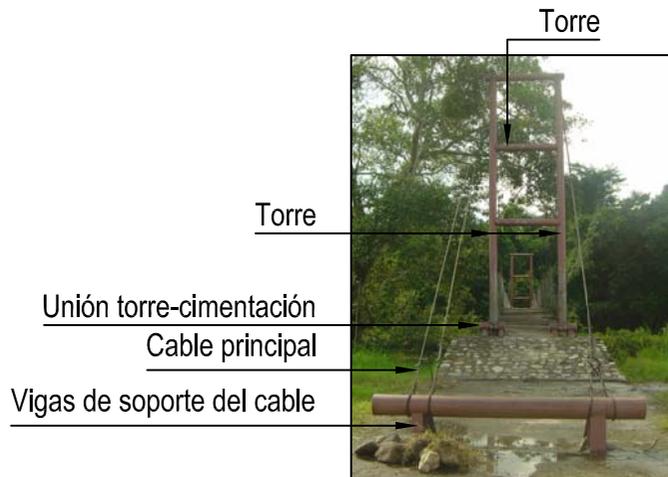
Cont. puente sobre el río Copán



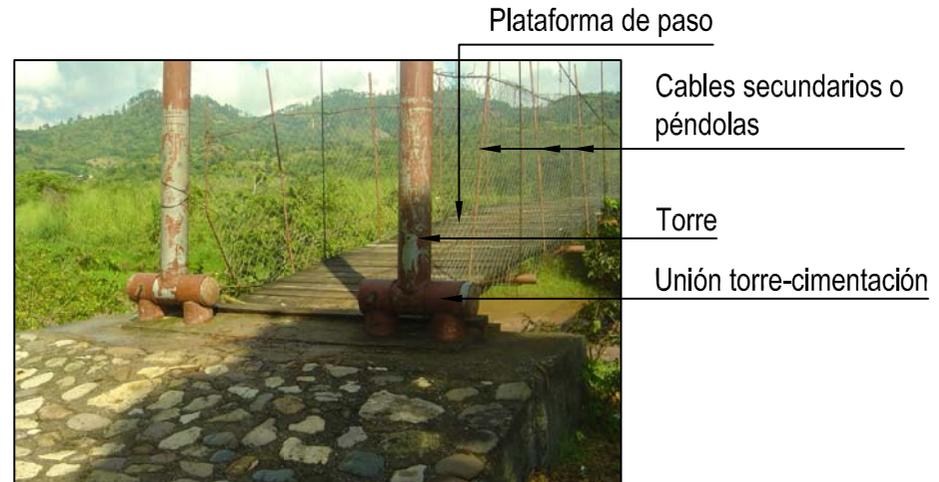
Fotografía de unión  
Cable principal-péndola



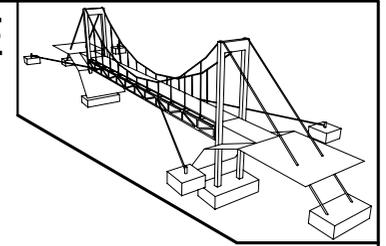
Fotografía de amarre de una viga principal.



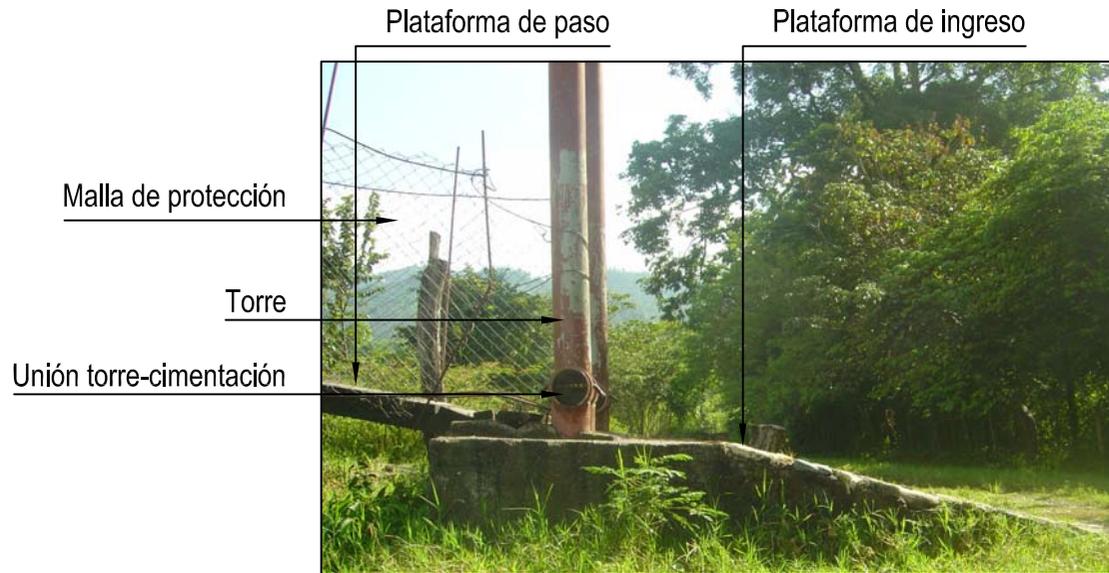
Fotografía del lado este  
del puente.



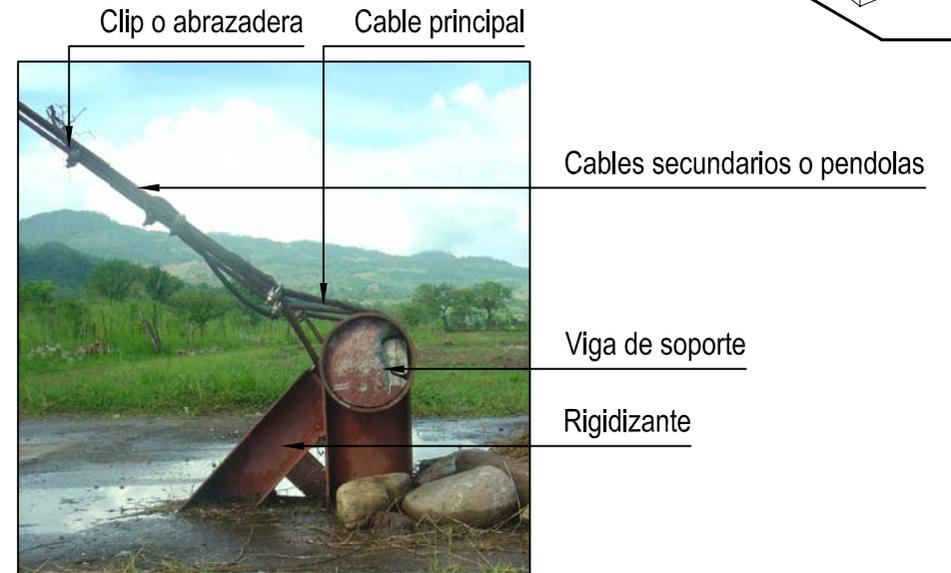
Fotografía del lado oeste del puente. Se aprecian las uniones articuladas de las torres.



Cont. puente sobre el río Copán

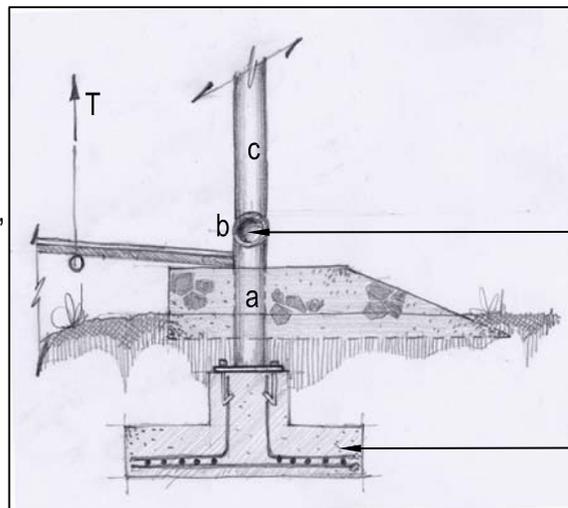


Fotografía de la plataforma de ingreso del puente.



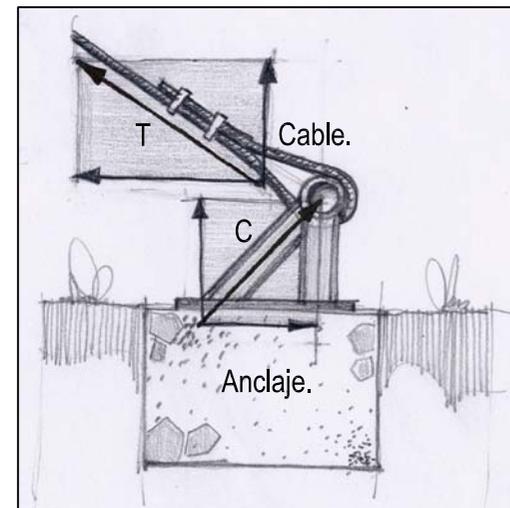
Fotografía de la viga de agarre de los cables.

La unión soldada de la torre se hace entre la primera prolongación, que viene del cimiento (a), un elemento intermedio que permite mejor adhesión (b), y el tercero, que forma la torre (c). Esta junta de construcción es así porque la longitud de la torre es más larga que el disponible comercialmente.

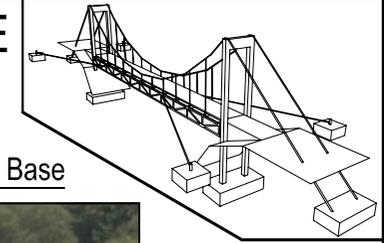


Unión soldada.

Zapata.



La forma triangular de la estructura de acero que amarra el cable hace que la componente horizontal de las fuerzas de tensión se anule, y pueda evitar que el anclaje falle por volteo.



## 4.5. Puente Valle Escondido

### Características

Tipo de puente:	Hamaca
Localización:	Santa Catarina Mita, Jutiapa. sobre el río Ostúa.
Longitud:	65.40 m.
Ancho útil del puente:	0.90 m.
Flecha del puente:	aprox. 1.45 m.
Grosor del cable principal:	3 cables de Ø 1 1/2" bajo las tablas de paso del puente.
Grosor del cable secundario:	2 cables de Ø 1/2" como baranda a cada lado del puente
Altura de plataformas:	3.00 m.
Tipo de uso:	Peatonal.
Materiales más usados:	Concreto para los anclajes o bases, cables de acero en los cables principales y pendolas, y madera en tablas para la plataforma de paso.
Observaciones:	Las bases se encuentran en alto para compensar la flecha de los cables de la plataforma, ya que no hay ningún montículo que ayude a elevar el nivel de este puente.



Fotografía de la parte este del puente, en donde se aprecia los trabajos de dragado de las orillas del río Ostúa, para reducir el riesgo de destrucción de las estructura del mismo.



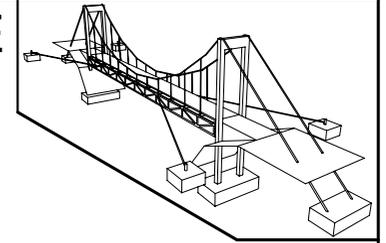
Fotografía de la base oeste del puente, en la que se observa la rampa de ascenso a la base y la plataforma de paso.

Fotografía de la parte inferior de la plataforma de paso del puente.

### Tabla comparativa

Comparación de datos	Ancho de caminamiento	Longitud máxima	Cable principal	Flecha del puente
	en mts	en mts	diametro en pulg.	en mts
Datos del puente	0.90	65.40	3 Ø 1 1/2"	1.45
Según tabla	0.94	67.00	6 Ø 1"	1.64

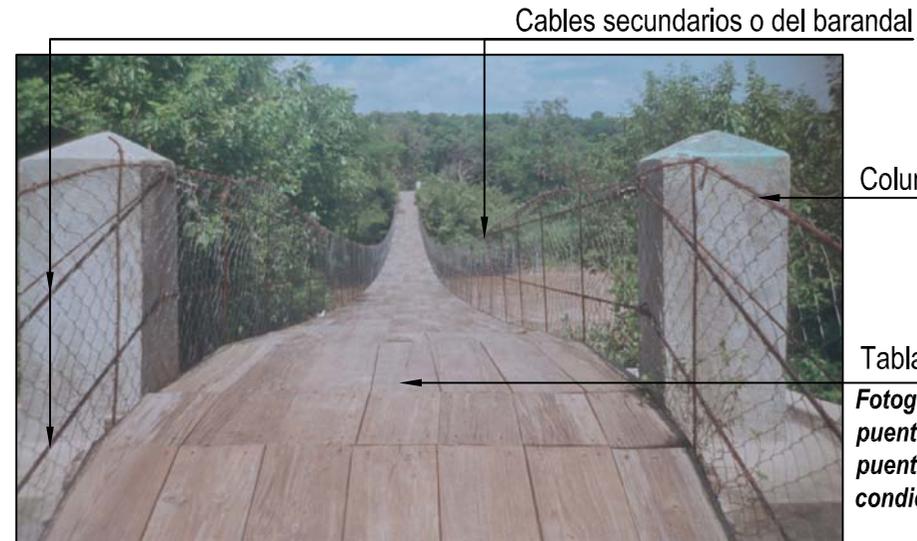
**Observaciones:** La sección de cable principal del puente excede en un 13% al sugerido en la tabla. Los demás factores son similares, por lo que no inside significativamente en la estructura.



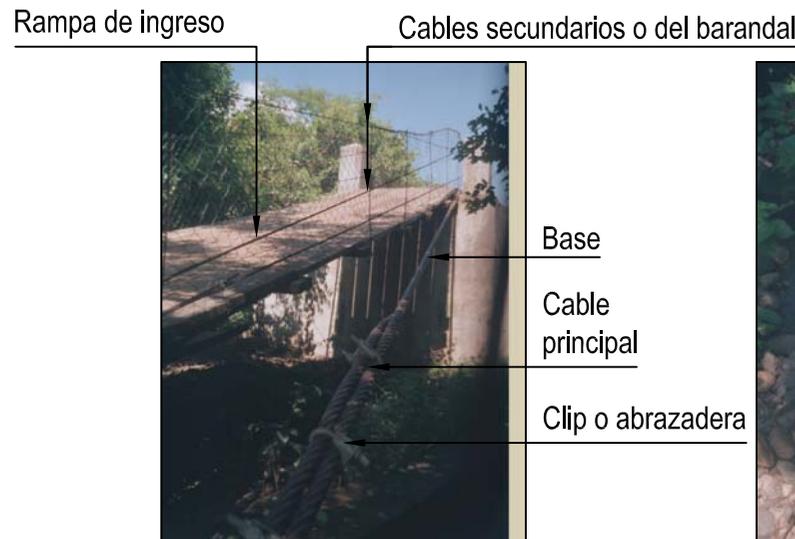
## 4.6. Puente Talpetate

### Características

Tipo de puente:	Hamaca
Localización:	Santa Catarina Mita, Jutiapa. sobre el río Ostúa.
Longitud:	83.75 m.
Ancho útil del puente:	1.70 m.
Flecha del puente:	aprox. 1.90 m.
Grosor del cable principal:	3 cables de $\varnothing 1 \frac{1}{2}$ " bajo las tablas de paso del puente.
Grosor del cable secundario:	1 $\varnothing 1 \frac{1}{2}$ " + 1 $\varnothing 1 \frac{1}{4}$ " como baranda a cada lado del puente
Altura de plataformas:	2.80 m.
Tipo de uso:	Peatonal.
Materiales más usados:	Concreto para los anclajes y bases, cables de acero en los cables principales y pendolas, y madera en tablas para la plataforma de paso.
Observaciones:	Las bases se encuentran en alto para compensar la flecha de los cables de la plataforma, ya que no hay ningún montículo que ayude a elevar el nivel de este puente.



Fotografía desde la base oeste del puente, la reciente construcción del puente hace apreciar las buenas condiciones en las que se mantiene éste.



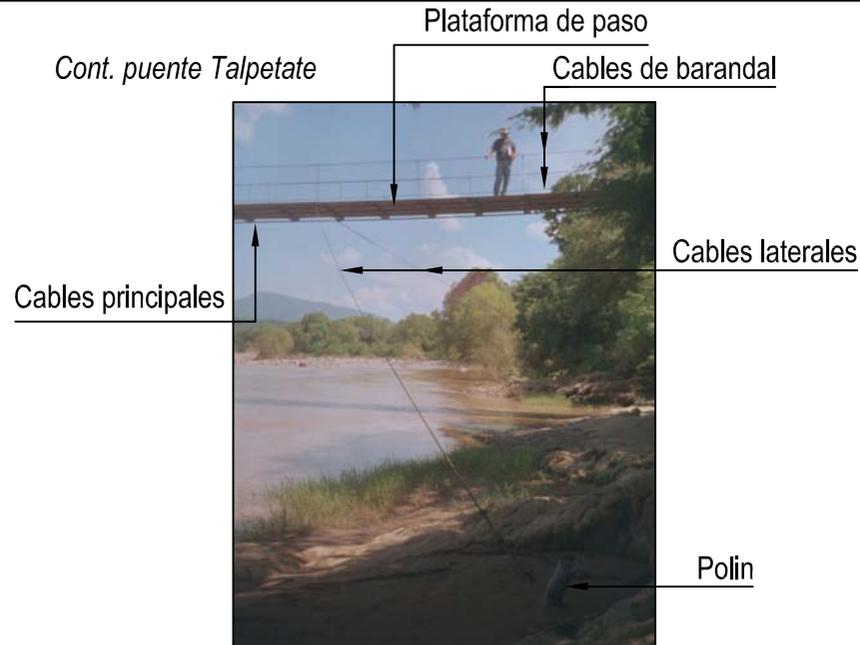
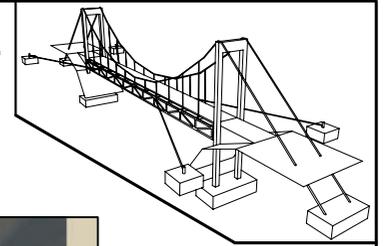
Fotografía de la rampa de ingreso del puente y de uno de los cables principales que sostiene la plataforma desde el polin. (foto derecha)

Fotografía de un polin desde donde sale uno de los cables principales.

### Tabla comparativa

Comparación de datos	Ancho de caminamiento	Longitud máxima	Cable principal	Flecha del puente
	en mts	en mts	diametro en pulg.	en mts
Datos del puente	1.70	83.75	3 $\varnothing 1 \frac{1}{2}$ "	1.90
Según tabla	0.94	83.00	7 $\varnothing 1$ "	2.10

**Observaciones:** El cable principal es 4% menor al de la tabla, pero el ancho útil del puente es casi un 80% más grande al de la tabla, por lo que la resistencia del cable baja y se convierte en un riesgo para los usuarios del puente.



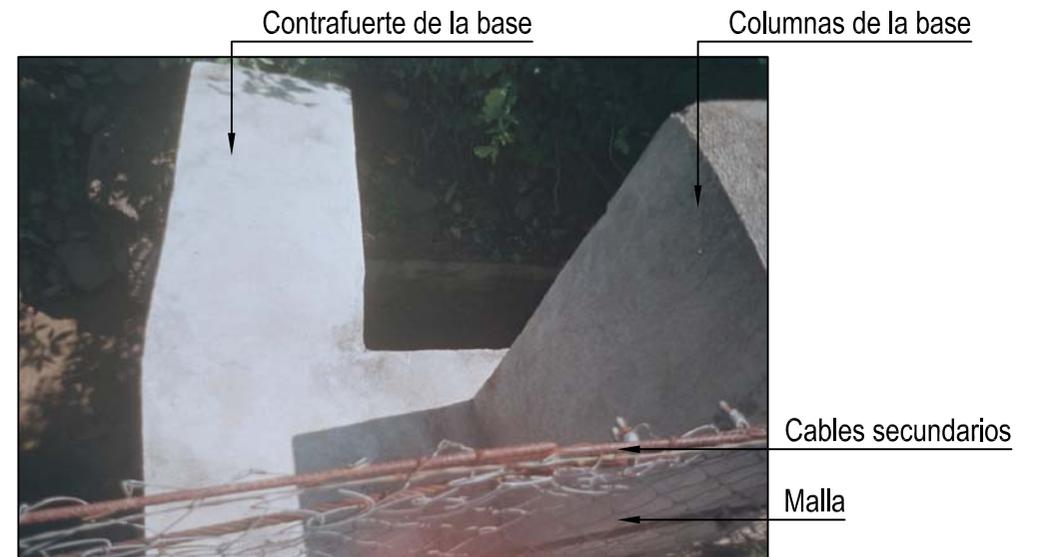
Fotografía de la plataforma, los cables laterales y del polin de estos cables.



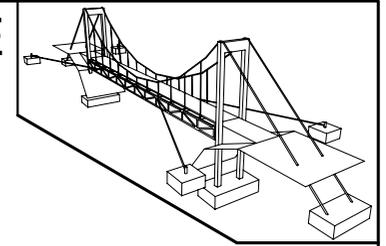
Fotografía de la unión de la parte inferior de la rampa de ingreso con la base del puente, en la que se observa la disposición de los cables principales y sus accesorios.



Fotografía de la torre norte del puente.



Fotografía del contrafuerte de la base del puente desde la parte superior de este.



## 4.7. Puente Jocotillo

### Características

Tipo de puente:	Hamaca
Localización:	Santa Catarina Mita, Jutiapa. sobre el río Ostúa.
Longitud:	47.10 m.
Ancho útil del puente:	1.40 m.
Flecha del puente:	aprox. 1.80 m.
Grosor del cable principal:	3 cables de Ø 1" bajo las tablas de paso del puente.
Grosor del cable secundario:	2 cables de Ø 1/2" como baranda a cada lado del puente
Altura de plataformas:	1.20 m.
Tipo de uso:	Peatonal.
Materiales más usados:	Concreto para los anclajes y bases, cables de acero en los cables principales y pendolas, y madera en tablas para la plataforma de paso.
Observaciones:	Las bases se encuentran enterradas, ya que esta anclado en la peña de un barranco. Las tablas de paso están muy deterioradas, y constituyen un riesgo para los usuarios. Los cables principales son nuevos, ya que los anteriores se deterioraron y sufrieron rotura total.

Cables del barandal

Plataforma de paso



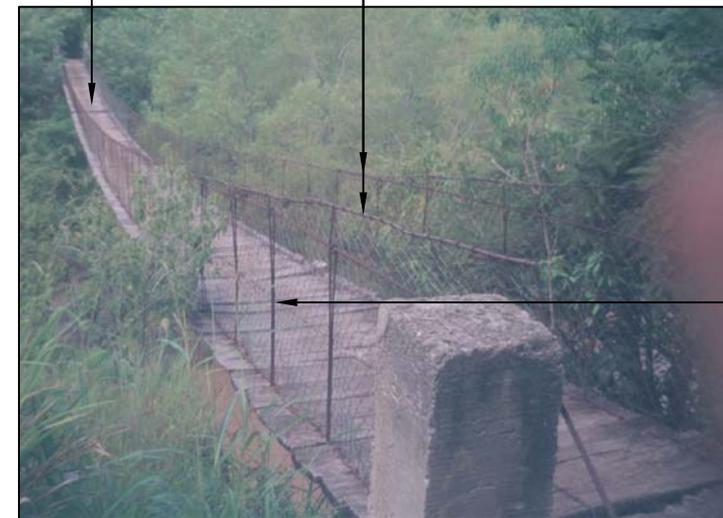
Columnas de base

Base

Fotografía de la plataforma de paso desde la base del puente.

Plataforma de paso

Cables secundarios o del barandal



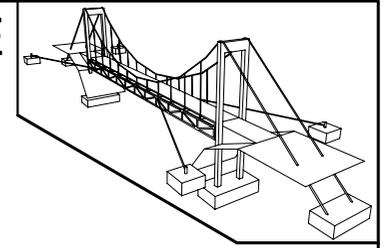
Varillas de refuerzo

Fotografía de la plataforma de paso desde un lado de la base del puente.

### Tabla comparativa

Comparación de datos	Ancho de caminamiento	Longitud máxima	Cable principal	Flecha del puente
	en mts	en mts	diametro en pulg.	en mts
Datos del puente	1.40	47.10	3 Ø 1"	1.80
Según tabla	0.94	50.00	5 Ø 1"	1.25

**Observaciones:** El cable principal es 40% menor al de la tabla, y el ancho útil del puente es casi un 50% más grande al de la tabla, aunado al mal estado del cable, la probabilidad de ruptura del cable es significativa, por lo que hay riesgo de accidentes por parte de los usuarios



Cont. puente Jocotillo

Tablas de madera (muy deterioradas)

Malla

Varilla de refuerzo

Cables principales

Cables principales  
rotos

Base



Fotografía de la parte inferior de la base en donde se aprecian los cables rotos.

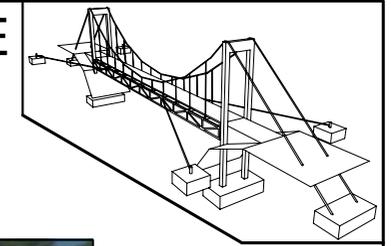
Fotografía del detalle unión de las tablas de la plataforma de paso con el cable principal.

Cables principales

Tablas de madera (muy deterioradas)



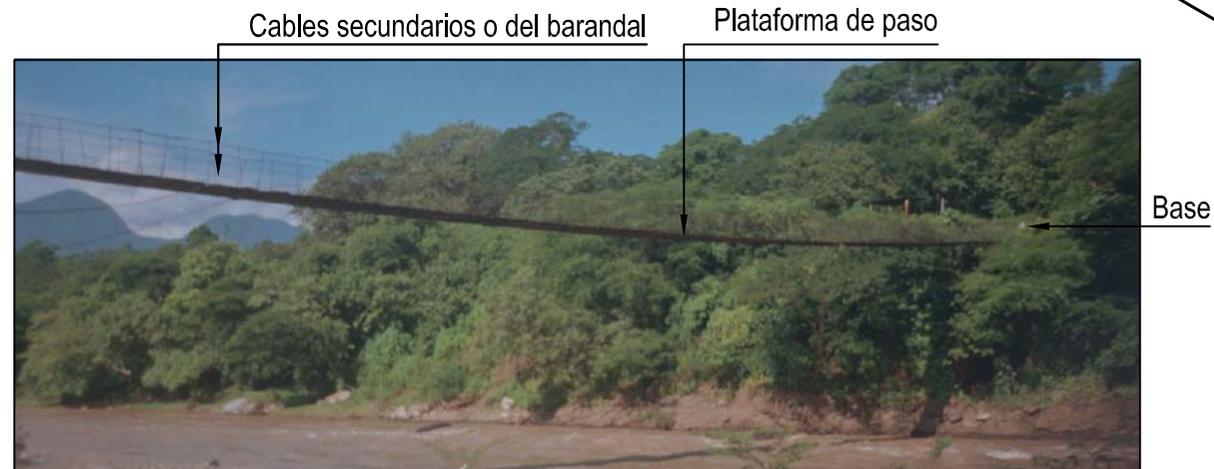
Fotografía de la parte inferior de la plataforma de paso del puente, de donde se aprecia el avanzado nivel de deterioro de la estructura del puente.



## 4.8. Puente Avila

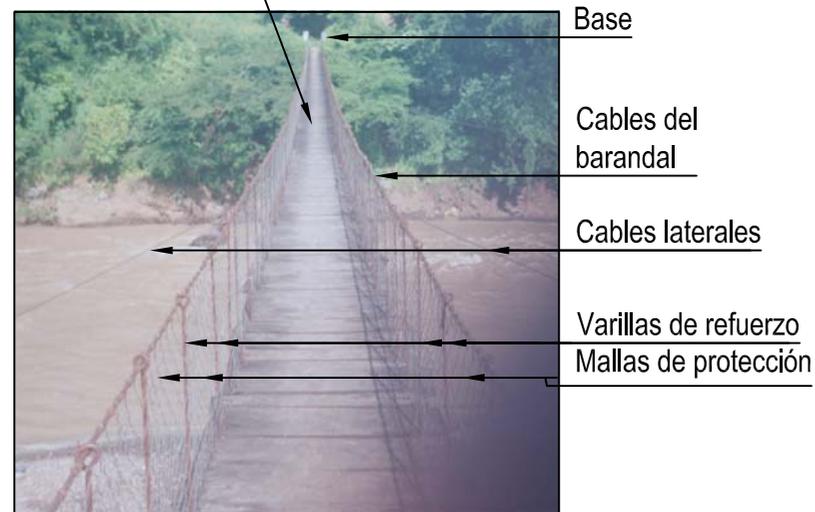
### Características

Tipo de puente:	Hamaca
Localización:	Km. 75, carretera Cuilapa-Chiquimulila sobre el río Los Esclavos.
Longitud:	72.00 m.
Ancho útil del puente:	0.90 m.
Flecha del puente:	aprox. 1.30 m.
Grosor del cable principal:	3 cables de Ø 1 1/2" bajo las tablas de paso del puente.
Grosor del cable secundario:	2 cables de Ø 1/2" como baranda a cada lado del puente
Altura de plataformas:	4.50 m.
Tipo de uso:	Peatonal.
Materiales más usados:	Concreto para los anclajes y bases, cables de acero en los cables principales y pendolas, y madera en tablas para la plataforma de paso.
Observaciones:	Las bases se encuentran enterradas, ya que esta anclado en la peña de un barranco. Los anclajes y cables laterales se rompieron a consecuencia de las correntadas de este río por la tormenta Stan.

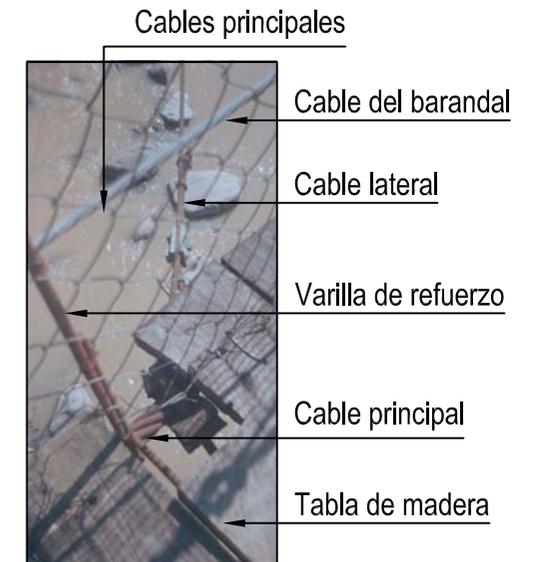


Fotografía de la plataforma de paso del puente desde la orilla del río Los Esclavos.

Plataforma de paso



Fotografía de la plataforma de paso desde la base oeste.

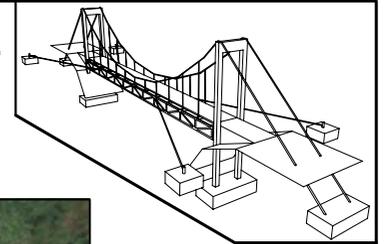


Fotografía del detalle del barandal de la plataforma de paso.

### Tabla comparativa

Comparación de datos	Ancho de caminamiento	Longitud máxima	Cable principal	Flecha del puente
	en mts	en mts	diametro en pulg.	en mts
Datos del puente	0.90	72.00	3 Ø 1 1/2"	1.30
Según tabla	0.94	77.00	3 Ø 1 1/2"	1.80

**Observaciones:** La diferencia de un 38% en la flecha del puente, no afecta en casi nada a la estructura, ya que los demás datos concuerdan y muestran un buen dimensionamiento de este puente de hamaca.



Cont. puente Avila

Columnas de la base

Cables secundarios o  
del barandal

Cables principales

Malla de protección

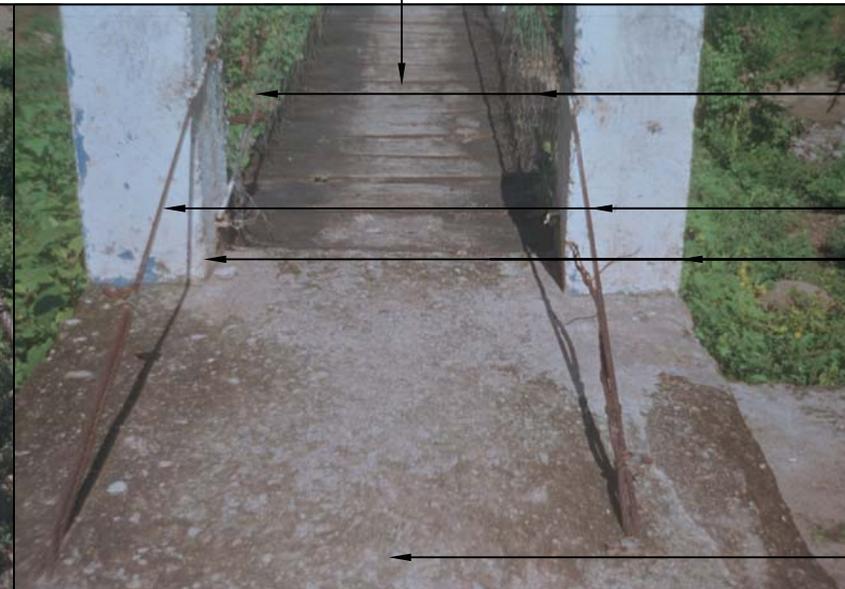
Base

Tablas de madera



Fotografía de la base este del puente.

Plataforma de paso



Fotografía de la base oeste del puente.

Plataforma de paso

Malla de protección

Cables secundarios o  
del barandal

Columnas de la base

Base

Varillas de refuerzo

Malla de protección

Cables principales

Tablas de madera



Fotografía de la plataforma de paso que empieza desde la base oeste del puente.

Cables del barandal

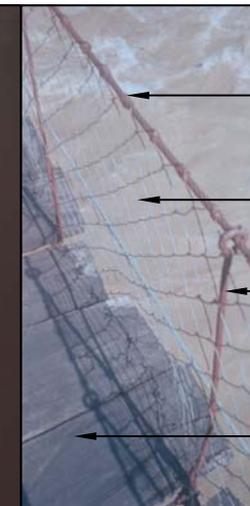
Torres

Cables del barandal

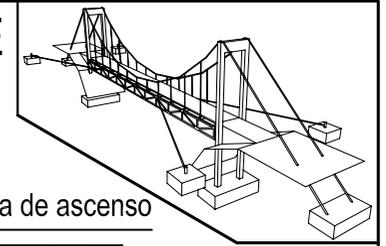
Malla de protección

Barillas de refuerzo

Tablas de madera



Fotografía del detalle del barandal de la plataforma de paso.



## 4.9. Puente El Colmenar

### Características

Tipo de puente:	Hamaca
Localización:	Km. 81, carretera Cuilapa-Chiquimulilla sobre el río Los Esclavos.
Longitud:	44.40 m.
Ancho útil del puente:	1.00 m.
Flecha del puente:	aprox. 1.20 m.
Grosor del cable principal:	3 cables de $\varnothing 1\ 1/2"$ bajo las tablas de paso del puente.
Grosor del cable secundario:	1 $\varnothing 1/2"$ +1 $\varnothing 3/8"$ como baranda a cada lado del puente
Altura de plataformas:	4.50 m.
Tipo de uso:	Peatonal.
Materiales más usados:	Concreto para los anclajes y bases, cables de acero en los cables principales y pendolas, y madera en tablas para la plataforma de paso.
Observaciones:	Las bases se encuentran en alto para compensar la flecha de los cables de la plataforma, ya que no hay ningún montículo que ayude a elevar el nivel de este puente. Los anclajes y cables laterales se rompieron a consecuencia de las correntadas de este río por la tormenta Stan.



Fotografía desde la parte norte del puente, en la que se aprecia casi la totalidad de su estructura.

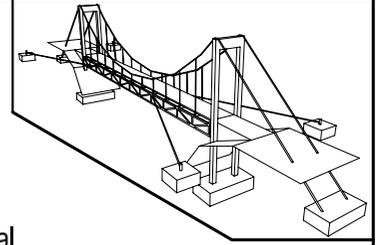


Fotografía de la plataforma de paso desde la base este.

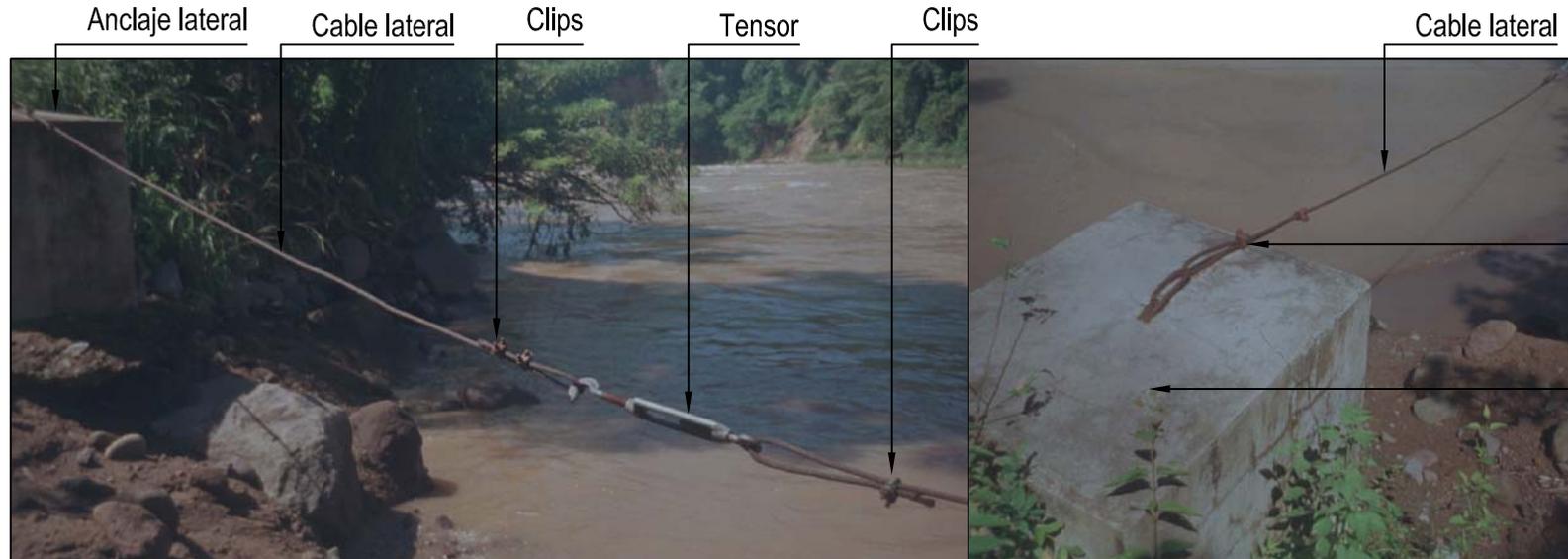
### Tabla comparativa

Comparación de datos	Ancho de caminamiento	Longitud máxima	Cable principal	Flecha del puente
	en mts	en mts	diametro en pulg.	en mts
Datos del puente	1.00	44.40	3 $\varnothing 1\ 1/2"$	1.00
Según tabla	0.94	50.00	5 $\varnothing 1"$	1.10

**Observaciones:** El cable principal del puente tiene 35% más área de sección que la estipulada en la tabla, además de tener 12% menos longitud que el dato de la tabla, por lo que la estructura se encuentra un poco sobredimensionada, pero segura.



Cont. puente El Colmenar



Fotografía del detalle de amarre del cable lateral.

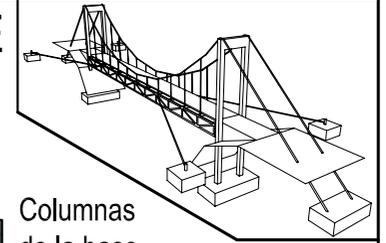
Fotografía del anclaje lateral del puente.



Fotografía del detalle del barandal de la plataforma de paso.

Fotografía de la base este y la plataforma de paso.

Fotografía de la base este y la plataforma de paso.



## 4.10. Puente del callejón Casillas

### Características

Tipo de puente:	Hamaca
Localización:	Callejón "Casillas", Siquinala, Escuintla. Sobre el río Obispo.
Longitud:	47.40 m.
Ancho útil del puente:	1.00 m.
Flecha del puente:	aprox. 1.20 m.
Grosor del cable principal:	3 cables de $\varnothing 1\ 1/2"$ bajo las tablas de paso del puente.
Grosor del cable secundario:	2 cables de $\varnothing 1/2"$ como baranda a cada lado del puente
Altura de plataformas:	3.50 m.
Tipo de uso:	Peatonal.
Materiales más usados:	Concreto para los anclajes y bases, cables de acero en los cables principales y pendolas, y madera en tablas para la plataforma de paso.
Observaciones:	Las bases se encuentran en alto para compensar la flecha de los cables de la plataforma, ya que no hay ningún montículo que ayude a elevar el nivel de este puente. Este puente se encuentra en el casco urbano de Siquinalá.



Fotografía de la escalinata de ascenso hacia la base y plataforma de paso del puente.



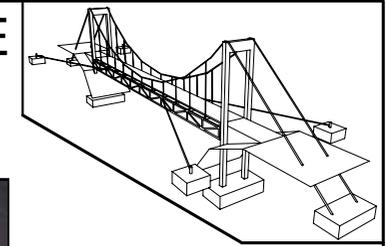
Foto izquierda: plataforma de paso del puente.  
Foto del centro: unión plataforma de paso con la base.

Fotografía de la plataforma de paso desde la base este.

### Tabla comparativa

Comparación de datos	Ancho de caminamiento	Longitud máxima	Cable principal	Flecha del puente
	en mts	en mts	diametro en pulg.	en mts
Datos del puente	1.00	47.40	3 $\varnothing 1\ 1/2"$	1.20
Según tabla	0.94	50.00	5 $\varnothing 1"$	1.19

**Observaciones:** El cable principal del puente tiene 35% más área de sección que la estipulada en la tabla, además de tener 12% menos longitud que el dato de la tabla, por lo que la estructura se encuentra un poco sobredimensionada, pero segura.



## 4.11. Puente Tierra Nueva.

### Características

Tipo de puente:	Hamaca
Localización:	Aldea Tierra Nueva, Siquinalá, Escuintla, sobre el río Obispo.
Longitud:	23.75 m.
Ancho útil del puente:	0.95 m.
Flecha del puente:	aprox. 0.80 m.
Grosor del cable principal:	3 cables de Ø 1" bajo las tablas de paso del puente.
Grosor del cable secundario:	2 cables de Ø 1/2" como baranda a cada lado del puente
Altura de plataformas:	2.00 m.
Tipo de uso:	Peatonal.
Materiales más usados:	Concreto para los anclajes y bases, cables de acero en los cables principales y pendolas, y madera en tablas para la plataforma de paso.
Observaciones:	Las bases se encuentran semi-enterradas. Están protegidas por gaviones de aproximadamente 1.00m. x 1.00m. x 1.00m.

Plataforma de paso

Cables de barandal

Gaviones



Columna de la base

Base

Gaviones

Fotografía de la totalidad de la estructura del puente.

Cables principales

Tablas de la plataforma



Columna de la base

Base

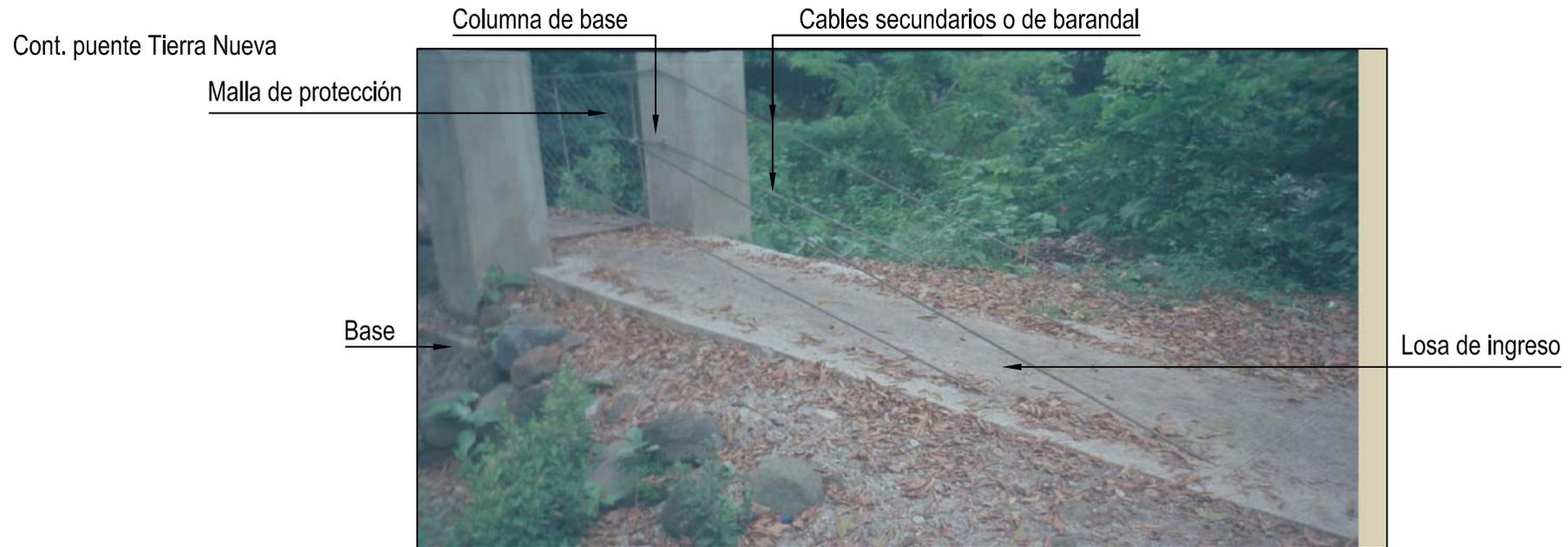
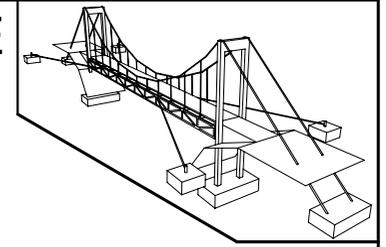
Gaviones

Fotografía de la plataforma, la base, y los gaviones.

### Tabla comparativa

Comparación de datos	Ancho de caminamiento	Longitud máxima	Cable principal	Flecha del puente
	en mts	en mts	diametro en pulg.	en mts
Datos del puente	0.95	23.75	3 Ø 1"	0.80
Según tabla	0.94	26.00	3 Ø 1"	0.60

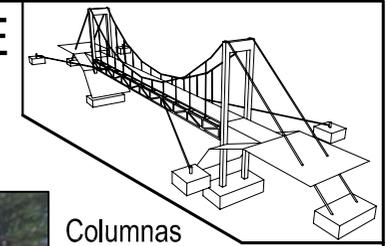
**Observaciones:** La diferencia de un 25% en la flecha del puente, no afecta en casi nada a la estructura, ya que los demás datos concuerdan y muestran un buen dimensionamiento de este puente de hamaca.



Fotografía del ingreso oeste del puente.



Fotografía de la parte inferior de la superficie de paso del puente.



## 4.12. Puente en Nuevo San Carlos.

### Características

Tipo de puente:	Hamaca
Localización:	Nuevo San Carlos, Retalhuleu. sobre el río Ocosito.
Longitud:	22.00 m.
Ancho útil del puente:	1.00 m.
Flecha del puente:	aprox. 0.70 m.
Grosor del cable principal:	4 cables de 2 Ø 1/2" bajo las tablas de paso del puente.
Grosor del cable secundario:	1 cables de Ø 1/2" como baranda a cada lado del puente
Altura de plataformas:	2.30 m.
Tipo de uso:	Peatonal.
Materiales más usados:	Concreto para los anclajes y bases, cables de acero en los cables principales y pendolas, y bambú en piezas para la plataforma de paso.

**Observaciones:** Las bases se encuentran en alto para compensar la flecha de los cables de la plataforma, ya que no hay ningún montículo que ayude a elevar el nivel de este puente. Este se encuentra muy deteriorado por la subida del nivel del río Ocosito lo que dañó importantemente la plataforma de paso.



Fotografía de la estructura total del puente.

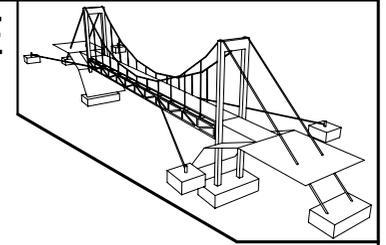


Fotografía de las deterioradas tablas de madera y las piezas de bambú de la plataforma de paso.

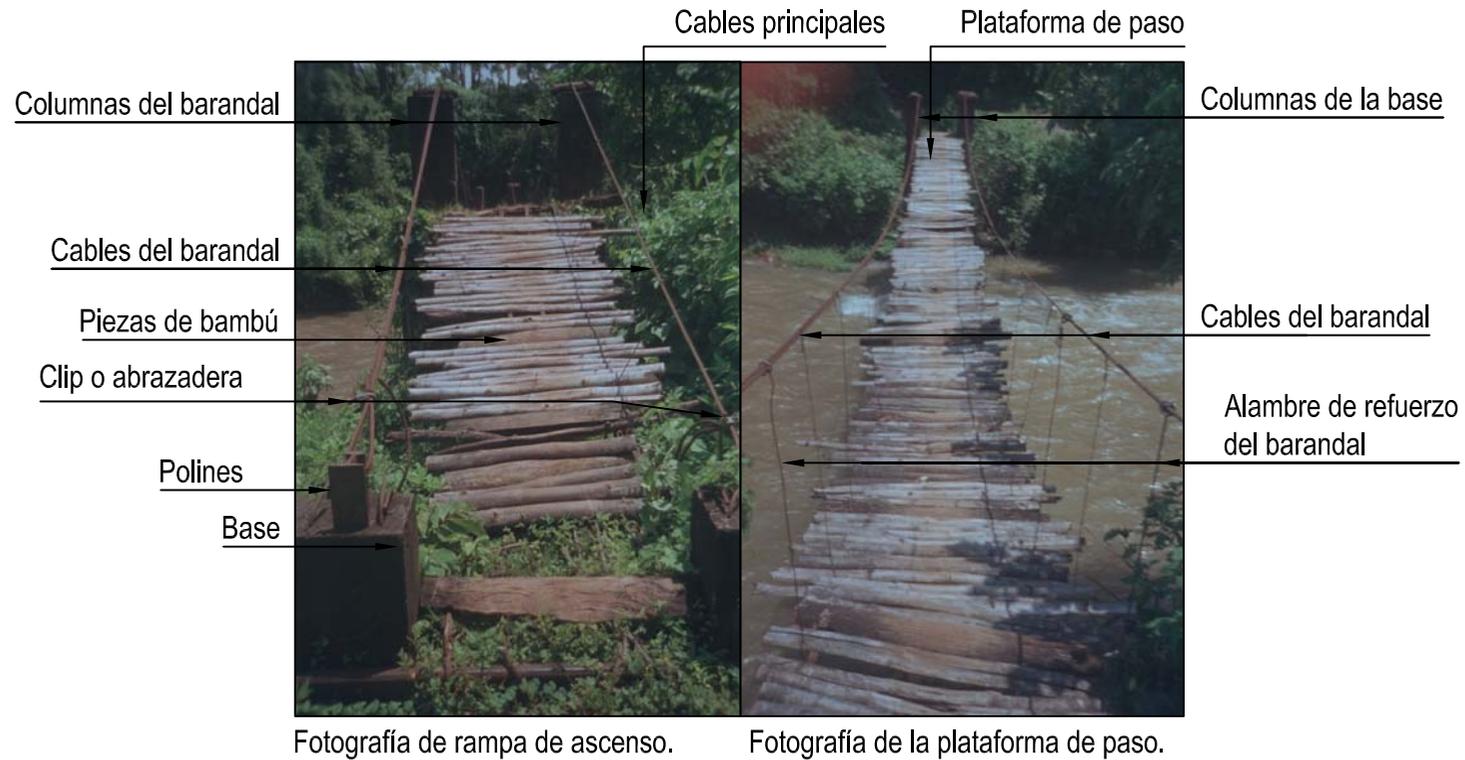
### Tabla comparativa

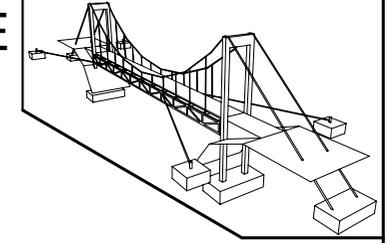
Comparación de datos	Ancho de caminamiento	Longitud máxima	Cable principal	Flecha del puente
	en mts	en mts	diametro en pulg.	en mts
Datos del puente	1.00	22.00	8 Ø 1/2"	0.70
Según tabla	0.94	26.00	3 Ø 1"	0.55

**Observaciones:** Los cables principales son el 50% de la sección necesaria para este puente, por lo que no son suficientes, además de su visible estado de deterioro, por lo que constituye un riesgo de los usuarios de dicho puente.



Cont. puente en Nuevo San Carlos





### 4.13. Tabla comparativa de casos análogos

#### Puentes colgantes

	Puente	Uso	Longitud	Altura de las torres	Flecha del cable	Ancho útil	Cable principal	Cable secundario
			en mts	en mts	en mts	en mts	Diámetro en pulg.	Diámetro en pulg.
1	Puente El Jobo	Vehicular	121.80	6.50	5.50	6.20	6 Ø 1 1/2"	Ø 1 1/16"
2	Puente Tamasulapa	Vehicular	132.00	11.30	10.60	6.00	Barras rectangulares 6 Ø 1 1/2"	Barras sec. circular 6 Ø 1 1/16"
3	Puente Orellana	Vehicular	105.00	9.50	8.00	3.50	4 Ø 1"	Barras sec. circular 6 Ø 1"
4	Puente en Copan	Peatonal	46.00	7.20	5.70	1.85	2 Ø 5/8"	Ø 1/2"

#### Puentes colgantes sin rigidez o de hamaca

	Puente	Uso	Longitud	Altura de la plataforma	Flecha del cable	Ancho útil	Cable principal	Cable secundario
			en mts	en mts	en mts	en mts	Diámetro en pulg.	Diámetro en pulg.
5	Puente Valle Escondido	Peatonal	65.40	3.00	1.45	0.90	3 Ø 1 1/2"	2 Ø 1/2" a c/lado
6	Puente Talpetate	Peatonal	83.75	2.80	2.10	1.70	3 Ø 1 1/2"	1 Ø 1/2"+1 Ø 1/4" a c/lado
7	Puente Jocotillo	Peatonal	47.10	1.20	1.80	1.40	3 Ø 1"	2 Ø 1/2" a c/lado
8	Puente Avila	Peatonal	72.00	4.50	1.30	0.90	3 Ø 1 1/2"	2 Ø 1/2" a c/lado
9	Puente El Colmenar	Peatonal	44.40	4.50	1.20	1.00	3 Ø 1 1/2"	1 Ø 1/2"+1 Ø 3/8" a c/lado
10	Puente del Callejon Casillas	Peatonal	47.40	3.50	1.20	1.00	3 Ø 1 1/2"	2 Ø 1/2" a c/lado
11	Puente Tierra Nueva	Peatonal	23.75	2.00	0.80	0.95	6 Ø 1 1/2"	2 Ø 1/2" a c/lado
12	Puente en Nuevo San Carlos	Peatonal	22.00	2.30	0.70	1.00	6 Ø 1 1/2"	2 Ø 1/2" a c/lado



## CONCLUSIONES

- Un 50% de los puentes de hamaca; 4 puentes se encuentran bien dimensionados, y en buenas condiciones de uso; de esos 4, 3 puentes cumplen al pie de la letra las disposiciones técnicas de la Dirección General de Caminos.
- El 50% restante de los puentes están mal dimensionados, especialmente en la sección total del cable principal, y de estos; 2 puentes (el 25%) están en muy malas condiciones, ya sea por deterioro o vejez de los cables principales, o de las tablas de paso, por lo que representan un riesgo para los usuarios.
- El único caso documentado de puente colgante peatonal (de Copan, Honduras) se encuentra mal dimensionado en sus cables principales, faltando un 50% de su sección total, y las luces laterales también están mal en su longitud, ya que por las diferencias de los ángulos de entrada y de salida del cable en la parte superior de la torre, pudieron haber ocasionado que esta se torciera (*ver fotografía del puente del lado norte*).
- El cable, como importante material constructivo en este tipo de puentes, merece resaltar su nobleza, ya que en condiciones de suspensión, como en lo puentes colgantes, cuando no es usado, conserva su catenaria, como resultado de su peso propio. Cuando este es sometido a cargas en su uso, el cable reacciona a estos y se ajusta muy bien a las condiciones de dichas cargas. En el momento de retirar dichas cargas, el cable recobra su estado original volviendo a su forma funicular normal (catenaria). Esto hace del cable, un material muy versátil y fundamental en este tipo de aplicaciones.
- El paso elevado por medio de puente colgante peatonal es la más conveniente solución de puentes para salvar ríos y corrientes de agua.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda el análisis profundo de los datos económicos, geográficos y técnicos del proyecto, para acertar en la respuesta sobre la tipología de puente colgante peatonal a usar.
- Los puentes colgantes peatonales, contando con todos sus elementos indispensables, son una excelente opción de empleo, por su construcción rápida, simple y segura.
- El mantenimiento de estas obras será de mucha importancia para que los elementos empleados conserven sus características y propiedades para los que fueron diseñadas, en especial, los cables de acero galvanizado.



## ANEXOS.



**ANEXO 1:**  
**EJEMPLO DE DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE COLGANTE**

**Objetivos del ejemplo de cálculo:** Documentar el procedimiento de dimensionamiento para cada elemento estructural de un puente colgante de plataforma rígida paso por paso, con las fórmulas necesarias para dicha función. Las variables iniciales de cálculo, serán iguales a los datos del puente sobre el río Copán (véase *Fichas técnicas de casos análogos*).

Se tiene la necesidad de construir un puente colgante de plataforma rígida en una comunidad del sur occidente del país, por la poca diferencia de niveles de los apoyos y el río que para a un lado de dicha comunidad. Se han recolectado ciertos datos, la distancia entre apoyos es de  $d=46.50$  metros.

**A. GEOMETRÍA.**

**A.1 Flecha ( $f$ )**

$$f = \frac{d}{10} \quad \therefore = \frac{46.50\text{mts}}{10.00\text{mts}} \Rightarrow f = 4.65\text{m}$$

**A.2 Altura de las torres**

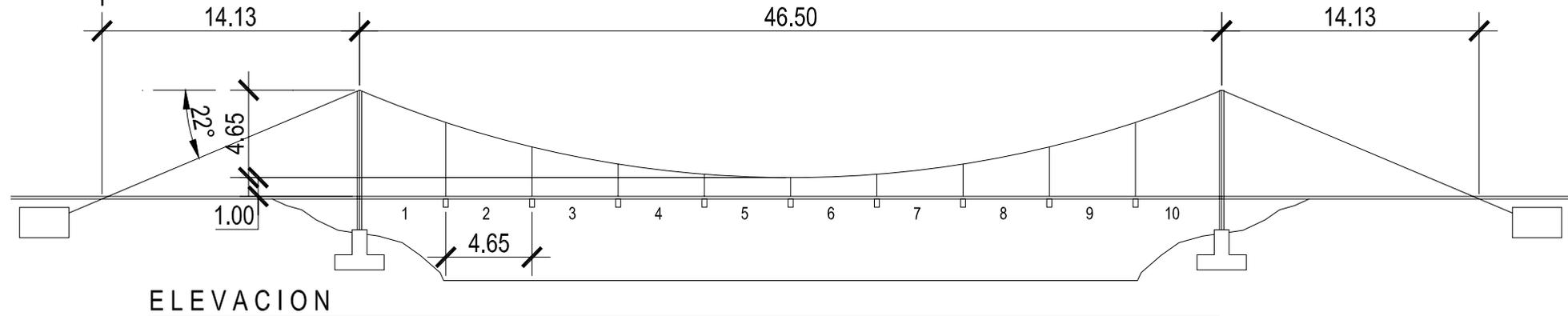
$$ht = f + 1.00 \Rightarrow 4.65\text{m} + 1.00\text{m} = 5.65\text{mts}$$

**A.3 Luces laterales ( $L1$ )**

$$L1 = \frac{ht}{4 \times \left(\frac{f}{d}\right)} \Rightarrow \frac{5.65\text{m}}{4 \times \left(\frac{4.65\text{m}}{46.50\text{m}}\right)} = 14.13\text{m}, \text{ ángulo de entrada del cable a la torre: } \tan \theta = 4 \times n \Rightarrow 4 \times 0.1 \Rightarrow \theta = 22^\circ$$



## ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE PUENTES COLGANTES PEATONALES, EN LA COSTA SUR DE GUATEMALA



### B. PÉNDOLAS.

Debido a que cada par de péndolas (una en cada lado) cargarán una porción de área de la plataforma (área tributaria), y estas están en las vigas principales, la modulación propuesta de vigas principales (transversal) es a cada 4.60 m., por un ancho de 1.85 m.

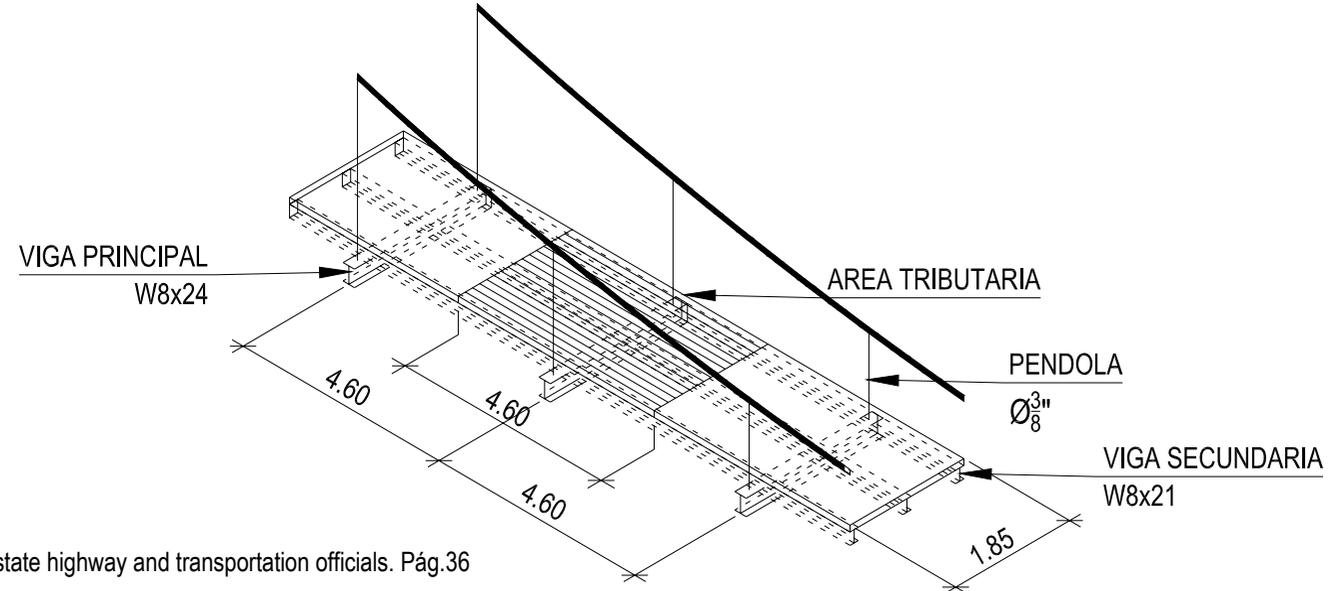
Cálculo de cargas:

- Carga viva ( $C_v$ ):

La carga viva por unidad de área para puentes peatonales es de  $415.00 \frac{kg}{mt^2}$

$$C_v = 415.00 \frac{kg}{mt^2} \times (1.85m.) \times (4.60m.) \Rightarrow C_v = 3531.65kg$$

- Carga muerta ( $C_m$ ):



<sup>1</sup> Standard specifications for Highway Bridges. AASHTO. American Association of state highway and transportation officials. Pág.36



## ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE PUENTES COLGANTES PEATONALES, EN LA COSTA SUR DE GUATEMALA

**Peso de las vigas principales:**

(Se propone vigas perfil I tipo W8x24<sup>2</sup>):  $36.00 \frac{kg}{mt} \times (1.85m.) = 66.60kg$

**Peso de las vigas secundarias:**

(Se propone vigas perfil I tipo W8x21):  $31.20 \frac{kg}{mt} \times (4.60m.) \times (3vigas) = 430.56kg$

**Peso de los tablonos de madera:**  $430.00 \frac{kg}{m^3} \times (0.30m \times 0.075m \times 1.85m) \times (16tablas) = 286.40kg$

(Se propone tablonos de cedro de 12" ancho x 3" de grosor, caben 16 tablas en 4.60m):

Densidad del cedro =  $\gamma = 430.00 \frac{kg}{m^3}$

**Total carga muerta**  $\underline{\hspace{15em}} = 783.56kg = Cm$

- Integración de cargas ( $I_c$ ):  $I_c = (1.7 \times C_v) + (1.4 \times C_m) \Rightarrow (1.7 \times 3531.65kg) + (1.4 \times 783.56kg) \Rightarrow I_c = 7100.00kg$

El valor  $I_c$ , es el total de lo que carga, pero como está cargado por dos cables (1 en cada extremo):

$\frac{7100.00kg}{2} = 3550.00kg$  Con este resultado, es necesario el empleo de 1 cable de Ø3/8 pulgadas.

### C. CABLE PRINCIPAL.

Debido a que el cable principal carga todos los tramos de la plataforma, es necesario integrar esa cantidad para el cálculo total.

<sup>2</sup> Código que corresponde a la medida de la sección de viga, por ejemplo, W8x24, quiere decir, 8 pulgadas de ancho por 24 pulgadas de peralte o alto. *Steel Construction Manual*, American Institute of Steel Construction.



## ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE PUENTES COLGANTES PEATONALES, EN LA COSTA SUR DE GUATEMALA

- Cantidad de módulos:  $\frac{Longitud}{Modulo} \Rightarrow \frac{46.50m}{4.6m} \approx 10 \text{ módulos}$   $10 \text{ mod} \times 7100.00kg = 71000.00kg$
- Carga distribuida en la plataforma:  $\frac{Carga}{Longitud} \Rightarrow \frac{71000.00kg}{46.50m} \approx 1527.00 \frac{kg}{m}$
- Tensión máxima del cable ( $T_m$ ):

$$T_m = \frac{C_t \times L^2}{8 \times f} \times \sqrt{1 + (16 \times n^2)} \Rightarrow \frac{1527.00 \frac{kg}{m} \times (46.50m)^2}{8 \times 4.65m} \times \sqrt{1 + (16 \times (0.10)^2)} \Rightarrow T_m = 95594.00kg$$

El valor  $T_m$ , es el total de lo que carga, pero como está cargado por dos juegos de cables (1 en cada extremo):

$$\frac{95594.00kg}{2} = 47797.00kg \quad \text{Con este resultado, es necesario el empleo de 2 cables de } \varnothing 7/8 \text{ pulgadas.}$$

### D. TORRES<sup>3</sup>.

Se proponen torres de estructura de acero, cada columna consiste en 4 tubos proceso  $\varnothing 4$ " longitudinales, y refuerzo diagonal de tubo proceso de  $\varnothing 3$ ", según AISC para ambos elementos. Cada columna tiene 0.50m x 0.50m, y cada par de torres se encuentra unido por elementos rigidizantes de 4 tubos proceso  $\varnothing 4$ " diagonales en la parte superior de la estructura de las torres.

- Cálculo por cada columna:  $\frac{47797.00kg}{2} = 23899.00kg$
- Componente vertical de la tensión del cable de la columna ( $P_v$ ):  $P_v = 23899.00kg \times (\text{sen}22^\circ) = 8952.00kg$

<sup>3</sup> Cálculo tomado del *Manual de diseño de estructuras de acero*, Merrit, Frederick. Pág. 183.



## ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE PUENTES COLGANTES PEATONALES, EN LA COSTA SUR DE GUATEMALA

- Peso propio estimado ( $W_p$ ):

Refuerzo longitudinal de joist 4 Ø 4" según AISC  $4 \times (81.84 \frac{kg}{m}) = 327 \frac{kg}{m}$

Refuerzo transversal de joist Ø 3" según AISC  $9 \times (43.39 \frac{kg}{m}) = 388 \frac{kg}{m}$

*Peso puntual total*

$$715 \frac{kg}{m} \Rightarrow 715 \frac{kg}{m} \times 4.65m = 3325.00kg$$

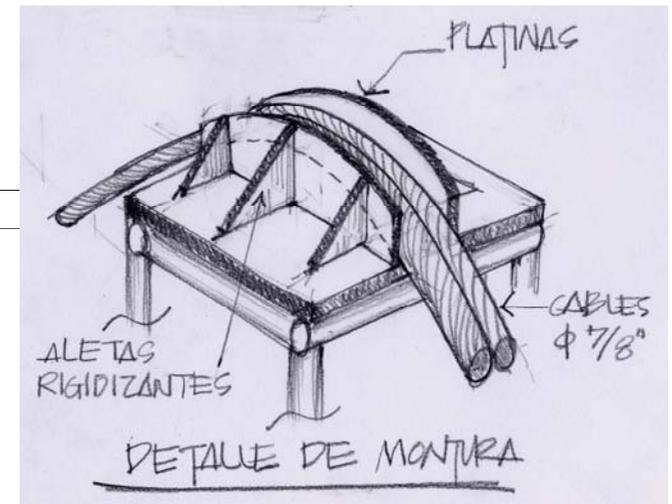
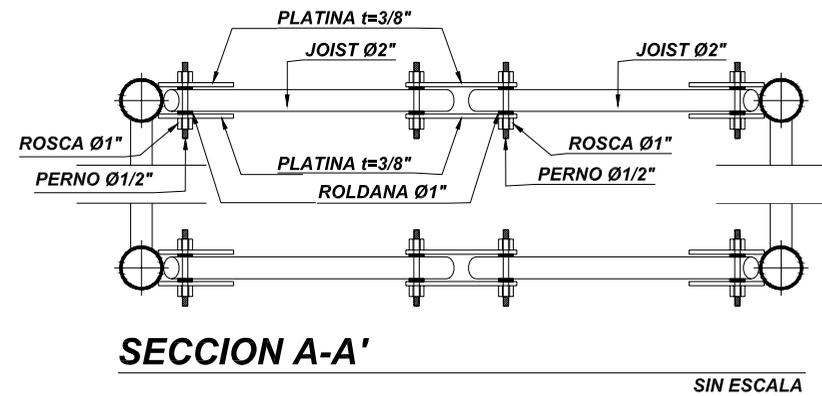
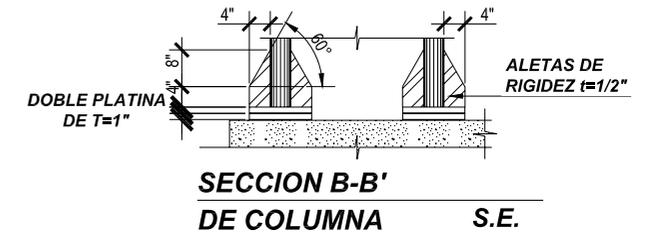
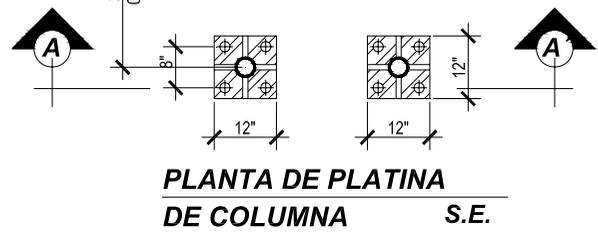
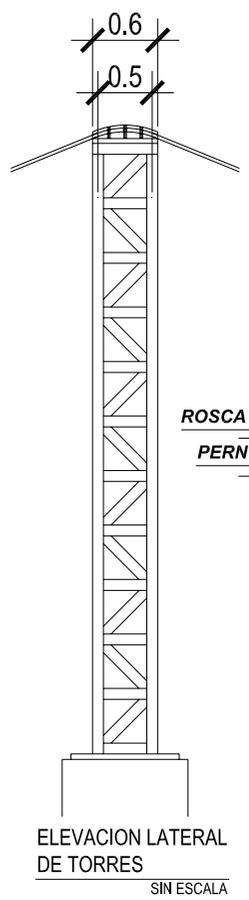
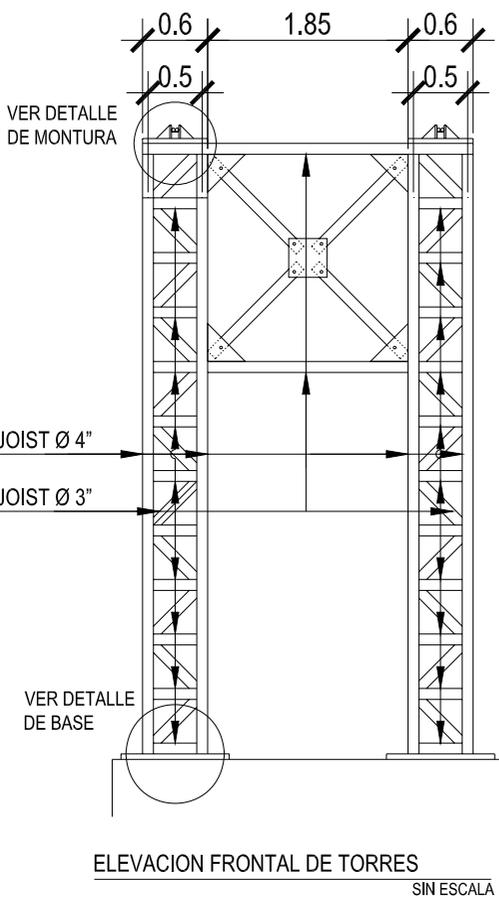
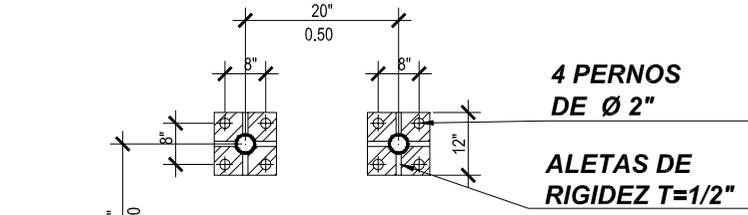
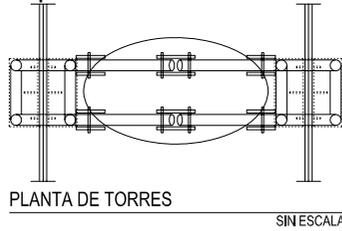
- Peso soportado por una columna ( $P_c$ ):  $P_c = P_v + W_p \Rightarrow P_c = 8952.00kg + 3325.00kg \Rightarrow P_c = 12277.00kg$

### *Cálculo de la capacidad de soporte de la sección de las columnas*

- Área de los 4 tubos de cada columna ( $A$ ):  $A = 4 \times (9.62 pul)^2 \Rightarrow A = 38.50 pul^2$
- Modulo de inercia ( $I$ ):  $I = 4 \times I \Rightarrow 4 \times 3.02 pul^4 \Rightarrow I = 12.08 pul^4$
- Radio de giro ( $R_g$ ):  $R_g = \sqrt{\frac{I}{A}} \Rightarrow \sqrt{\frac{12.08 pul^4}{38.50 pul^2}} \Rightarrow R_g = 0.56 pul$
- Esbeltez ( $E$ ), con  $k=1.0$ :  $E = \frac{k \times Ht}{R_g} \Rightarrow \frac{1.0 \times 18.54 ft}{0.56 pul} \Rightarrow E = 33 \frac{ft}{pul}$
- Cálculo de  $F_a$ :  $F_a = (\frac{Kips}{pu \ lg^2}) \times (\frac{33 ft}{pul}) \Rightarrow F_a = 13.65 \frac{kips}{pul^2}$
- Presión ( $P$ ):  $P = F_a \times A \Rightarrow 13.65 \frac{kips}{pul^2} \times 38.50 pul^2 \Rightarrow P = 525.00 lb(1000) \Rightarrow P = 525,000.00 lb \approx 238,136.00 kg$
- Chequeo final:  $P \geq P_c \Rightarrow 238,136.00 kg \geq 12,277.00 kg \rightarrow \text{cumple}$



# ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE Puentes COLGANTES PEATONALES, EN LA COSTA SUR DE GUATEMALA





### E. ZAPATAS.

Para el cálculo<sup>4</sup> de las zapatas para este puente, serán aisladas. Se disponen de ciertos datos que son:  
Variables derivadas del estudio de suelos (supuesto):

Capacidad carga del suelo,  $Qa = 4 \text{ ton/m}^2 \approx 832.41 \text{ lb/pie}^2$

Capacidad carga lateral o pasiva del suelo<sup>5</sup>,  $Qal = 5 \text{ ton/m}^2 \approx 1040.41 \text{ lb/pie}^2$

$Wutt = 1.50 \text{ ton/m}^3 \approx 95.14 \text{ lb/pie}^3$

$Hc = 2.00 \text{ m} \approx 6.56 \text{ pies}$ .

- Carga total de cada zapata ( $Cz$ ):  $Cz = 2 \times Pc \Rightarrow 2 \times 12,277.00 \text{ kg} \Rightarrow Cz = 24554.00 \text{ kg} \approx 54132.00 \text{ lb}$
- Presión de la tierra ( $Ptt$ ):  $Ptt = Wutt \times Hc \Rightarrow 95.14 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3} \times 6.56 \text{ ft} \Rightarrow 624.30 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^2}$
- Área de zapata requerida ( $Ar$ ):  $Ar = \frac{Cz}{Qa - Ptt} \Rightarrow \frac{54132.00 \text{ lb}}{832.41 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^2} - 624.30 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^2}} \Rightarrow 260.00 \text{ ft}^2 \approx 24.00 \text{ m}^2$

Si la zapata será rectangular, con proporción 2:1, las medidas quedarían así:

- Para el lado más pequeño ( $y$ ):  $y = \sqrt{\frac{Ar}{2}} \Rightarrow \sqrt{\frac{24.00 \text{ m}^2}{2}} \Rightarrow y = 3.46 \text{ m}$
- Para el lado más grande ( $x$ ):  $x = 2 \times y \Rightarrow 2 \times 3.46 \text{ m} \Rightarrow x = 6.92 \text{ m}$

Por lo tanto, la zapata será de 6.92m x 3.46m.

- Dirección de la cortante ( $d$ ):  $d = \frac{1}{6} \times x \Rightarrow \frac{1}{6} \times 6.92 \text{ m} \Rightarrow d = 1.15 \text{ m}$

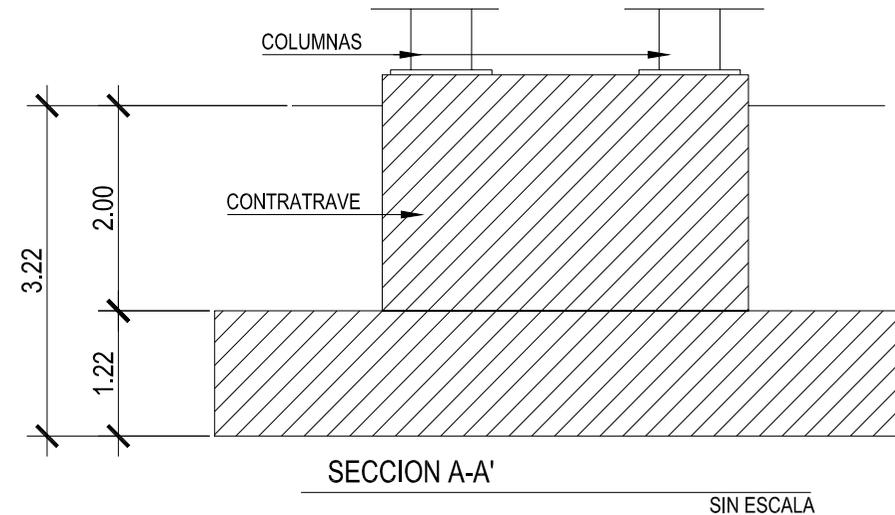
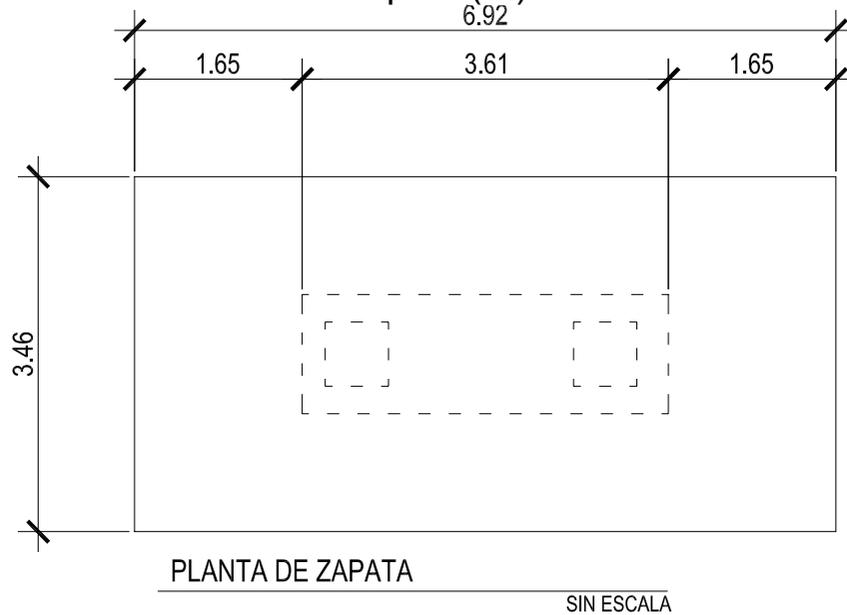
<sup>4</sup> *Diseño de estructuras de concreto*, Nilson, Arthur. Página 511.

<sup>5</sup> Esta capacidad lateral servirá como una variable en el transcurso del cálculo, para anular la componente horizontal de la tensión del cable principal.



## ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE PUENTES COLGANTES PEATONALES, EN LA COSTA SUR DE GUATEMALA

- Peralte final de la zapata ( $h_z$ ):  $h_z = d + 0.075 \Rightarrow 1.15m + 0.075m \Rightarrow h_z = 1.22m$



### F. ANCLAJE PRINCIPAL.

Serán dos anclajes, de manera que se usará la tensión  $T_m = 95594.00kg$  del cable, y el ángulo  $\theta$  de inclinación de llegada del cable, que es  $22^\circ$ . Se propone que las dimensiones de los anclajes sean las siguientes: Un largo de  $3.15m \approx 10.34ft$ , por un alto de  $3.15m \approx 10.34ft$ , y un ancho de  $3.00m \approx 9.84ft$ , por lo que su volumen es de  $29.77m^3 \approx 1050.00ft^3$ .

Esta estará a una profundidad de  $5.15m \approx 16.90ft$ , al nivel inferior del anclaje, por lo que serán  $2.00m$  de relleno de tierra, y tiene un volumen de  $18.90m^3 \approx 667.45ft^3$ .

Componentes de la tensión del cable:

- Componente vertical del cable:  $T_v = T_m \times (\text{sen}\theta) \Rightarrow 95594.00kg(\text{sen}22^\circ) \Rightarrow T_v = 35810.14kg \approx 78948.00lb$



## ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE PUENTES COLGANTES PEATONALES, EN LA COSTA SUR DE GUATEMALA

- Componente horizontal del cable:  $Th = Tm \times (\cos \theta) \Rightarrow 95594.00kg(\cos 22^\circ) \Rightarrow Th = 88633.21kg \approx 195403.00lb$
- Cálculo de la presión pasiva por teoría de Rankine ( $E$ )

$$E = \frac{1}{2} \times Wutt \times h^2 \times \frac{1 + (\text{sen} \theta)}{1 - (\text{sen} \theta)} \times a$$

$$E = \frac{1}{2} \times 95.14 \frac{lb}{pie^3} \times (16.90 pie)^2 \times \frac{1 + (\text{sen} 22^\circ)}{1 - (\text{sen} 22^\circ)} \times 9.84 pie \Rightarrow E = 293851.00lb$$

- Cálculo de ( $F$ )

Peso del concreto:  $W_1 = 1050.00 pie^3 \times 150.00 \frac{lb}{pie^3} = 157500.00lb$

Peso de la tierra:  $W_2 = 667.45 pie^3 \times 95.14 \frac{lb}{pie^3} = 63501.00lb$

Suma total:  $Wt = W_1 + W_2 \Rightarrow 157500.00lb + 63501.00lb \Rightarrow Wt = 293851.00lb$

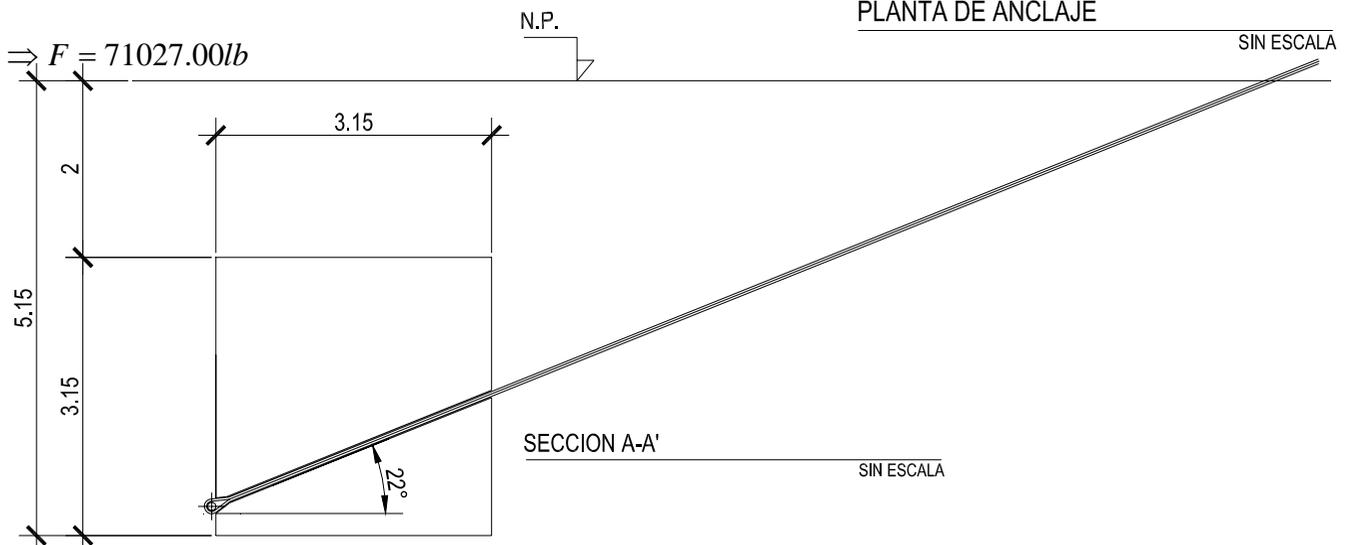
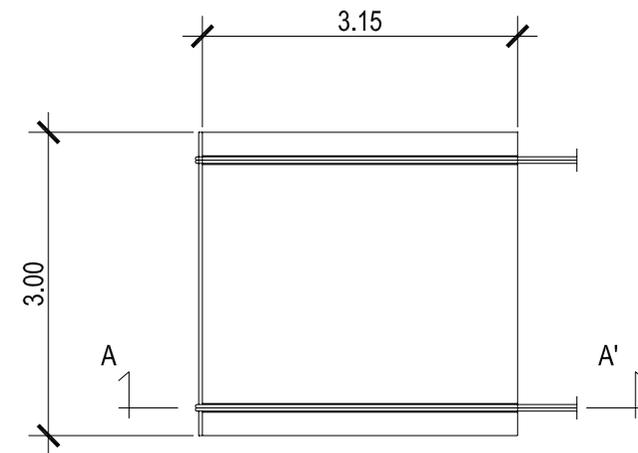
De donde....

$$F = U \times (Wt - Tv) \Rightarrow 0.5 \times (293851.00 - 78948.00lb) \Rightarrow F = 71027.00lb$$

- Chequeo de deslizamiento

$$\frac{E + F}{Th} \geq 1.5 \Rightarrow \frac{293851.00lb + 71027.00lb}{195403.00lb} \geq 1.50$$

$1.87 \geq 1.50 \rightarrow$  cumple...





**ANEXO 2:**

**MATRIZ DE EVALUACIÓN DE LOS CASOS ESTUDIADOS.**

A continuación se detalla la matriz con la que se evaluaron los puentes visitados (que se detallan en el Capítulo 4, *Fichas técnicas de casos análogos.*):

1. Tipo de puente:  Hamaca  Suspendido plataforma rígida

2. Nombre del puente:

3. Ubicación del puente:

4. Longitud horizontal:

5. Ancho útil del puente:

5. Flecha del puente:

7. Grosor del cable principal:

6. Grosor del cable secundario:

8. Datos de las tablas de paso:

Largo

Ancho

Grosor

9. Datos de las torres

Altura de las torres

Ancho

Grosor

10. Particularidades:



## GLOSARIO

**ABRASIÓN:** Se denomina abrasión (del lat. *abradere*, "raer") a la acción mecánica de rozamiento y desgaste que provoca la erosión de un material o tejido.

**ACCIONES:** Son complejas manifestaciones en las estructuras, compuestas por sistemas de cargas y deformaciones.

**AERODINÁMICA:** Parte de la mecánica que estudia el movimiento de los gases.

**ANCLAJES:** Son elementos macizos que sujetan el resto de la estructura para estabilizarla y afirmarla.

**ARRIOSTRAMIENTO:** son refuerzos diagonales que rigidizan un elemento estructural determinado.

**BARRAS DE OJO:** Son barras de acero, en cuyas orillas, hay terminaciones perforadas para unir con otras barras del mismo tipo mediante pines o pernos.

**CABLES:** Elemento estructural de escasa sección transversal y flexible de acero formado por alambres retorcidos en espiral para darle mas resistencia a la tensión.

**CAPACIDAD CARGA DEL SUELO:** Es la propiedad del suelo de aguantar una fuerza determinada sobre una medida de área.

**CARGAS:** Aplicación de fuerzas sobre una estructura determinada que puede afectarla de manera alguna.

**CATENARIA:** Curva funicular del cable cuando no se le aplica ninguna carga, por lo que esta sometido únicamente a su carga distribuida, como producto del peso propio del cable.

**CONTRAFUERTE:** Elemento estructura consistente en salientes de muro para fortalecerlo de cargas determinadas.

**CORROSIÓN:** Es el deterioro de un material metálico a consecuencia de un ataque electroquímico por su entorno, siempre que esté originada por oxidación, la velocidad a la que tiene lugar dependerá en alguna medida de la temperatura, la salinidad del fluido en contacto con el metal y las propiedades de los metales en cuestión.

**DEFORMACIONES:** Malformaciones en una estructura como resultado de fuerzas que afectan cuando su resistencia no es suficiente.



## ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE PUENTES COLGANTES PEATONALES, EN LA COSTA SUR DE GUATEMALA

**DESASTRE:** Situación social como resultado de un fenómeno de origen natural o provocado por la mano del hombre, que en condiciones propicias de vulnerabilidad, causa graves alteraciones en las condiciones normales de funcionamiento de la comunidad.

**DESBORDAMIENTO:** Subida del nivel del agua en un cuerpo de agua determinado (ya sean ríos, lagos, etc.) que causa cambios en su cauce.

**EJECUTOR AMBIENTAL:** Es la persona o institución encargada de ejecutar y materializar las medidas de mitigación ambiental.

**EPICENTRO:** Centro superficial del punto de origen de un fenómeno sísmico

**ESTRUCTURA FUNICULAR:** Son estructuras configuradas para soportar una carga determinada exclusivamente por fuerzas axiales de tracción, en la que si se cambia la aplicación de la carga, esta ajusta su forma a tal cambio.

**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL:** Es el documento en el que se dictamina las acciones de mitigación ambiental y económica de un área, actividad, contexto y entorno determinado en respuesta de algún impacto negativo.

**ESTUDIO DE SUELOS:** Es el documento en el que se dictamina las propiedades físicas y mecánicas de una muestra de suelo de un lugar determinado, que proporcionan información necesaria para el diseño de anclaje y cimentaciones de cualquier estructura que se apoye en dicho suelo.

**EXPROPIACIÓN:** Es la desposesión de una propiedad o poseedor por motivos de utilidad pública.

**FATIGA ESTRUCTURAL:** Deterioro causado por la agitación, molestias y trabajo excesivo sobre una estructura.

**FLECHA:** Distancia vertical, de la diferencia de alturas entre el amarre del cable (la parte mas alta), y la parte mas baja de la curva (ya sea catenaria o la que adopte según la aplicación de las cargas en el uso de la plataforma).

**INFRAESTRUCTURA TRANSPORTE:** Es el conjunto básico de caminos y de soporte vial para el desarrollo de cualquier actividad o funcionamiento necesario.

**LITORAL:** es la parte de un área que colinda con el mar.

**MALACATE:** torno, molinete, cabrestante.

**MÁSTIL:** Elemento estructural vertical que tensa elementos para mantener su verticalidad o forma.

**MITIGAR:** Aplacar, disminuir

**MODILLÓN:** Apoyo voluminoso sobre el cual, se erige una construcción.

**MONTAJE:** Instalar o armar las partes de una estructura cualquiera.

**OSCILAR:** Efectuar movimientos de vaivén.



## ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE PUENTES COLGANTES PEATONALES, EN LA COSTA SUR DE GUATEMALA

**PEÑA:** Es una colina o protuberancia rocosa, generalmente aislada de otras elevaciones de mayor altitud en relación a esta.

**PLATAFORMA:** Estructura del suelo o superficie de paso de un puente.

**POLIN:** Perfil de acero de cualquier tipo fundido con el anclaje, que sirve para el agarre final del cable de una estructura que sostiene.

**PUENTE:** Es una estructura construida para atravesar un río, un barranco, un camino, o algún otro obstáculo físico; diseñado para estar encima del objeto a superar.

**PUENTE COLGANTE:** Tipo de puente cuya cualidad principal es el uso de estructuras funiculares o de cables, mediante la suspensión de estos se logra instalar una superficie de paso para el tránsito de los usuarios.

**RIESGO:** Probabilidad de que ocurra un suceso, exceda un valor específico de daños sociales, ambientales y económicos, de un lugar definido y durante un tiempo de exposición determinado.

**RIGIDIZANTES:** Elementos que refuerzan y aseguran una estructura contra cargas directas resultantes.

**SISMO:** Terremoto, temblor de tierra. Sacudida de la corteza terrestre por procesos repentinos que se desarrollan en el interior de la misma.

**SUPERVISIÓN AMBIENTAL:** Es la supervisión encaminada controlar y constatar la calidad del cumplimiento de las medidas de mitigación ambiental.

**TRACCIÓN:** Acción de tirar de una cosa para moverla o arrastrarla.

**ZONAS DE AMORTIGUAMIENTO:** Área que por sus características sirve para minimizar el impacto de las fuerzas sobre el elemento en cuestión.



## BIBLIOGRAFÍA

---

### Libros

American Association of state highway and transportation officials. *Standard specifications for Highway Bridges. AASHTO*. Ed. American Association of state highway and transportation officials. 16ta. Edición. Washington D.C. 1996. 696 pp.

American Concrete Institute. *Reglamento para las construcciones de concreto estructural y comentarios ACI 318-95 y ACI 318R-95*. Ed. Instituto Mexicano del cemento y del concreto, A.C. México D.F. 1997. 349 pp.

American standards of testing materials. *1990 annual book of ASTM standards*. Section 1, Iron and steel products. Volume 01.04 steel- structural reinforcing, pressure, vessel railway. Ed. ASTM. Easton, Massachussets, Estados Unidos. 1990. 697 pp.

American standards of testing materials. *1990 annual book of ASTM standards*. Section 3, Construction. Volume 04.01 cement; lime; gypsum. Ed. ASTM. Easton, Massachussets, Estados Unidos. 1990. 686 pp.

Beer, Ferdinand P. *Mecánica vectorial para ingenieros*. Ed. McGraw Hill. 5ta. Edición. México D.F. 1990. 474 pp.

Bresler, Lin y Scalzzi. *Diseño de estructuras de acero*. Ed. Limusa-Wiley. México D.F. 1970. 926 pp.

Ching, Francis. *Diccionario visual de Arquitectura*. Ed. Gustavo Gilí (GG). Barcelona, España. 1997, 359 pp.

Deffis Caso, Armando. *Oficio de arquitectura*. Ed. Concepto. 4ta. Reimpresión, México D.F. Febrero de 1990. 190 pp.

Ed. Océano. *Biblioteca Atrium de la herrería*. Vol. III. Ed. Océano-Centrum. Edición 1996. Barcelona, España. 117 pp.

Dirección General de Caminos, Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda. *Especificaciones Generales para la Construcción de carreteras y puentes*. Guatemala, Septiembre del 2001. 932 pp.



## ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE PUENTES COLGANTES PEATONALES, EN LA COSTA SUR DE GUATEMALA

Frei, Otto. *Cubiertas colgantes*. Ed. Labor. Barcelona, España. 1958. 170 pp.

Merrit, Frederick. *Enciclopedia de la construcción*. Ed. Océano-Centrum. Barcelona, España. 1990. Vol. III 222 pp y Vol. II 456 pp.

Heinrich, Engel. *Sistemas de estructuras*.

Ortiz Gallo, Gabriel O. *Diseño estructural de casas de habitación*. Ed. McGraw Hill. México D.F. 1997. 200 pp.

Pérez Alama, Vicente. *Diseño y cálculo de estructuras en concreto reforzado*. Ed. Trillas. México D.F. Junio de 1999. 235 pp.

Piralla Melli. *Diseño estructural*. Ed. Limusa. 2da. Edición. México D.F. 2004. 596 pp.

Roig Duran, Joan. *Nuevos puentes*. Ed. Gustavo Gilí (GG). Barcelona, España. 1996. 192 pp.

Salvadori, Mario. *Estructuras para arquitectos*. Ed. La isla. 5ta. Edición. Buenos Aires, Argentina. Abril 1978. 374 pp.

Wells, Matthew. *Puentes*. Ed. H. Klickowski-Onlybook, S.L. 5ta. Madrid, España. 2002. 192 pp.

White, Richard. *Introducción a los conceptos de análisis y diseño*. Vol. I. Ed. Limusa. México D.F. 1980. 283 pp.

White, Richard – Gergely, Peter. *Structural engineering*. Edición combinada. Ed. John Wiley & Sons. Nueva York, Estados Unidos. 1976. 670 pp.

### **Tesis**

Meza Duarte, Raúl. *Consideraciones acerca del uso de puentes colgantes cortos en caminos de acceso*. Tesis Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala. 1969.

Quan M., Carlos Roberto. *Introducción al estudio de sistemas y métodos constructivos*. Tesis Facultad de Arquitectura. Universidad de San Carlos de Guatemala. 1980.



## ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE PUENTES COLGANTES PEATONALES, EN LA COSTA SUR DE GUATEMALA

Recancoj Mendoza, Juan Bruno. *Consideraciones de análisis y diseño estructural de pasos elevados para tuberías de conducción de agua por medio de puentes colgantes.* Tesis Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala. 1984.

### **Leyes y reglamentos**

*Constitución Política de la República de Guatemala.* Acuerdo Legislativo 18-93. Guatemala, 1997.

*Código Civil.* Decreto numero 106. Guatemala, 2003.

*Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente.* Decreto numero 68-86. Guatemala, .

*Reglamento sobre Estudios de Impacto Ambiental.* Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA). Julio de 1998, Guatemala.

*Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental.* Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. Enero del 2003, Guatemala.

*Reglamento sobre el Derecho de Vía de los Caminos Públicos y su relación con los Predios que lo atraviesan.* Junio de 1942, Guatemala.

*Trámite para la Adquisición de Derecho de Vía y Trámite de Expropiación Forzosa.* Departamento de Derecho de Vía. Dirección General de Caminos. (D.G.C.)

### **Folleto y Planos**

Armas R., Hugo. *Detalles constructivos en madera.* Facultad de Arquitectura. Universidad de San Carlos de Guatemala. Julio de 1992. 44 pp.

*Serie de planos de puentes colgantes tipo.* Departamento de Puentes. Dirección General de Caminos. Guatemala. Septiembre de 1974. 10 planos



## ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE PUENTES COLGANTES PEATONALES, EN LA COSTA SUR DE GUATEMALA

### **I n t e r n e t**

Enciclopedia Wikipedia en inglés: <http://en.wikipedia.org/wiki/Bridge>

Respaldo académico de arquitectura: [www.arquitectuba.com.ar](http://www.arquitectuba.com.ar)

Sitio Web del Arq. Santiago Calatrava: [www.calatrava.com](http://www.calatrava.com)

Sitio Web del Arq. Norman Foster: [www.fosterandpartners.com](http://www.fosterandpartners.com)

Sitio Web del Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrológica, INSIVUMEH: [www.insivumeh.gov.gt](http://www.insivumeh.gov.gt)

### **I n s t i t u c i o n e s**

Departamento Técnico de Planificación, Dirección General de Caminos (D.G.C.), Finca “La Aurora”, zona 13.

Departamento de Gestión Ambiental y Caminos, Dirección General de Caminos (D.G.C.), Finca “La Aurora”, zona 13.

Departamento de Derecho de Vía, Dirección General de Caminos (D.G.C.), Finca “La Aurora”, zona 13.

Dirección General de Gestión Ambiental, Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 20 Calle 28-58, Zona 10.