



**UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ**

**PROPUESTA PARA LA  
REHABILITACIÓN DE LA  
SUPERESTRUCTURA DEL PUENTE  
DE TOCUYITO.  
MUNICIPIO LIBERTADOR,  
ESTADO CARABOBO.**

**Autores:** Chirivella M. Julio A.  
C.I. 24.327.079.  
Fuenmayor C. Carlos M.  
C.I. 21.038.290.

Urb. Yuma II, calle No. 3. Municipio San Diego.  
Teléfono: (0241) 8714240 (máster) – Fax: (0241) 8712394



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**PROPUESTA PARA LA REHABILITACIÓN DE LA  
SUPERESTRUCTURA DEL PUENTE DE TOCUYITO.  
MUNICIPIO LIBERTADOR, ESTADO CARABOBO.**

**Trabajo Especial de grado presentado como requisito para optar al título de  
INGENIERO CIVIL**

**Autores:** Chirivella M. Julio A.  
CI: 24.327.079.  
Fuenmayor C. Carlos M.  
C.I: 21.038.209.  
**Tutor:** Ing. Fernando De Macedo

San Diego, Enero del 2018



Universidad José Antonio Páez  
Facultad de Ingeniería

---

**FI-CV-003-2018-1**

Valencia, 30 de Mayo de 2018

Ciudadanos:

**Chirivella Julio**

**C.I. 24.327.079**

**Fuenmayor Carlos**

**C.I. 21.038.290**

Presente.-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 1-2018 de fecha 30/05/2018 aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado **“PROPUESTA PARA LA REHABILITACIÓN DE LA SUPERESTRUCTURA DEL PUENTE DE TOCUYITO. MUNICIPIO LIBERTADOR, ESTADO CARABOBO.”** Presentado por usted(es) como requisito para optar al título de Ingeniero Civil.

Se ratifica la designación del Ing. Fernando De Macedo, C.I. 7.114.125 y la Ing. Alicia Yanez de Pizzella, C.I. 4.598.880 como Tutores Académicos que lo asesorarán en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,

**Prof. Zulay Salcedo**  
**Decana de la Facultad de Ingeniería**



c. c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (1).

ZS/fr

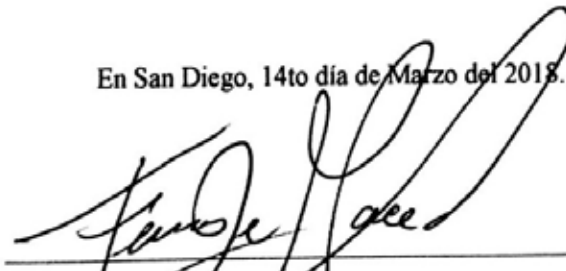


**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**ACEPTACIÓN DEL TUTOR**

**Quien suscribe, Ing. Fernando De Macedo** portador de la cedula de identidad N° 7.114.125 en mi carácter de tutor de trabajo de grado presentado por los ciudadanos Carlos Fuenmayor, portador de la cedula de identidad N° 21.038.290 y Julio Chirivella portador de la cedula de identidad N° 24.327.079, titulado **PROPUESTA PARA LA REHABILITACIÓN DE LA SUPERESTRUCTURA DEL PUENTE DE TOCUYITO. MUNICIPIO LIBERTADOR, ESTADO CARABOBO**; Presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Civil, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometidos a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, 14to día de Marzo del 2018.



---

**Ing. Fernando De Macedo.**  
C.I: 7.114.125



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

San Diego, Marzo de 2018

**ACTA DE REVISIÓN METODOLÓGICA DEL TRABAJO DE GRADO**

Quienes suscriben esta Acta, dejan constancia que el Proyecto de Trabajo de Grado: **“PROPUESTA PARA LA REHABILITACIÓN DE LA SUPERESTRUCTURA DEL PUENTE DE TOCUYITO. MUNICIPIO LIBERTADOR, ESTADO CARABOBO”**, ha sido revisado y, cumpliendo con los requisitos exigidos para su aprobación, recomiendan su tramitación ante el organismo académico correspondiente.

Ing. Fernando De Macedo.

Tutor Académico

Firma

Fecha

20/03/2018

Ing. Alicia de Pizzella

Tutor Metodológico

Firma

Fecha

14-3-2018

## **DEDICATORIA**

A:

Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

Mis padres Julio Chirivella y Vincenza Mega, por darme la vida, quererme mucho, creer en mí y porque siempre me apoyaron. Gracias por darme una carrera para mi futuro, todo esto se los debo a ustedes.

Mis abuelos Giovanni Mega (QEPD), Sarina Giurdanella, Luis Chirivella (QEPD) e Isabel Bencomo por quererme y apoyarme siempre, esto también se lo debo a ustedes.

Mis hermanos, Luis Chirivella y Valeria Chirivella, por estar conmigo y apoyarme siempre, los quiero mucho.

A mi novia Fernanda Escalona por estar siempre conmigo, por darme apoyo en todo momento y siempre animarme para seguir adelante.

Todos aquellos familiares y amigos que no recordé al momento de escribir esto. Ustedes saben quiénes son.

*Julio Chirivella*

## **DEDICATORIA**

Primeramente a DIOS por darme vida y salud para poder cumplir esta meta en mi vida, de igual forma, a mis padres, Félix Fuenmayor y Andreina Castillo los cuales fueron el pilar fundamental en este camino universitario. Gracias por su amor, apoyo incondicional, sus palabras de aliento y paciencia en el transcurso de todo el camino que me toco recorrer, sin ustedes no sería posible cumplir esta meta. Gracias Infinitas los Amo.

A mi ángel mi Abuelo Carlos Castillo Guerra, que no alcanzo a estar conmigo de manera física en la obtención de esta meta el cual partió de esta vida y aunque no estés entre nosotros sigues vivo en mis pensamientos y sobretodo en mis valores como persona, Te amo viejito.

A mi familia, hermanos, Alejandro Fuenmayor, Victoria Fuenmayor y Pamela Fuenmayor, a mis Abuelos Paternos, Miguel Fuenmayor y Josefa Muñoz, a mi Abuela Materna, Nacaryd de Castillo Tejada, a todos mis tíos y primos, este logro también es de ustedes.

Por último a mi novia, Sabrina Suarez parte fundamental de la obtención de esta meta, gracias a su apoyo incondicional, palabras de aliento y amor en todo momento.

*Carlos Fuenmayor*

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor. A mis padres, hermanos, familiares, amigos y novia.

A Alejandro Pocaterra por su gran apoyo y motivación para la culminación de mis estudios profesionales y para la elaboración de esta tesis.

A mis profesores, gracias por su tiempo, por su apoyo así como por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional.

*Julio Chirivella*

## **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente a DIOS por darme salud y vida durante toda la carrera, a mis padres, familiares y novia por su apoyo.

A la Universidad José Antonio Páez y aquellos profesores que de alguna u otra forma contribuyeron en mi formación académica y los que estuvieron relacionados con la realización del trabajo de grado, no solo en la parte profesional sino también en la parte humana.

*Carlos Fuenmayor*

## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	xii
<b>RESUMEN</b> .....	xv
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1

### CAPÍTULO

#### I EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema.....	4
1.2 Formulación del Problema.....	6
1.3 Objetivo de la Investigación.....	6
1.3.1 Objetivo General.....	6
1.3.2 Objetivos Específicos.....	6
1.4 Justificación de la Investigación.....	7
1.5 Alcance.....	7

#### II MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes.....	9
2.2 Bases Teóricas.....	11
2.2.1 Puentes.....	11
2.2.2 Tipos de Puentes.....	12
2.2.3 Partes de un Puente.....	16
2.2.4 Solicitaciones para Puentes.....	25
2.2.5 Estados Limites para Puentes.....	29
2.2.6 Enlaces.....	31
2.2.7 Evaluación de Obras Civiles.....	31
2.3 Definición de Terminas Básicos.....	39

### **III MARCO METODOLÓGICO**

3.1 Tipo de Investigación.....	42
3.2 Nivel de Investigación.....	43
3.3 Diseño de la Investigación.....	43
3.4 Población y Muestra.....	44
3.5 Técnicas e Instrumentos.....	44
3.6 Fases Metodológica.....	45

### **IV RESULTADOS**

4.1 Diagnosticar la situación actual que presenta la estructura del Puente de Tocuyito, municipio Libertador, en el estado Carabobo.....	47
4.2 Analizar la información recaudada y aplicar la solución más factible para la rehabilitación en cuanto a diseño.....	52
4.3 Desarrollar una propuesta de diseño para la rehabilitación del puente en base a los objetivos anteriores.....	60

<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>80</b>
--	-----------

<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>82</b>
--	-----------

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURAS	(Pp)
1 Puente Aporticado.....	13
2 Puente de Arco.....	14
3 Puente Colgante.....	15
4 Puente Atirantado.....	16
5 Puente de viga simplemente apoyado de un tramo.....	17
6 Partes de un Puente.....	18
7 Tablero de un Puente.....	20
8 Partes de un Puente tipo Viga.....	21
9 Estribos.....	22
10 Pilas en un Puente de Viga.....	22
11 Aparatos de Apoyo.....	24
12 Pedestales.....	26
13 Pilotes.....	26
14 Evaluación de Edificaciones Existentes.....	36
15 Grafica de límites de desempeño.....	37
16 Zona de Estudio.....	47
17 Vista de Planta del Puente en Estudio.....	48
18 Desgaste de las vigas principales por golpes del flujo vehicular pesado Puente de Tocuyito.....	48

<b>19</b>	Puente de Tocuyito.....	49
<b>20</b>	Sistema de drenaje deteriorado.....	49
<b>21</b>	Zona en Estudio Global Mapper.....	51
<b>22</b>	Curvas de Nivel de Puente en Estudio.....	52
<b>23</b>	Desgaste de Viga “1”.....	53
<b>24</b>	Desgaste de Viga “2”.....	53
<b>25</b>	Desgaste de Viga “3”.....	54
<b>26</b>	Desgaste de Viga “4”.....	54
<b>27</b>	Desgaste de Viga “5”.....	55
<b>28</b>	Vista de Vigas “5-15”.....	55
<b>29</b>	Deterioro de Tablero.....	55
<b>30</b>	Deterioro del Drenaje del Costado Este.....	55
<b>31</b>	Deterioro del Drenaje del Costado Oeste.....	56
<b>32</b>	Condiciones de las Barreras de Seguridad.....	56
<b>33</b>	Planilla de Evaluación de Edificaciones Existentes (Rellena).....	58
<b>34</b>	Gráfica de Límites de Desempeño de la Edificación (Rellena).....	59
<b>35</b>	Vista Lateral del Puente en Estudio.....	60
<b>36</b>	Agrietamiento y Oquedades en Vigas de Carga.....	61
<b>37</b>	Sección Transversal Original de la Viga.....	63
<b>38</b>	Proceso de Reparación de la Viga.....	63
<b>39</b>	Carga Variable o Viva.....	67
<b>40</b>	Detalle de Disposición del Acero de Refuerzo en Viga 1.....	69

<b>41</b>	Detalle de Configuración del Restante de Vigas a Reparar.....	69
<b>42</b>	Tabla SIDETUR: Distribución de Cabillas en Ancho de Viga.....	70
<b>43</b>	Armadura Inferior de la viga.....	70
<b>44</b>	Desgaste de las Vigas por efectos del Flujo Vehicular.....	71
<b>45</b>	Anclaje de la Viga.....	71
<b>46</b>	Pintura Loxon de Sherwin Willians.....	72
<b>47</b>	Pintura Inhibidores Wurth.....	72
<b>48</b>	Inyecciones de Epóxico.....	73
<b>49</b>	Sistema de Bombeo de Agua con Alta Presión.....	74
<b>50</b>	Sistema de Varillas de Desatoro.....	75
<b>51</b>	Tabla 47: Áreas máximas de proyección horizontal en metros cuadrados que pueden ser drenadas por bajantes de aguas de lluvia de diferentes diámetros para varias intensidades de lluvia.....	76
<b>52</b>	Rejilla de Brone de 6”.....	76
<b>53</b>	Disposición Final de Bajantes de 6” en el Puente.....	77
<b>54</b>	Tabla 48: Áreas máximas de proyección horizontal en metros cuadrados que pueden ser drenadas por ramales, conductos (excepto canales y bajantes) y por cloacas de drenaje de aguas de lluvia, instalados con varias pendientes y para intensidad de lluvia de 150mm/hora, duración de 10 minutos y frecuencia de 5 años.....	78
<b>55</b>	Detalle de Tanquilla.....	79
<b>56</b>	Vista de Planta de la Tanquilla y Detalle de Tapa de la Tanquilla.....	79



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**PROPUESTA PARA LA REHABILITACION DE LA  
SUPERESTRUCTURA DEL PUENTE DE TOCUYITO.  
MUNICIPIO LIBERTADOR, ESTADO CARABOBO.**

**Autores:** Chirivella M. Julio A.; Fuenmayor C. Carlos M.

**Tutor:** Ing. Fernando De Macedo

**Fecha:** Enero, 2018

**RESUMEN**

En el municipio Libertador, se sitúa el Puente de Tocuyito el cual se espera desarrollar una propuesta que rehabilite la superestructura actual. El estudio tuvo como objetivo general, proponer un mejoramiento de superestructura del puente de Tocuyito, municipio Libertador, Estado Carabobo. Metodológicamente es un estudio que corresponde al tipo de investigación de proyecto factible, bajo el diseño de campo no experimental, con un nivel de investigación descriptiva. Las técnicas de recolección de datos que fueron utilizadas en la presente investigación son la observación directa. Para mejorar la situación determinada, se diseña una propuesta con una intervención urbana para reparar y rehabilitar el puente en estudio, con el fin de mejorar el nivel de servicio que presta el mismo.

**Descriptor:** Proyecto Factible, Puente, Superestructura.

## INTRODUCCIÓN

Desde el inicio de los tiempos, el hombre ha tenido que trasladarse para lograr realizar sus actividades, y en la actualidad, la posibilidad de traslado es de vital importancia para desarrollar su día a día y lograr una calidad de vida óptima, ya sea por motivos económicos, de educación, salud, entre otros.

Para ello, las vías de comunicación juegan un papel importante para el desarrollo de las ciudades, ya que permite el progreso de las actividades que ayudan el crecimiento de las mismas, desde los entes estatales que rigen la economía del país, hasta los trabajadores de empresas grandes, medianas y pequeñas que intervienen en el día a día

La necesidad de comunicación y relaciones humanas ha conllevado desde épocas remotas a la construcción de caminos y vías con la finalidad de transportar personas, mercancías y materias primas para la comercialización.

Por lo tanto, estas deben ser proyectadas sobre la base de un estudio real de los requerimientos actuales y futuras del volumen vehicular, adaptarse a las condiciones geográficas del terreno y necesidades de crecimiento poblacional y planificación de los centros urbanos.

Los puentes son obras civiles que reúnen todas las características mencionadas, cumpliendo una función esencial y formando parte de un gran complejo vial en la mayoría de los casos. La Ingeniería de puentes comprende la planeación, diseño, construcción y mantenimiento de las estructuras que facilitan un acceso rápido y eficiente para los habitantes de una determinada zona que necesitan transportarse de un sector a otro. Teniendo en cuenta que, con el paso del tiempo, la acción gradual de los cambios climáticos y la intervención (voluntaria o no) de los seres vivos que interactuamos con construcciones como las vías, existe una tendencia al deterioro de las mismas, por lo que se ha hecho estrictamente necesario el mantenimiento periódico de tales obras civiles.

El Puente de Tocuyito del municipio Libertador, estado Carabobo, presenta varios síntomas de deterioro, que con el pasar de los tiempos puede generar una patología grave en la estructura.

El siguiente trabajo de grado se enfoca en un estudio de la situación estructural del Puente de Tocuyito del municipio Libertador, estado Carabobo, el cual arrojará un informe detallado sobre la situación patológica del puente en estudio, en virtud del estudio, se realizará una propuesta de rehabilitación, aplicando actividades correctivas y si es el caso modificaciones, para permitir que cada uno de los sistemas trabaje con un óptimo funcionamiento. También se debe tomar en cuenta que una vez realizadas las actividades necesarias, se requiere disponer de un plan de mantenimiento, para conservar todos los elementos del Puente.

El presente trabajo de grado está constituido por los capítulos que se mencionan a continuación:

El capítulo I se detalla el planteamiento del problema observado, objeto del estudio, con su respectiva formulación del problema. Así mismo se detallan los objetivos de la investigación, tanto el general como los específicos, que son lo que garantizarán el éxito de dicho trabajo, así como la justificación que sustenta el porqué de la investigación.

El capítulo II se expone el marco teórico, basado principalmente en una revisión bibliográfica previa, donde se estudian los antecedentes de la investigación relacionados con el tema esencial del presente trabajo, como también, las bases teóricas que se aplicaron a la misma. Posteriormente se procede a la definición de los términos básicos contenidos en la misma.

El capítulo III va referido al marco metodológico, donde se explica el tipo, nivel y diseño que tiene la investigación, así como la población y muestra que será evaluada y los instrumentos de recolección de datos que serán aplicados para obtener los resultados pertinentes que busca la investigación.

El capítulo IV va referido a los resultados, se presentará la ubicación del tramo en estudio, asimismo se presentará los antecedentes del tramo en estudio, por otra

parte, se mostrará un diagnóstico de la situación actual del sector y se encontrará la interpretación de las inspecciones realizadas a la estructura.

# CAPÍTULO I

## EL PROBLEMA

### 1.1 Planteamiento del Problema:

Con el transcurrir de los años las poblaciones han ido creciendo de tal manera que han desarrollado nuevas normativas para la integridad, seguridad y resguardo de la población con el diseño y construcción de edificaciones, vialidad, puentes, entre otros. Estas normativas han sido y serán siempre para evitar errores o fallas en edificaciones buscando siempre la perfección en cuanto la sustentabilidad y seguridad estructural, tanto física como sísmica por el efecto del ambiente.

Se han edificado majestuosos puentes alrededor del mundo en el transcurrir de los años, agrupándose como mega-estructuras dadas por su complejidad y magnitud, los cuales van desde puentes peatonales como el Millennium Bridge, ubicado en Londres sobre el río Támesis, uniendo la zona de Bankside con la ciudad de Londres, fabricado en acero. También existen los puentes de carga por donde transitan los vehículos particulares y camiones; en base a este último tenemos puentes como el Golden Gate ubicado en la bahía de San Francisco y el puente de Manhattan ubicado en Brooklyn, teniendo la particularidad de poseer dos canales de transitividad, también construidos en acero. Por otra parte, a nivel mundial, se encuentran también estructuras construidas en concreto armado en las cuales se tiene el puente de Sheikh Zayed Bridge ubicado en Abu Dhabi en los Emiratos Árabes Unidos.

A nivel nacional, se pueden encontrar puentes en todas las grandes vialidades del país, un ejemplo de ellos es el puente sobre el Lago de Maracaibo llamado Puente General Rafael Urdaneta, construido en el año 1962 en concreto armado y pretensado. Comenzó su construcción en 1957, teniendo una longitud de 8.678.90 metros, con un ancho de 19.40 metros, elaborado con 143 pilas, teniendo luces de 235 metros. También existe el puente Orinoquia, un puente mixto, construido de concreto armado con pretensado y de acero atirantado, ubicado sobre el Río Orinoco, fue

construido desde el 2001 hasta su inauguración en 2006, con una longitud 3156 metros, con un ancho de 24.70 metros elaborado, con 39 pilas y 388 pilotes. A nivel estatal hay numerosos puentes, entre los cuales se tiene el conocido coloquialmente como “puente del Ahorcado”, diseñado para el paso de un solo vehículo, ubicado en la autopista circunvalación sur Valencia-Campo de Carabobo, elaborado con la idea de encausar las agua pluviales, y que con el pasar de los años se empezó a desarrollar el urbanismo Los Caobos alrededor del puente, donde se le empezó a dar un mayor uso dándole entrada a una parte del urbanismo y también usándose como retorno para la autopista, en la cual, también se encuentra el puente de Tocuyito.

El puente de Tocuyito está ubicado en la autopista circunvalación sur Valencia-Campo de Carabobo. Cuando se empezó a construir, a mediados del siglo XX, se ubicó de tal manera que diera conexión directa con el casco central de Tocuyito. Desafortunadamente, en la actualidad, la falta de mantenimiento, hace notar un gran deterioro en la estructura.

Las intervenciones urbanas en ciudades con alto valor cultural y económico en un país, requieren un entendimiento más extenso del comportamiento vial y peatonal. Es muy común observar que aun cuando los núcleos urbanos se han ido desarrollando, las infraestructuras destinadas para el desarrollo del comercio y de transporte se han conservado.

La estructura presente en el puente, se encuentran definida en concreto armado tales son las partes siguiente: estribos de los muros, las vigas de Concreto Pretensado Prefabricadas, dispuestas en apoyos de forma simplemente apoyadas sobre los mismos estribos, con un tablero de 6 canales, 3 por sentido y una isla central, además cuenta con barandas vehiculares abiertas de concreto armado. Siendo estos los elementos a estudiar en la superestructura del puente caso estudio.

Es apreciable para la población flotante como para el que reside en el Municipio, notar visualmente el deterioro de la estructura, por diversos motivos entre los que destacan: florescencia y cascajos en las obras de concreto, oxidación de las piezas de acero, como de diversos accesorios urbanos. Asimismo presentan ciertos

agrietamientos y corrosiones en una gran parte de sus elementos estructurales, que están dando pasos a diversos tipos de fallas como la pérdida de sus espesores nominales, así como agrietamientos y desconche de los recubrimientos normativos de protección de concreto, y todo esto ante la mirada de quienes logran transitar por la zona.

Por lo tanto la evaluación del Puente de Tocuyito se haría considerando los criterios para su rehabilitación o recuperación de la estructura existente, el propósito del estudio de la estructura es la de la recuperación desde el punto de vista de mantenimiento, los cuales se estarían evaluando las condiciones actuales del acero y concreto.

Todo puente sea peatonal o vehicular, debe contar con unos parámetros mínimos de diseño en cuanto a su altura y distancia a los obstáculos. La presencia del flujo vehicular pesado y de gran altura ha desmejorado notablemente las condiciones del puente y la vialidad, dando como resultado una infraestructura que no parece cumplir con la demanda en cuanto a su concepción geométrica y su resistencia.

Cabe destacar también que la circulación peatonal en la zona se ve afectada, ya que es la única conexión existente que permite el paso peatonal de un sector a otro sin tener que atravesar la autopista.

## **1.2 Formulación del Problema**

¿Cómo mejorar la superestructura del puente de Tocuyito, Municipio Libertador, Estado Carabobo?

## **1.3 Objetivos de la Investigación**

### **1.3.1 Objetivo General**

Proponer una rehabilitación de la superestructura del puente de Tocuyito, Municipio Libertador, Estado Carabobo.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Diagnosticar la situación actual que presenta la estructura del Puente de Tocuyito, municipio Libertador, en el estado Carabobo.

- Analizar la información recaudada y aplicar la solución más factible en cuanto a diseño y economía.
- Desarrollar una propuesta de rehabilitación para el puente en base a los objetivos anteriores.

#### **1.4 Justificación de la Investigación**

El transporte y circulación de las ciudades es de vital importancia para el desarrollo de la misma y de sus habitantes, por lo que el mantenimiento óptimo de las vías es necesario para lograrlo.

La propuesta de rehabilitación del Puente de Tocuyito nace de la necesidad de brindar seguridad en cuanto a la integridad física por defectos de la estructura, a las personas que hacen uso del puente y además, dar solución al sistema vial en la entrada del casco histórico de Tocuyito, en el Municipio Libertador, Estado Carabobo. Aspectos como el desarrollo socioeconómico tienen un impacto directo, además de ser la entrada al casco central del Municipio Libertador, representa la unión entre el centro y el occidente del país.

Considerando la grave situación que presenta actualmente el puente de Tocuyito, demanda la urgente necesidad de emprender un diagnóstico del deterioro de las soldaduras, vigas, estado del acero, entre otros elementos estructurales, así como también estudios sobre las soluciones más factibles en los ámbitos de diseño y economía, siguiendo las normas de la ingeniería civil, para lograr una óptima rehabilitación de la estructura mencionada, con la intención de mejorar la vialidad de la zona y beneficiar a las personas que conviven día a día en el lugar.

En lo que respecta al ámbito económico, constructivamente representa un menor desafío el poder lograr un mejoramiento de lo existente, en vez de generar una pasarela o elevar el puente y construirlo nuevamente.

#### **1.5 Alcance**

Solventar las problemáticas existentes en la estructura deteriorada del Puente de Tocuyito, con el fin de mejorar la circulación peatonal y vehicular de una zona de alta

densidad poblacional como lo es Tocuyito. Además, dependiendo de la solución encontrada, se podrán hacer aportes viales alternos a la hora de la ejecución de la obra, los cuales podrán aportar muchos beneficios a la circulación del transporte de la zona.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes

En el trabajo de grado de Reinoso P. y Zambrano S. (2014) realizado en la Universidad de Cuenca, ubicada en Cuenca, Ecuador con el título **“Cálculo y diseño de la superestructura para el puente Naranjal que forma parte del proyecto control de inundaciones del río Naranjal”** para optar por el título de Ingeniero Civil; presenta el diseño completo de la superestructura de un puente sustentado sobre vigas de hormigón postensado, estudiando las condiciones en las que se requiere la implantación del mismo, y los métodos y procedimientos aplicables.

El crecimiento desmesurado del Río Naranjal en época invernal, produce graves inundaciones en las poblaciones cercanas. Por lo cual el Gobierno Nacional a través de “SENAGUA”, vio la necesidad de realizar el proyecto “Control de Inundaciones del Río Naranjal”, que pretende dividir el caudal, durante época decrecida, desviando parte del mismo por un canal de grandes proporciones. La magnitud del proyecto implica la ejecución de obras importantes de ingeniería, entre las cuales están puentes de grandes luces, los cuales requieren estudios particularizados de topografía, hidrología, geología, suelos, impacto ambiental, estudio estructural. La tesis se enfoca al diseño de la superestructura del “Puente Naranjal 1”, que se levanta sobre el canal de desvío. La luz que deberá salvar dicho puente es de 320 m, para lo cual se propone el diseño de vigas de hormigón postensado. El puente está conformado por 8 tramos de 40 m y con dos carriles de calzada de 7.20 m. Además, contempla veredas laterales de 1.20 m.

Es importante destacar que este trabajo de grado se sustenta bajo la necesidad de arreglar una problemática existente, en este caso pretende ser el diseño de una superestructura, la cual es uno de los objetivos principales del proyecto de tesis que aquí se presenta.

Por su parte, Lukaseswsky B. (2007), realizó una investigación titulada **“Manual**

**de procedimientos para el mantenimiento y prevención del Elevado Ziruma**”, de la Facultad de Ingeniería (escuela de ingeniería civil), en la Universidad Rafael Urdaneta, en la ciudad de Maracaibo, la cual tuvo como objetivo proponer un manual para el mantenimiento periódico del Elevado de Ziruma permitiéndole su preservación durante el tiempo, y también al ser estudiado con profundidad el elevado, fue evaluado cada uno de los elementos del puente, mediante un programa de inspecciones, cuya actividad debió ser realizada de forma organizada y sistemática, ya que, de ella dependió las recomendaciones para corregir los defectos, minimizando la posibilidad de pasar por alto algunas deficiencias, las cuales pudieron convertirse en daños severos si no hubiesen sido tratados a su debido tiempo, en este trabajo de grado se exponen tres tipos de investigación que son exploratoria, descriptiva y aplicada con un diseño no experimental-transeccional descriptivo.

Este trabajo de grado está íntimamente relacionado con el estudio de la situación actual del puente de Tocuyito, ya que, ofrecen un conjunto de información, métodos y herramientas que son fundamentales para el desarrollo de las variables y criterios a desglosar en el proceso de evaluación y diagnóstico de su estructura.

Por último, Yussara De Caires (2017), la cual realizó una investigación de grado Titulada **“Propuesta para el mejoramiento de la infraestructura del Puente de la Avenida Bolívar del Municipio Puerto Cabello, Estado Carabobo”**, de la Facultad de ingeniería (escuela de ingeniería civil) de la Universidad José Antonio Páez (UJAP) para optar por el Título de Ingeniero Civil, la cual tuvo como objetivo su enfoque en un estudio estructural del Puente de la avenida Bolívar del municipio Puerto Cabello, estado Carabobo, el cual arrojará un informe detallado sobre la situación patológica del puente en estudio, en virtud del estudio se realizará una propuesta de mejoramiento, aplicando actividades correctivas y si es el caso modificaciones, para desear que cada uno de los sistemas trabaje con un óptimo funcionamiento.

Es importante destacar que este trabajo de grado se sustenta bajo la necesidad de arreglar una problemática existente, en este caso pretende mejorar las vigas de la

superestructura del puente que se encuentran bastante deteriorada por las colisiones de vehículos pesados que transitan por la zona, la cual es uno de los principales objetivos del proyecto de tesis que se presenta.

## **2.2 Bases Teóricas**

En la presente investigación resulta importante una revisión documental sobre la teoría y conceptos requeridos para sustentar ampliamente la realización de esta propuesta y se detallan de esta manera:

### **2.2.1 Puentes**

Es una estructura construida con el fin de permitir a una vía de comunicación cruzar un obstáculo natural, como ríos, valles, lagos o brazos de mar, etcétera. o bien atravesar obstáculos artificiales, como vías férreas o carreteras, sin que existan problemas de mezcla de los tráficos de ambas. En su construcción, se deben cuidar muchos e importantes aspectos, tales como: estabilidad, resistencia al desplazamiento y a la rotura, entre otros.

El diseño de cada puente varía dependiendo de su función y la naturaleza del terreno sobre el que el puente es construido. El nombre de viaducto suele asignarse a un puente cuando sus dimensiones son desproporcionadas con respecto al obstáculo que salva; éstas vienen dadas por la necesidad de evitar pendientes grandes en la vía de comunicación; así, si el obstáculo es un río, el viaducto atraviesa el valle por cuyo fondo discurre aquél.

### **2.2.2 Tipos de Puentes**

Un puente es diseñado para trenes, tráfico automovilístico o peatonal, tuberías de gas o agua para su transporte o tráfico marítimo. En algunos casos puede haber restricciones en su uso. Por ejemplo, puede ser un puente en una autopista y estar prohibido para peatones y bicicletas, o un puente peatonal, posiblemente también para bicicletas. Entre los puentes de tráfico automovilístico, existen varios tipos principales de puentes y diferentes tipos de material de construcción lo cuales pueden ser:

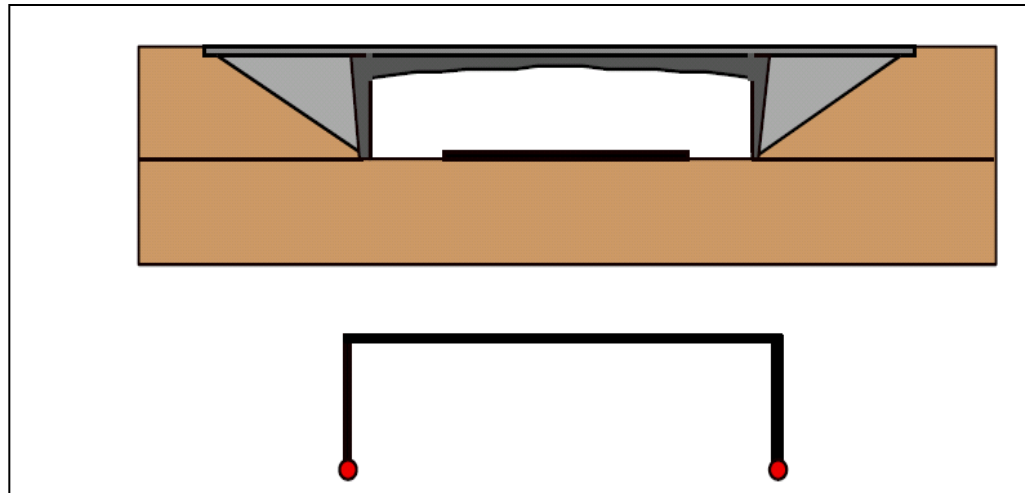
- Û Concreto armado o concreto comprimido y concreto pre comprimido (pretensado o postensado).
- Û Acero Estructural.
- Û Madera.
- Û Mixtos.

· **Puentes de Estructura Aporticada:** Son aquellos en los cuales la superestructura y la infraestructura están unidos rígidamente en los nodos a los efectos de flexión. Los pórticos pueden ser ejecutados en concreto armado, en acero y en concreto postensado. Para luces medias o grandes que sobrepasan los 30 metros deben ser de sección variable y preferiblemente postensados. Son especialmente aptos para pasos a dos niveles, (Ver Figura 1):

El Puente Trilatero Biarticulado constituye una estructura clásica de la época de la postguerra cuando comenzaron a dotarse las carreteras y autopistas con distribuidores de tránsito y pasos a dos niveles. También se difundió ampliamente como paso a dos niveles para ferrocarriles.

Generalmente por economía son de sección variable y requieren casi siempre estar articulados en los extremos inferiores de los pies del pórtico, a fin de no transmitir a la fundaciones momentos flectores. Hoy en día su tecnología resulta costosa en comparación con otros tipos de puentes.

· **Puentes tipo Arco:** La construcción del arco tiene su origen en la bóveda. Dada la alta resistencia a compresión de los materiales de construcción tales como la piedra, el ladrillo y modernamente el concreto armado, la forma del arco impide que se produzcan esfuerzos a tracción por estar trabajando las secciones a compresión, transmitiendo los empujes a los contrafuertes ver imagen a continuación (Ver Figura 2). Este tipo de puentes debe estar ubicado en suelos rocosos y muy estables.



**Figura 1:** Puente apuntariado, trilatero biarticulado.

**Fuente:** Manual de Puentes (p.9-13) por H. Paris, 1993, Venezuela.

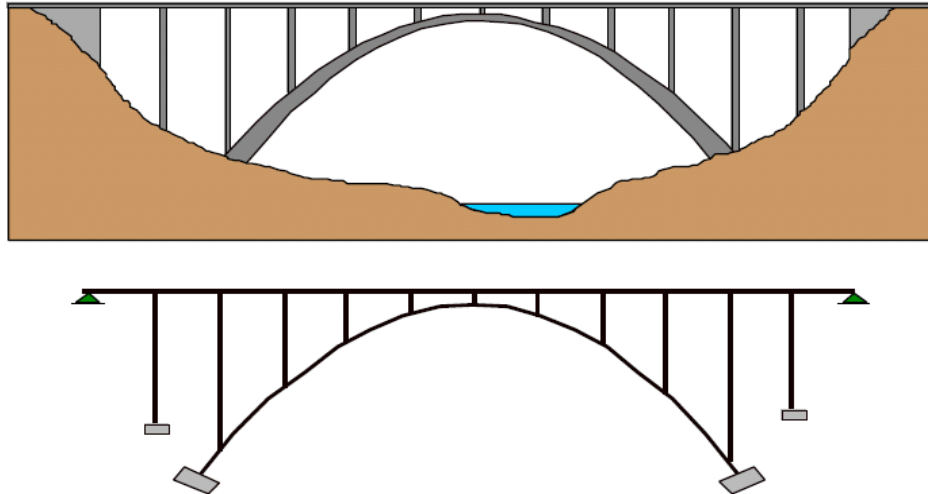
- **Puentes Reticulados:** Este tipo de puentes se compone de reticulados planos que a su vez están conformados por ensamblajes metálicos en forma triangular. De esta forma, este sistema se basa en celosías metálicas en las que se apoya el tablero de la estructura.

- **Puentes Colgantes:** Estos existen en forma primitiva en América desde la época a de los Incas. Modernamente este tipo de puentes está conformado por un tablero el cual cuelga de tirantes verticales, los cuales a su vez penden de los cables principales.

La tensión que se produce por el peso del puente suspendido se convierte en una fuerza vertical hacia abajo en las torres y en una tensión angular hacia arriba en los macizos de anclaje. La fundación en este tipo de puente se resume a dos elementos: Pilas e forma de torres y macizos de anclaje a tensión en los extremos como puede evidenciarse en la imagen a continuación, (Ver Figura 3):

Existe un elemento esencial para la estabilidad de la estructura que consiste en una viga longitudinal rigidizadora, la cual en general se conforma por una cercha larga, continua y esbelta, pudiendo ir por encima o por debajo de la calzada. En muchos puentes esta cercha se utiliza para alojar un segundo piso a la estructura, en

donde eventualmente ir una vía férrea. Si esta viga rigidizadora no es provista, la carga viva rodante tendera para ciertas posiciones de carga a formar una onda a lo largo de la calzada y los vientos laterales podrán causar oscilaciones muy peligrosas, provocando la caída de la estructura.

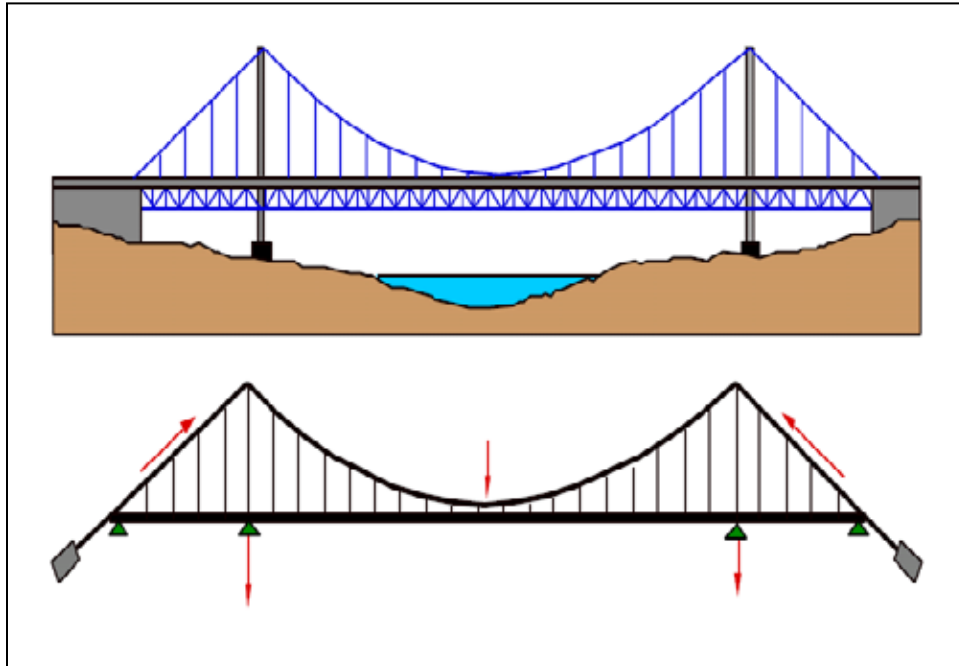


**Figura 2:** Puente de Arco.

**Fuente:** Manual de Puentes (p.9-17) por H. Paris, 1993, Venezuela.

· **Puentes Atirantados:** En los puentes de cables atirantados, numerosos haces inclinados de alambres de acero se hacen cargo en su calidad de tirantes, de la misma función ejercida por los cables portadores tendidos entre las pilas en los puentes colgantes y por los cables verticales que penden de los cables principales como se observa en la imagen. (Ver Figura 4):

Una ventaja que tiene este tipo de puente reside en que se puede lograr una gran esbeltez del tablero, el cual generalmente tiene la forma de viga cajón. Según la forma de colocación del cable atirantado, el tablero puede ir soportado con dos cables en los bordes externos o con un sólo cable central, siendo indispensable una gran rigidez a la torsión.



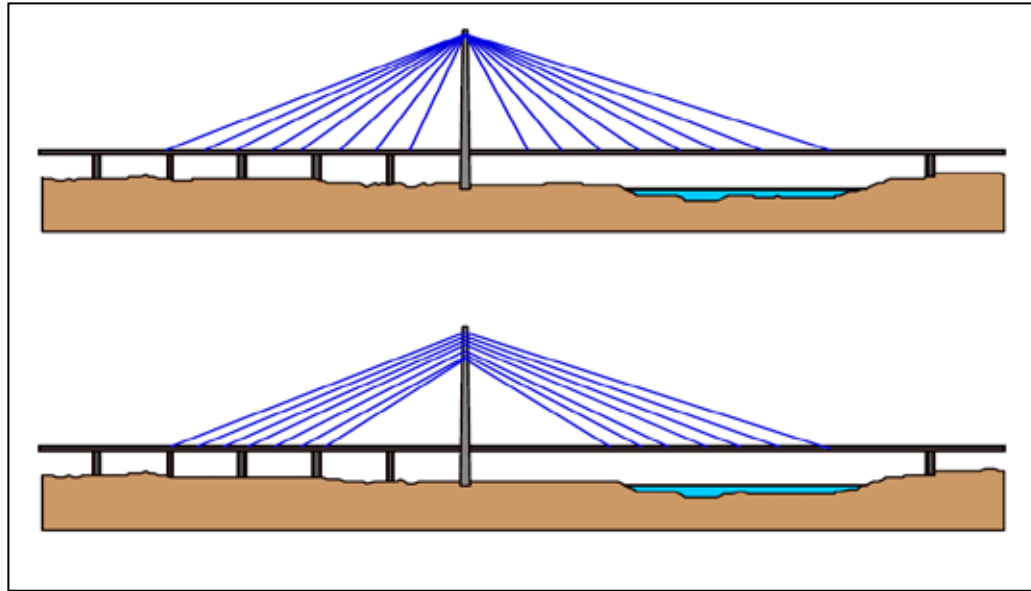
**Figura 3:** Puente Colgante.

**Fuente:** Manual de Puentes (p.9-23) por H. Paris, 1993, Venezuela.

Los cables se anclan en puntos de apoyo en la losa de calzada a distancias que oscilan entre 10 metros y 20 metros. Longitudinalmente los cables pueden colocarse en hileras en uno o dos niveles, lo cual exige una ejecución lo suficientemente rígida de la losa de calzada.

- **Puentes de Viga**

Son los puentes más comunes; se usan vigas estáticamente definidas, vigas simplemente apoyadas, vigas Gerber y vigas continuas. Se usan para tramos muy cortos, menor a 25m, es uno de los tipos más comunes de puente. Salvan las luces mediante vigas paralelas, generalmente de hierro o de hormigón pretensado, y sobre cuya ala superior está la superficie de rodadura (Ver figura 9).



**Figura 4:** Puente de Atirantado.

**Fuente:** Manual de Puentes (p.9-27) por H. Paris, 1993, Venezuela.

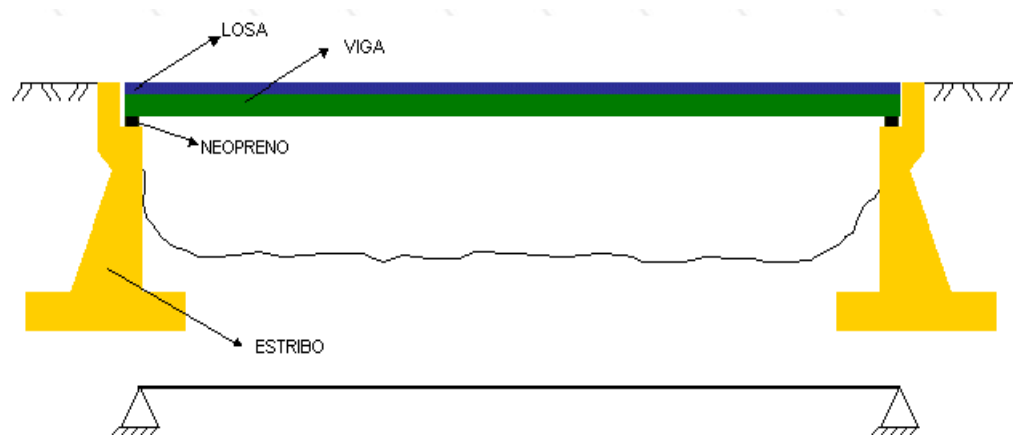
### 2.2.3 Partes de un Puente

Un puente está compuesto por la superestructura, subestructura e infraestructura.

- **Superestructura**

La superestructura o conjunto de los tramos que salvan los vanos situados entre los soportes; consiste en el tablero o parte que soporta directamente las cargas dinámicas (tráfico), y las armaduras constituidas por vigas, cables, o bóvedas y arcos que transmiten sus tensiones (cargas) a las pilas y los estribos; En la figura 1 se señalan las partes que conforman un puente. Las armaduras pueden ser, placas, vigas, entre otras; que transmiten las cargas mediante flexión o curvatura principalmente; cables, que las soportan por tensión; vigas de celosía, cuyos componentes las transmiten por tensión directa o por compresión; y, finalmente, arcos y armaduras rígidas que lo hacen por flexión y compresión a un tiempo. El tablero está compuesto por un piso de planchas, vigas longitudinales o largueros sobre los que se apoya el piso y vigas transversales que soportan a los largueros. En muchos puentes los

largueros descansan directamente en las pilas, o en los estribos. Otros modelos carecen de tales miembros y sólo las vigas transversales, muy unidas, soportan al tablero.

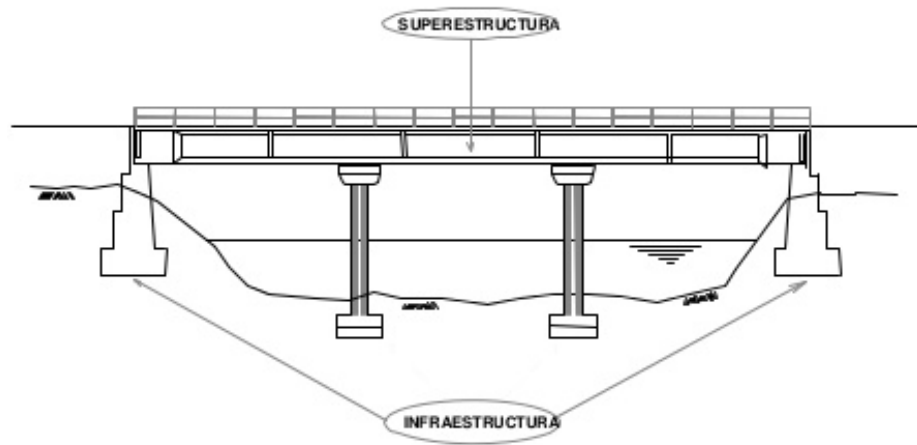


**Figura 5:** Puente de viga simplemente apoyado de un tramo

**Fuente:** Ingeniería de puentes: Análisis Estructural, Monleón S. (1997)

Los arrostramientos laterales van colocados entre las armaduras para unirlos y proporcionar la necesaria rigidez lateral. El arriostrado transmite también a estribos y pilas las tensiones producidas por las fuerzas laterales, como las debidas a los vientos, y las centrífugas, producidas por las cargas dinámicas que pasan por los puentes situados en curvas. En algunas ocasiones se utilizan chapas de refuerzo transversales o diafragmas para aumentar la rigidez de los largueros. Tales diafragmas mantienen la alineación de los largueros durante la construcción y tienden a equilibrar la distribución transversal de las cargas entre los mismos. Algunos puentes construidos de concreto armado no necesitan vientos ni diafragmas.

Constituida en términos generales por las vigas de puente, diafragmas, tablero, aceras, postes, pasamanos, capa de rodadura o durmientes, rieles, etc. Cada una de las partes de la superestructura de un puente se explica a continuación:



**Figura 6:** Partes de un puente

**Fuente:** Diseño de puentes, Cabrera E. (2004)

Ü **Tablero:** Es el componente, con o sin superficie de rodamiento, que soporta las cargas de rueda en forma directa y es soportado por otros componentes. En la mayoría de los casos, en los puentes definitivos se utiliza una losa de concreto como el primer elemento portante del tablero. En los puentes modernos de grandes luces, en lugar de la losa de concreto se está utilizando el denominado tablero ortotrópico que consiste en planchas de acero reforzado con rigidizadores sobre el que se coloca un material asfáltico de 2” como superficie de rodadura. El tablero ortotrópico de acero es mucho más caro que la losa de concreto, pero por su menor peso resulta conveniente en los puentes de grandes luces. Al disminuir el peso del tablero se mejora la capacidad sísmo resistente del puente.

Ü **Accesorios del tablero:**

Un puente forma parte de una facilidad de transporte y como tal, el tablero debe satisfacer los requisitos de funcionalidad que se establecen en las Normas y Especificaciones correspondientes; es por ello por lo que, por ejemplo,

en el tablero se deben colocar elementos accesorios como veredas, barandas, etc., que en general constituyen carga muerta adicional (Ver figura 7).

El número de carriles se diseña tomando la parte entera de la relación  $w/3,6$  siendo  $w$  el ancho de la calzada (m). Los anchos de la calzada entre 6 y 7,20 m (rurales) tendrán dos carriles de diseño, cada uno de ellos de ancho igual a la mitad del ancho de la calzada.

Asimismo, debe definirse el hombrillo como la porción contigua al carril que sirva de apoyo a los vehículos que se estacionan por emergencias. Su ancho varía: mínimo 0,6m en carreteras rurales menores, preferiblemente 1,8m, hasta al menos 3m en vías urbanas, ideal 3,6m en carreteras mayores.

Las aceras deben disponerse si es necesario y son únicamente de uso peatonal, están separadas de la calzada mediante una barrera (baranda), si se desea disponer de ciclo vía, dicha baranda debe ser de 1,4m de altura mínimo. El ancho mínimo de una acera en puentes es de 0,75m.

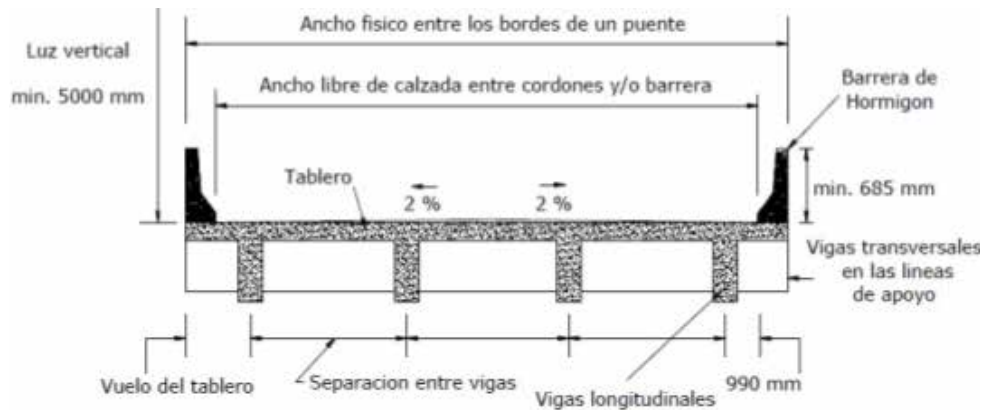
Ü **Miembros primarios:** Distribuyen las cargas longitudinalmente y son usualmente diseñados para resistir solicitaciones de flexión y corte.

Ü **Miembros secundarios:** Son miembros que arriostran los miembros primarios, diseñados para resistir las deformaciones transversales de los elementos de la superestructura y contribuyen a distribuir parte de la carga vertical entre los largueros. También son usados para mantener la estabilidad durante la construcción.

#### · **Subestructura**

Comprende todos aquellos elementos requeridos para soportar la superestructura. Está formada por los estribos o pilares extremos y las pilas o apoyos centrales. Estos son soportados por las fundaciones, que forman la base de ambos. (Ver figura 8). Los estribos van situados en los extremos del puente y sostienen los terraplenes que conducen a él; a veces son remplazados por pilares hincados que permiten el desplazamiento del suelo en su derredor. Las pilas son los apoyos intermedios de los puentes de dos o más tramos. En la mayoría de los casos, éstas se

encuentran por encima del terreno hasta una altura considerada, de aguas máximas en el caso de puentes sobre ríos, o máxima en pasos elevados. Estas pilas no son parte de la fundación, generalmente se encuentran apoyadas en pilotes.



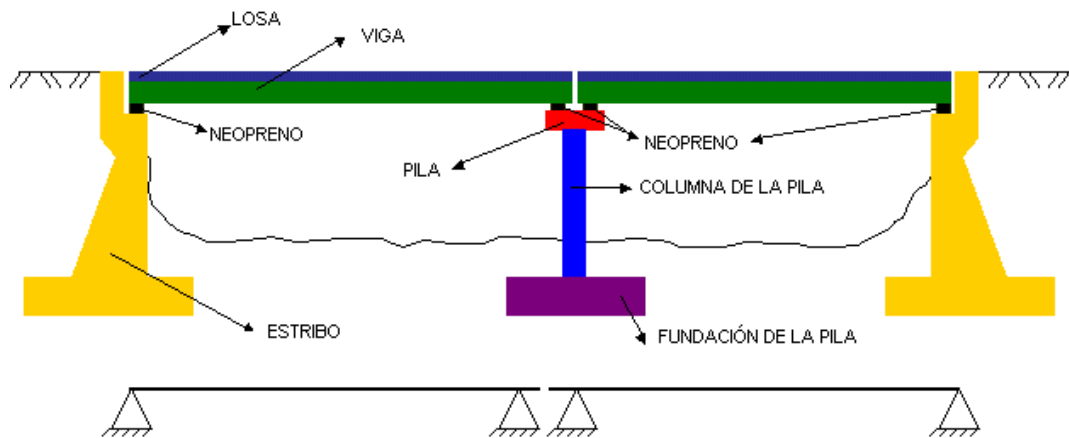
**Figura 7:** Tablero de un puente

Fuente: Puentes, Rodríguez A. (2016)

Los puentes de gran tamaño descansan generalmente sobre fundaciones de roca o tosca, aunque haya que buscarlos a más de 30 m bajo el nivel de las aguas. Cuando tales estratos están muy lejos de la superficie, es preciso utilizar pilotes de profundidad suficiente para asegurar que la carga admisible sea la adecuada. Para absorber los desplazamientos y rotaciones a los que están sometidas las vigas de la superestructura (debidas a cambios de temperatura, retracción, tráfico, sismos, entre otros) se colocan aparatos de apoyo, entre éstas y la parte superior de los estribos y pilas, transmitiendo las cargas de un elemento constructivo a otro. Generalmente se utilizan aparatos de apoyos de neopreno.

Ü **Estribos y cargaderos:** Son los que proveen soporte a la superestructura, establecen la conexión entre la superestructura y el terraplén, son diseñados para soportar la carga de la superestructura la cual es transmitida por medio de los elementos de apoyo, el peso de la losa de transición y las presiones del suelo

(empuje de tierras). Los estribos están conformados por una losa de fundación que transmite el peso de los estribos directamente al suelo, la losa sirve de cubierta para un sistema de pilotes que soportan la carga, el muro frontal, asiento del puente, los estribos también poseen juntas de dilatación o expansión que ajustan los desplazamientos de la superestructura.

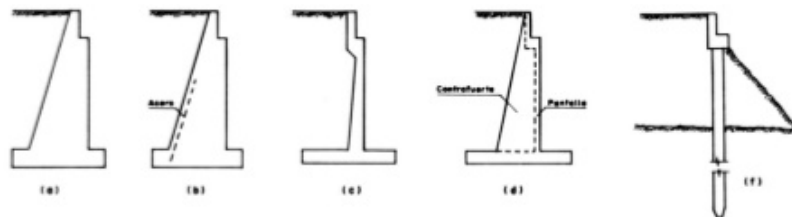


**Figura 8:** Partes de un puente tipo viga

Fuente: Ingeniería de puentes, Monleón S. (1997)

Entre los elementos que constituyen la subestructura se encuentran:

A diferencia de las pilas los estribos reciben además de la superestructura el empuje de las tierras de los terraplenes de acceso al puente, en consecuencia, trabajan también como muros de contención. Están constituidos por el coronamiento, la elevación y su fundación y con la característica de que normalmente llevan aleros tanto aguas arriba como abajo, para proteger el terraplén de acceso (Ver Figura 9).

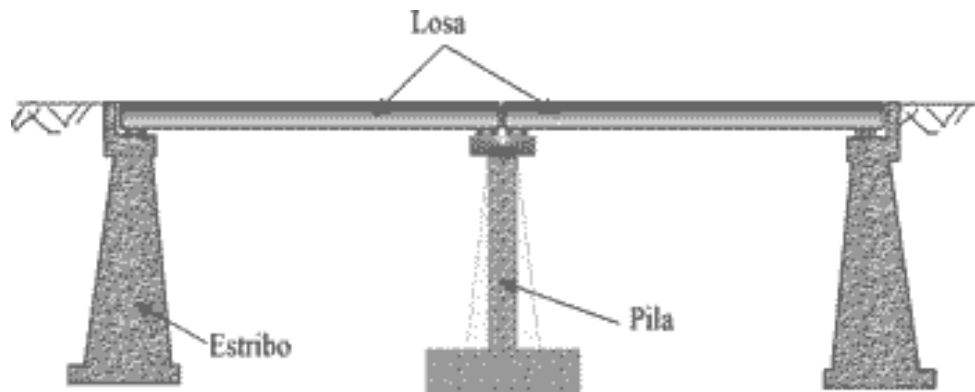


**Figura 9:** Estribos

Fuente: Manual de diseño de puentes, AASHTO (2010)

Ü **Pilas:** Las pilas se proyectan para resistir las cargas muertas y vivas superpuestas; las presiones del viento que actúen sobre la pila y la superestructura; las fuerzas debidas a la corriente del agua, al hielo y a cuerpos flotantes; así como las fuerzas longitudinales. Donde sea necesario, las pilas se protegerán contra los efectos de la abrasión recubriéndolas con granito, ladrillos vitrificados, madera u otros materiales de protección adecuados, hasta una altura y límites donde no puedan causar daño los hielos o cuerpos flotantes.

Las pilas no son más que estructuras que soportan la superestructura en puntos intermedios (entre los estribos). (Ver figura 10)



**Figura 10:** Pilas en un puente de viga

**Fuente:** Puentes, Monterola J. (2006)

Ü **Aparatos de Apoyo:** Son sistemas mecánicos que transmiten las cargas verticales y horizontales de la superestructura a la subestructura. Existe una gran variedad de aparatos de apoyo, pueden ser de expansión y fijos.

Todas las estructuras son objetos de sollicitaciones y de movimientos que varían en el espacio y en el tiempo algunos de los cuales dependen de las características propias de los materiales usados. El rol de un aparato de apoyo, colocado en la unión entre una estructura y su soporte, es permitir dentro de ciertos límites y bajo ciertas condiciones:

- La transmisión de esfuerzos.
- La libertad de los desplazamientos y rotaciones al mismo tiempo que garantizar la estabilidad de conjunto.

También nos sirven para transmitir a la infraestructura las reacciones verticales y horizontales producidas por las diferentes acciones y solicitaciones. Debiendo responder lo más fielmente posible a las condiciones de vinculación establecidas en las hipótesis de cálculo. En función de la magnitud de las luces de los vanos y de los materiales se emplean apoyos desde simples chapa sobre chapa metálica hasta complicados y sofisticados aparatos de apoyo. Pueden ser clasificados de la siguiente manera:

- a) Fijos, que permiten rotación, pero no desplazamiento.
- b) Móviles, que permiten desplazamiento y rotación.

**Mixtos**, constituidos por placas de plomo o similares o mejor los apoyos de goma llamados de neopreno y los más modernos denominados de neoflón de gran aplicación en la actualidad por las múltiples ventajas que ofrecen con relación a otras soluciones.

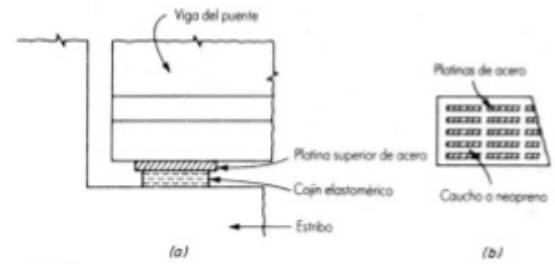
Los aparatos de apoyo pueden ser solucionados en formas diversas y ello es función de la longitud de los puentes o más propiamente de la magnitud de las reacciones transmitidas, así como del material de la parte de la superestructura que transmite la carga a los aparatos de apoyo.

Lo propio en cuanto a la definición de apoyo fijo o móvil que en el caso de tramos simplemente apoyados resulta sencilla su definición porque a un lado va el fijo y al otro extremo el móvil, sin embargo, en correspondencia con la pila o el estribo habrá que analizarse la influencia de la componente horizontal que transmite el apoyo fijo, por ello en tramos simplemente apoyados conviene introducir apoyos mixtos que prorratan la componente horizontal entre sus dos extremos (Ver figura 11).

ü **Pedestal:** Es una columna corta sobre un estribo, pilar o sobre un apoyo el cual soporta directamente a un miembro principal de la superestructura.

Como puede verse en la figura 12, la viga de ala ancha está fijada al apoyo y este a su vez está fijada a un pedestal.

Ü **Espaldón:** Componente primario del estribo, actúa como estructura de contención en los accesos. Es un muro de retención, a veces llamado vástago, Es el componente principal del estribo que actúa como una estructura de retención en cada acceso.



**Figura 11:** Aparatos de Apoyo

**Fuente:** Diseño de puentes, Cabrera E. (2004)

Ü **Muro de Retorno:** También llamados muros de ala; es una pared lateral del muro de retención o vástago diseñado para ayudar a limitar el suelo detrás del estribo. En muchas estructuras, los muros de ala son diseñados muy conservadoramente, el cuál resultar ser una pared grande en muchos puentes.

#### · **Infraestructura**

La infraestructura de un puente está definida por los cimientos, conformado por zapatas y pilotes, formando la base del mismo.

Ü **Zapata:** Tiene como función transmitir las cargas de la subestructura al terreno o los pilotes. Si transmite las cargas directamente al suelo es zapata y si van a los pilotes se conocen como encepado.

Ü **Pilotes:** Son elementos estructurales de la cimentación del puente utilizados cuando el terreno bajo la zapata no proporciona el soporte adecuado en

términos de capacidad, estabilidad y asentamiento. Cuando los apoyos transfieren las cargas de la superestructura a la subestructura, a la vez el estribo y el pilar de cimentación transfiere las cargas a la subestructura al subsuelo o los pilotes. La cimentación soportada por el suelo sin pilotes es llamado cimiento ensanchado. Cuando El suelo bajo una cimentación no puede proporcionar el adecuado soporte para la Subestructura-Pilas (en términos de capacidad de apoyo, la estabilidad en conjunto, o asentamiento), el soporte es obtenido mediante el uso de pilotes. El cual se extiende por debajo de la cimentación a una capa de suelo más fuerte o a lecho de roca. Hay una variedad o tipos de pilotes que van de concreto, que es lanzado en su lugar o prefabricado, a secciones H de acero conducidos a roca de sonido (Ver figura 13).

#### **2.2.4 Solicitaciones para puentes carreteros**

- **Solicitaciones Geométricas**

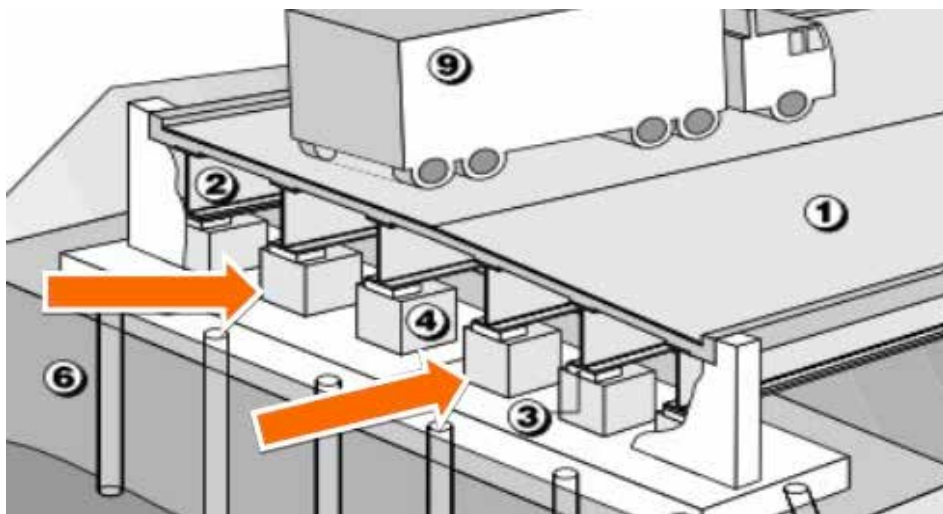
##### **Espaciamiento entre Pilas, Orientación y Tipo.**

Las pilas de un puente deben ubicarse de acuerdo con los requerimientos de la navegación y de manera que produzcan la mínima obstrucción a la corriente. En general, deben colocarse paralelamente a la dirección de la misma en épocas de avenidas. Asimismo, para dar paso a los materiales de arrastre y a los hielos, los claros del puente y el espacio libre vertical deberán tener la amplitud adecuada, de acuerdo con el tipo de pila y, en caso necesario emplear desviadores de materiales de arrastre.

##### **Ancho de Calzadas y Banquetas**

El ancho de la calzada será el ancho libre entre las partes inferiores del brocal, medido normalmente al eje longitudinal del puente. Si no existen brocales, el ancho libre será la distancia mínima entre las caras interiores del parapeto del puente. El ancho de la acera será el ancho libre entre la cara interior del parapeto y la parte externa del brocal medido normalmente al eje longitudinal del puente, salvo que exista una armadura, trabe o parapeto adyacente al brocal, en cuyo caso, el ancho se

medirá hasta la orilla exterior de la acera. La cara del brocal se define como el parámetro interior, vertical o inclinado del propio brocal. Las dimensiones horizontales del ancho de la calzada y del brocal se toman desde la base, o desde la base del paño inferior, si se trata de brocales escalonados. El ancho máximo de los brocales redondeadas será de 0.23 m.



**Figura 12:** Pedestales

**Fuente:** Diseño de puentes, Álvarez, P. e Icaza, M. (2012)

En los tramos de acceso con brocales y cuneta, ya sea en uno o en ambos extremos del puente, la altura del brocal del puente debe coincidir con el de acceso, o ser, preferentemente, mayor. Cuando no se asignen brocales en el acceso, la altura del brocal en el puente no será menor de 0.20 m y de preferencia no mayor de 0.25 m. Cuando se requieran aceras para el tránsito de peatones en las vías rápidas urbanas, deberán aislarse de la calzada del puente por medio de parapetos.

### **Instalaciones Destinadas a Servicios Públicos**

Cuando así se requiera, se tomarán las precauciones necesarias para alojar a las bases y los postes para los cables de los troles o del alumbrado, así como los ductos para el agua, cables de electricidad, teléfono, gas o drenaje.



**Figura 13:** Pilotes

**Fuente:** Elementos de puentes, Cayambe J. y Córdova G. (2012)

· **Solicitud de Cargas en puentes**

Las estructuras se proyectarán considerando las siguientes cargas y fuerzas cuando existan:

- Ü Carga muerta
- Ü Carga viva
- Ü Impacto o efecto dinámico de la carga viva
- Ü Cargas por viento
- Ü Otras fuerzas, cuando existan, tales como:
  - Ü Fuerzas longitudinales.
  - Ü Fuerza centrífuga.
  - Ü Fuerzas por cambios de temperatura.
  - Ü Empujes de tierra.
  - Ü Sub presión.
  - Ü Esfuerzos por contracción del concreto.
  - Ü Esfuerzos de erección.

Ü Presión de la corriente de agua.

Ü Esfuerzos por sismo.

Los miembros del puente se proyectarán tomando en cuenta los esfuerzos permisibles y las limitaciones del material empleado de acuerdo con las especificaciones AASHTO. En la hoja para cálculo de esfuerzos se incluirá un diagrama o notas sobre las cargas consideradas y por separado se indicarán los esfuerzos debidos a las diferentes cargas. Cuando las condiciones del proyecto así lo requieran, se registrará el orden sucesivo de los vaciados de concreto en los planos o bien en las especificaciones complementarias.

### **Carga Muerta o Permanente**

La carga muerta o permanente estará constituida por el peso propio de la estructura ya terminada, incluyendo la carpeta asfáltica, aceras, parapetos, tuberías, conductos, cables y demás instalaciones para servicios públicos. Cuando al construir el puente se coloque sobre la carpeta una capa adicional para desgaste, o cuando se piense ponerla en el futuro, deberá tomarse en cuenta al calcular la carga muerta.

### **Carga Viva o Variable**

La carga viva o variable consistirá en el peso de la carga móvil aplicada, correspondiente al peso de los camiones, automóviles y peatones.

### **Impacto**

No se trata en sí de una carga actuante. Es un coeficiente de mayoración que tiene en cuenta los efectos dinámicos de las cargas de tránsito.

### **Viento**

Se trata de una acción secundaria que actúa en sentido transversal al eje del puente. Se considera como una presión con distintas intensidades y aplicada en distintas superficies según se considere el puente descargado o cargado.

### **Fuerzas Longitudinales**

Deberá considerarse el efecto de una fuerza longitudinal del 5% de la carga viva en todos los carriles destinados al tránsito en una misma dirección. En aquellos

puentes donde se considere puedan llegar a ser en el futuro de una sola dirección, deberán considerarse cargados todos sus carriles.

### **2.2.5 Estados Límites Para Puentes**

Un elemento estructural debe satisfacer diferentes estados límites, los mismos que definen condiciones que se quiere que una estructura satisfaga.

La norma AASHO LRFD indica que para el diseño de puentes se debe considerar los siguientes estados límites:

#### **- Estado Límite de Servicio:**

Se considera como las restricciones impuestas a las tensiones, deformaciones y anchos de fisura bajo condiciones de servicio regular. Las combinaciones de carga de este estado límite son:

- Servicio I - Combinación de cargas que representa la operación normal del puente con un viento de 90 km/h, tomando todas las cargas a sus valores nominales. También se relaciona con el control de las deflexiones de las estructuras metálicas enterradas, revestimientos de túneles y tuberías termoplásticas y con el control del ancho de fisuración de las estructuras de hormigón armado. Esta combinación de cargas también se debería utilizar para investigar la estabilidad de taludes.
- Servicio II - Combinación de cargas cuya intención es controlar la fluencia de las estructuras de acero y el resbalamiento que provoca la sobrecarga vehicular en las conexiones de resbalamiento crítico.
- Servicio III- Combinación de cargas relacionada exclusivamente con la tracción en superestructuras de hormigón pretensado, cuyo objetivo es controlar la fisuración.

#### **- Estado Límite de Fatiga y Fractura:**

El estado límite de fatiga se debe considerar como restricciones impuestas al rango de tensiones que se da como resultado de un único camión de diseño

ocurriendo el número anticipado de ciclos del rango de tensión. El estado límite de fractura se debe considerar como un conjunto de requisitos sobre resistencia de materiales de las Especificaciones sobre Materiales de AASHTO. La combinación de este estado límite es:

- Fatiga: Combinación de cargas de fatiga y fractura que se relacionan con la sobrecarga gravitatoria vehicular repetitiva y las respuestas dinámicas bajo un único camión de diseño con la separación entre ejes.

**- Estado límite de Resistencia:**

Se debe considerar este estado límite para garantizar que se provee resistencia y estabilidad, tanto local como global, para resistir las combinaciones de cargas estadísticamente significativas especificadas que se anticipa que el puente experimentará durante su periodo de diseño. Las combinaciones para este estado son:

- Resistencia I – Combinación de cargas básica que representa el uso vehicular normal del puente, sin viento.
- Resistencia II – Combinación de cargas que representa el uso del puente por parte de vehículos de diseño especiales especificados por el propietario, vehículos de circulación restringida, o ambos, sin viento.
- Resistencia III – Combinación de cargas que representa el puente expuesto a vientos de velocidades superiores a 90 km/h.
- Resistencia IV – Combinación de cargas que representa relaciones muy elevadas entre las solicitaciones provocadas por cargas permanentes y provocadas por las sobrecargas.
- Resistencia V – Combinación de cargas que representa el uso del puente por parte de vehículos normales con una velocidad de viento de 90 km/h.

**- Estados Límites correspondientes a Eventos Extremos:**

Se debe considerar este estado límite para garantizar la supervivencia estructural de un puente durante una inundación o sismo significativo, o cuando es

embestido por una embarcación, un vehículo o un flujo de hielo, posiblemente en condiciones socavadas. Las combinaciones de carga para este estado límite son:

- Evento Extremo I - Combinación de carga que incluye sismos.
- Evento Extremo II – Combinación de carga que incluye carga de hielo, colisión de embarcaciones y vehículos, y ciertos eventos hidráulicos con una sobrecarga reducida diferente a la que forma parte de la carga de colisión de vehículos.

### **2.2.6 Enlaces**

Los enlaces son conexiones entre diferentes vías a distinto nivel. Para materializar este tipo de soluciones, es imprescindible la construcción de estructuras auxiliares que permitan el paso a desnivel de las distintas vías, así como también, usar las existentes si es necesario. Los más usados son puentes o pasos subterráneos. La homogeneidad de soluciones dentro un mismo itinerario es uno de los aspectos a cuidar, muchas veces la mayor dificultad de los enlaces es hacerlos de fácil interpretación para los usuarios, siempre dentro de la variedad de situación que pueden presentarse a lo largo de dicho recorrido. Por último, reseñar que zonas urbanas, el aspecto estético y de adaptación al entorno es uno de los factores que condiciona la forma y el tipo de enlace adoptado como solución final.

Existen varios tipos de enlaces, mejor conocidos como ramales de enlaces que no son más que cada uno de los tramos que interconectan dos vías, conduciendo los movimientos de los vehículos entre ambas. En función de cómo se produce dicho enlace, se distinguen tres tipos de ramales.

### **2.2.7 Evaluación de obras civiles**

La evaluación de obras civiles es un proceso que se ejecuta a pedido del dueño de la edificación, de las instituciones de vialidad, edificaciones, obras hidráulicas y sanitarias, eléctricas cumpliendo con programas de mantenimiento o después de la ocurrencia de un evento. Se divide en Primaria, Detallada o Secundaria y Proyecto de Rehabilitación.

## **Evaluación Primaria**

Está compuesta por un informe cualitativo de la obra, donde se llena una planilla estándar diseñada por el consultor siguiendo las normativas nacionales COVENIN o internacionales tipo AASHTO, ACI, ASTM o ATC correspondientes al tipo de obra

Existe una planilla de la evaluación primaria que debe contemplar las condiciones normales de la obra al momento de la evaluación, materiales, componentes, daños, estado de mantenimiento, operatividad, para obras esenciales se deben tener otras especificaciones para evaluación preventiva. También la planilla varía si se elabora después de la ocurrencia de un evento ya que según el tipo de este, se deben revisar velocidades de viento y chequear con valores normalizados, valores pluviométricos si son lluvias o inundaciones con valores históricos, aforos si son crecientes, aceleraciones si son terremotos, valores de daños para incendios o deslaves y agrietamientos.

Las planillas de evaluación primaria permiten determinar el estado real de las obras dentro de sus condiciones locales, ambientales, de carga, para así determinar un Índice de Vulnerabilidad de la estructura para sus condiciones actuales de servicio, que reúna el carácter estático de los daños si existen y el aspecto dinámico de los factores externos actuantes. Es importante recordar que no existen obras aisladas sino en relación dinámica con otros elementos de un ambiente condicionante. A continuación se añade un ejemplo de planillas diseñadas de realizar una evaluación primaria en edificaciones.

Normalmente los métodos de evaluación son del tipo cualitativo (cantidad del deterioro) y cuantitativo (gravedad del deterioro) que permiten de una manera clara, simple y ordenada encarar el problema de evaluar una obra en su condición de uso por simple inspección ocular, ayudado con la instrumentación necesaria, generar tres índices que interpretan el estado de deterioro de la estructura en interrelación con el ambiente condicionante y son los siguientes:

- **Índice de Daños (ID):** es el daño existente en los elementos de la obra por los factores estáticos en el momento de hacer la inspección evaluativa.

- **Índice de Severidad (IS):** es la acción de los agentes exteriores que causan los daños sobre los elementos de la estructura, representa los factores dinámicos de la evaluación.

- **Índice de Vulnerabilidad (IV):** es el nivel de pérdida de uno o de varios elementos estructurales esenciales de la obra al ser sometidos al riesgo de un evento, representa la combinación de los índices de daños y de severidad formando un par ordenado que interpreta la realidad física de la obra, pudiéndose representar por un número porcentual único para cada estructura.

En los puentes para la evaluación de los aspectos de cantidad de deterioro se utiliza notación en números y para gravedad de deterioro se toma notación de letras, estos dos aspectos con sus notaciones se pueden combinar con una matriz de orden de 3 x 3 que se señala a continuación, cuyos elementos simbólicos reúnen en si las dimensiones de la observación, generan la apreciación del grado de deterioro de la estructura y entre paréntesis la categoría de deterioro.(Ver Figura 14).

- **Categoría I de deterioro:** Corresponde al estado de un puente que se encuentra en buenas condiciones, no precisa de reparación, pero si de un plan de mantenimiento integral.

- **Categoría II de deterioro:** Corresponde al estado de un puente que presenta daños que ameritan reparación que no es urgente, además de un plan de mantenimiento integral. Necesitan de practicarles una evaluación comprobatoria para dilucidar y establecer de manera definitiva el alcance de la importancia de los daños y hacer las recomendaciones pertinentes, de confirmarse la valuación especial se efectuaran oportunamente las necesarias reparaciones de la obra.

- **Categoría III de deterioro:** Los puentes de esta categoría presentan daños graves y se han de reparar con carácter de emergencia de acuerdo al siguiente esquema metodológico:

- a) Se debe hacer una evaluación de emergencia que especificará medidas inmediatas o un plan de emergencia para evitar el inminente colapso.
- b) Se debe practicar una evaluación detallada comprobatoria de las capacidades y demandas de los diferentes elementos del puente.
- c) De los resultados definitivos de la evaluación comprobatoria se procederá un hacer o no un Proyecto de Rehabilitación del Puente.

Los métodos basados en desempeño estructural que consideran estados límites son una herramienta excelente para el análisis de la rehabilitación de Edificaciones. Este enfoque se desvía de los métodos basados en fuerzas, que toman un factor de respuesta  $R$  para incorporar la ductilidad. Para definir la demanda que genera un evento hay estados límites que puede tomarse en forma probabilística, en muchos casos siguiendo el modelo de Poisson donde la ocurrencia de un evento no influye en la ocurrencia de otro y donde la probabilidad de que 2 eventos ocurran el mismo tiempo y en el mismo sitio es nula.

Esta ocurrencia probabilística es función del grado de desempeño que la sociedad espera de una construcción en particular. De esta manera se pueden tener niveles operacionales, de ocupación inmediata, de seguridad de vidas y de prevención de colapso.

Actualmente el concepto de evaluación y de diseño se ha modificado en función de los Estados Límites que se fijan según el tipo de obra y los recursos necesarios para generar seguridad. Un Estado Límite es el punto en el cual se puede superar una condición de diseño. Los estados límites son fijados por el diseñador de la Obra y el Propietario en función de los grados de servicio y seguridad que se quiere que tenga la edificación ante la presencia de diversos eventos. En la Figura 15 se explica los estados límites o límites de desempeño.

### **Evaluación Detallada o Secundaria**

La evaluación Detallada o Secundaria, debe procesar la construcción en función de modelos estructurales, evaluando toda la instalación con sus componentes estructurales y equipos, evaluación puntuales tales como informes hidráulicos, suelos,

sonoros, ambientales. Por ejemplo para los hidráulicos debido a acusar problemas de socavación se generan programas de desarrollo sostenible de ríos (probablemente en lugares donde se crean los bancos de arena o los meandros). La evaluación detallada se basa en el cálculo de las relaciones Capacidad / Demanda donde cada construcción tiene elementos específicos que deben ser revisados y cada uno tiene una relación de C/D. Los elementos evaluados deben tener relaciones de  $C/D < 1$ , si la relación es menor de 1 el elemento tiene que ser tratado de forma especial y debe ser rediseñado.

### **De la evaluación detallada se generan los Proyectos de Rehabilitación.**

El resultado de la evaluación detallada me indica el estado general de la obra como un aporte de todos los elementos particulares, generando expresiones que indican un porcentaje (%) total de vulnerabilidad. La demanda esta dictada por las normas específicas y la capacidades por modelos estructurales de software lo más aproximados posibles al estado actual de la edificación. La evaluación detallada concluye con recomendaciones que deben de ser resueltas bajo el criterio del consultor y el grado de vulnerabilidad general que presenta la obra directamente en un programa de reparación o en un Proyecto de Rehabilitación.

Es importante señalar que estamos en camino de normalizar los proyectos de rehabilitación en función de sus aspectos de servicio tales como suelos, barandas, elementos no estructurales y de sus elementos estructurales en la adaptación a nuevas normas más exigentes, a la revisión de grietas, apoyos, fundaciones, placas.

### **Rehabilitación de obras civiles**

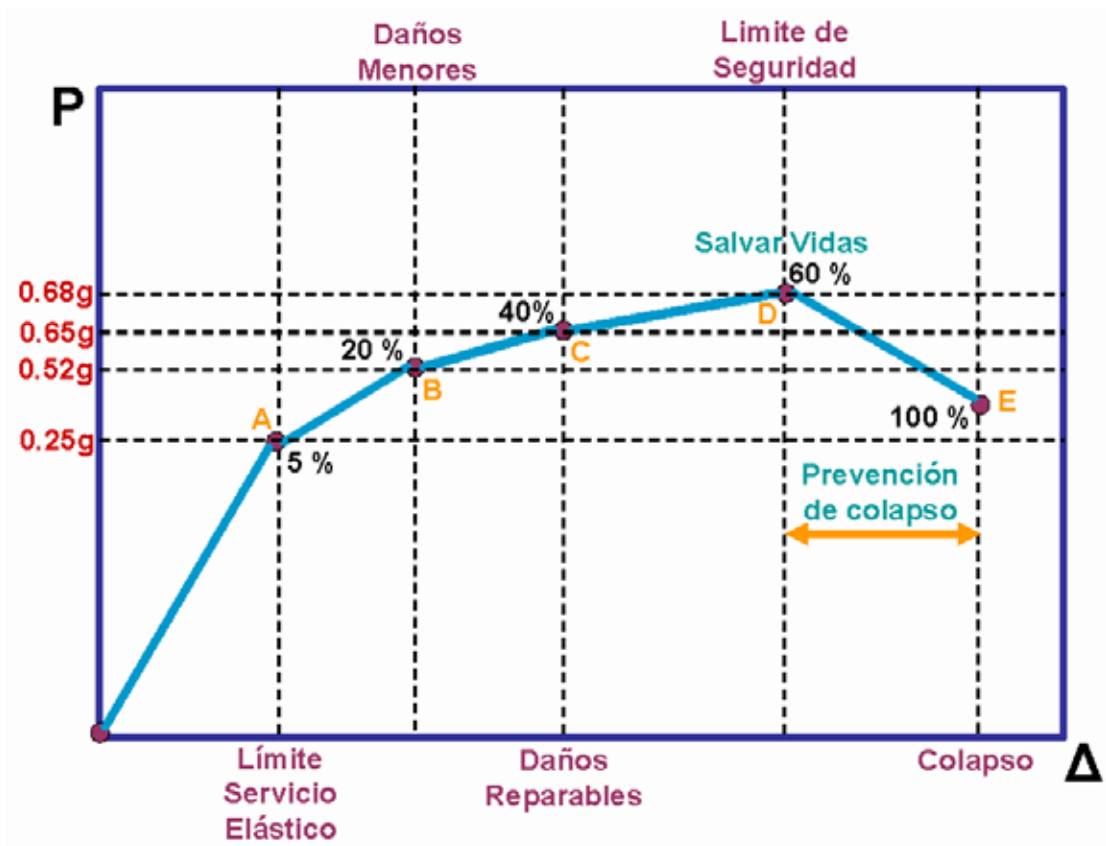
No hay mejor índice de evaluación de una obra que la eficiencia estructural de la misma, que está sujeta a la supervivencia a través del tiempo sin defectos estructurales apreciables. En su evaluación cuando se encuentran defectos estructurales se toma en cuenta un mapa de grietas y se conocen las deformaciones de la estructura se pueden aplicar modelos inelásticos y obtener curvas de capacidad. También conocer las cargas de los límites de colapso y su relación con las de servicio determina un índice de seguridad confiable. Un análisis elástico o inelástico para las cargas de servicio determina un estado de esfuerzos probable de la Obra útil para la

verificación del mismo. Rehabilitar es hacer que una Obra Civil vuelva a tener las mismas o mejores condiciones de servicio que las que tenía cuando comenzó su vida útil.

GERENCIA DE SISTEMAS DE GARANTÍA DE CONTROL					
PLANILLA DE EVALUACIÓN DE EDIFICACIONES EXISTENTES					
REVISIÓN BAJO ACCIONES SISMICAS					
OBRA					FECHA
DIRECCIÓN					
ENTIDAD FEDERAL		CIUDAD		MUNICIPIO	
AÑO DE CONSTRUCCIÓN		USO		PISOS	
TIPIFICACIÓN ESTRUCTURAL					
ASPECTOS	CARACTERÍSTICAS	RANGO DE	VULNERABILIDAD	PESO	VULNERABILIDAD
		VULNERABILIDAD	ASIGNADA		PARCIAL
EDAD	ANTES DE 1967	0.7 - 1.0		0.35	
	1967 A 1982	0.4 - 0.7			
	DESPUES DE 1982	0.0 - 0.4			
PISOS	UNO (1)	0.0 - 0.3		0.25	
	DOS (2)	0.3 - 0.5			
	MÁS	0.5 - 1.0			
EDIFICIOS CERCANOS	PELIGROSO	0.5 - 1.0		1.00	
	NÓ PELIGROSO	0.0 - 0.5			
MANTENIMIENTO	ACEPTABLE	0.0 - 0.3		0.50	
	REGULAR	0.3 - 0.6			
	DETERIORADO	0.6 - 1.0			
FUNDACIONES	CON VIGAS	0.0 - 0.3		0.50	
	SIN VIGAS	0.3 - 1.0			
DENSIDAD DE PAREDES	NOMAL	0.0 - 0.3		0.50	
	MEDIANO	0.3 - 0.6			
	BAJO	0.6 - 1.0			
UBICACIÓN DE LAS PAREDES	SIMÉTRICA	0.0 - 0.1		1.00	
	INTERMEDIA	0.1 - 0.6			
	ASIMÉTRICA	0.6 - 1.0			
DETALLES CONSTRUCTIVOS	EJES ESIADOS	0.0 - 1.0		1.00	
	SOPORTE INADECUADO	0.0 - 1.0			
	MALAS CONECCIONES	0.0 - 1.0			
ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES	MUROS LIVIANOS	0.0 - 1.0		0.25	
	BALCONES, JARDINERAS	0.0 - 1.0		0.25	
	ELEMENTOS DE VIDRIO	0.0 - 1.0		0.25	
DIAFRAGMA	RIGIDO	0.0 - 1.0		0.50	
	INTERMEDIO	0.1 - 0.5			
	FLEXIBLE	0.5 - 1.0			
SISTEMA ESTRUCTURAL	BUENA ESTRUCT.	0.0 - 0.2		1.00	
	MEDIANA ESTRUCT.	0.2 - 0.4			
	MALA ESTRUCT.	0.4 - 1.0			
MASAS Y RIGIDECES	BALANCEADO	0.0 - 0.2		1.00	
	INTERMEDIO	0.2 - 0.5			
	DESBALANCEADO	0.5 - 1.0			
IRREGULARIDADES	PISO BLANDO	0.0 - 1.0		1.00	
	COLUMNA CORTA	0.0 - 1.0		1.00	
	DIAFRAGMA DISCONTINUO	0.0 - 1.0		1.00	
	ESCALERAS ASIMÉTRICA	0.0 - 1.0		1.00	
DAÑOS PREVIOS	VIGAS, COLUMNAS	0.0 - 1.0		1.00	
	PAREDES DE CARGA	0.0 - 1.0		1.00	
	LOSAS	0.0 - 1.0		1.00	
	MURO DE CONTENCIÓN	0.0 - 1.0		1.00	
<b>INDICE DE DAÑOS = SUMATORIA VULNERABILIDAD/ 10</b>					

**Figura 14:** Evaluación de los Edificaciones Existentes.

Fuente: Ing. William Lobo Dugarte.



**Figura 15:** Grafica de Límites de Desempeño de la Edificación.

Fuente: Ing. William Lobo Dugarte.

Las técnicas de rehabilitación pueden ser reversibles o irreversibles, en la primera se trata de que la edificación obtenga nuevamente su capacidad portante reforzando los elementos sin intervención de elementos nuevos, solo reparación de elementos dañados, que en su conjunto mejoran la ductilidad de la edificación, la resistencia y rigidez de los diafragmas. Las técnicas irreversibles comprenden la adherencia de elementos nuevos para reforzar la obra evaluada con inyecciones y vaciados, elementos adheridos, morteros, reparación de juntas de construcción, reconstrucción de partes, incorporación de barras de pre esfuerzo y reforzamiento de fundaciones.

Según Lobo-Quintero (2000) "Los consultores y las instituciones deben definir una filosofía para la rehabilitación pre y post evento, elaborar manuales de aplicación práctica, armonizar las estrategias de rehabilitación con el proceso constructivo, la patología estructural debe ser materia de enseñanza universitaria y reconocer que la intervención con nuevos componentes estructurales puede cambiar el comportamiento global".

### **Mejorar**

Dedicados a la misión de mejorar el concreto, estas casas ofrecen el rango más amplio de aditivos químicos para uso en aplicaciones de construcción nueva. Para asegurar la mejor durabilidad del concreto y la máxima vida de servicio, se ofrece una selección completa de productos, incluyendo inhibidores de corrosión, Micro sílice, reductores de agua de alto rango, aditivos acelerantes y retardadores.

### **Proteger**

Estos productos químicos trabajan para proteger el concreto ofreciendo una líneas completas de pisos cementicios, toppings, grouts y productos para el control de corrosión. Productos que incrementan la resistencia a la abrasión y al desgaste, mejoran la planeidad, resistencia química y están disponibles en formulaciones con color y reflectivas. Los grouts para la base de maquinaria, y aplicaciones estructurales y de precisión ofrecen propiedades superiores para el soporte de cargas y están disponibles en formulaciones diseñadas para mejorar la exposición a altas temperaturas y ataques químicos. Los recubrimientos y revestimientos para el control de corrosión se utilizan para proteger el concreto y el acero expuestos a químicos y ataques ambientales, y los recubrimientos cementicios y selladores se ofrecen para protección superficial y mejoramiento estético.

### **Reparar**

El reparar el concreto han sido los enfoques de estas empresas por muchos años. Las compañías ofrecen un rango completo de productos para reparación incluyendo materiales cementicios y modificados con polímeros para reparaciones estructurales, superficiales y de áreas de alto tráfico, así como adhesivos y materiales para

inyección. Todos están diseñados para trabajar juntos y cumplir con las necesidades del mercado de restauración. Las tecnologías nuevas como morteros de reparación proyectables están revolucionando la manera de reparar el Concreto. Estas organizaciones, ofrecen una línea completa de equipos para las aplicaciones del concreto por proyección, bombeo y lanzado.

También los productos están respaldados por sus laboratorios privados dedicados exclusivamente al estudio de la tecnología del concreto. La combinación de fabricación y plantas de producción con tecnología de punta y las materias primas de alta calidad aseguran que los productos de estas organizaciones ofrezcan desempeños superiores en campo.

### **2.3 Definición de Términos Básicos**

A continuación, se definen los términos relevantes que dan fundamentos teóricos al presente trabajo de grado:

- **Acción:** Es toda causa capaz de originar una solicitud o efecto en la estructura o sus elementos.
- **Barandilla:** Antepecho compuesto, generalmente, de balaustres y barandales de poco espesor, destinada a evitar la caída de personas.
- **Calzada:** Parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos que se compone de un cierto número de carriles.
- **Concreto o Hormigón:** material compuesto empleado en construcción, formado esencialmente por un aglomerante al que se añade áridos (agregado), agua y aditivos específicos.
- **Concreto Hidrófugo:** Hormigón destinado a impedir la penetración o paso de agua, por lo cual es un material con alto grado de impermeabilidad.
- **Drenaje:** cloacas o red de saneamiento, en ingeniería y urbanismo, es el sistema de tuberías, sumideros o trampas, con sus conexiones, que permite el desalojo de líquidos, generalmente pluviales, de una población.

- **Defensa:** Elemento longitudinal del tablero cuyo fin es impedir que los vehículos invadan ciertas zonas reservadas a otros usos, o que sirven de protección de las pilas de un puente contra choques originados por el tráfico de la vía que el puente salva (vehículos, barcos, entre otros).
- **Epoxi:** polímero termo-estable infusible e insoluble, que se endurece cuando se mezcla con un agente catalizador o endurecedor.
- **Estribo:** Estructura de soporte en el extremo de un puente que permite la conexión estructura-terraplén.
- **Fundaciones:** es aquella parte de la estructura que tiene como función transmitir en forma adecuada las cargas de la estructura al suelo y brindar a la misma un sistema de apoyo estable.
- **Hombrillos:** Son canales continuos o adyacentes a la calzada, destinado al estacionamiento de vehículo en caso de emergencia.
- **Losa:** se consideran como uno de los elementos más delicados en la construcción de edificaciones, ya que una colocación incorrecta del acero de refuerzo puede llevarla al colapso sin necesidad de que sobrevenga un sismo o alguna otra carga de tipo accidental.
- **Mantenimiento vial:** es el conjunto de acciones continuas y permanentes para prever y asegurar el funcionamiento normal, eficiencia y buen aspecto de los bienes e instalaciones y prolongar su vida útil.
- **Puente:** es una estructura que forma parte de caminos, carreteras, y líneas férreas y canalizaciones, construidas sobre una depresión, río, u obstáculo cualquiera.
- **Sand blasting:** es la operación de propulsar a alta presión un fluido, que puede ser agua o aire, o una Fuerza centrífuga con fuerza abrasiva, contra una superficie para alisarla o eliminar materiales contaminantes.
- **Subestructura:** Conjunto de elementos de un puente que constituyen el soporte de la superestructura. En general, está formada por todos los elementos que se

encuentran debajo del tablero, tales como cimentaciones, pilas, estribos y dispositivos de apoyo.

- **Superestructura:** Conjunto de elementos de un puente sometidos a la acción directa del tránsito de personas, vehículos o animales y/o cuya función sea la de salvar el vano correspondiente.
- **Tablero De Un Puente:** Elemento directamente portante de las cargas debidas al tránsito de personas, animales o vehículos.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

Antes de realizarse la investigación, es necesario saber que metodología se debía aplicar para que se garantice la exactitud de los resultados o nuevos conocimientos obtenidos para lograr la confiabilidad. Así como, un procedimiento ordenado que establecerá el significado de los hechos y fenómenos hacia los cuales está encaminado el interés de la indagación que la constituyen, como bien lo cita Morlés, (2002): “La metodología constituye la medula del plan; se refiere a la descripción de las unidades de análisis o de investigación, las técnicas de observación y recolección de datos, los instrumentos, los procedimientos, y las técnicas de análisis”. (p.36).

Siguiendo esta metodología para lograr el desarrollo del mismo, se determinará los pasos a seguir para la explicación de las variables de estudio.

#### **3.1 Tipo de Investigación**

La manera para obtener algún resultado de forma clara y exacta es necesario explicar y aplicar el tipo de investigación, la cual está muy sujeta a los seres humanos, que tiene una serie de pasos para alcanzar el objetivo señalado o llegar a la información requerida. La que se utilizara en la presente investigación es de tipo factible, debido a que este no es más que una propuesta viable, destinada atender necesidades específicas a partir de un diagnóstico.

Según la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (2003), plantea: “El proyecto factible, consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos y organizaciones o grupos sociales que pueden referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos, o procesos. El proyecto debe tener el apoyo de una investigación de tipo documental, y de campo, o un diseño que incluya ambas modalidades.” (p.13).

Del mismo modo, Arias (2006), señala: “Que se trata de una propuesta de acción para resolver un problema práctico o satisfacer una necesidad. Es indispensable que dicha propuesta se acompañe de una investigación, que demuestre su factibilidad o posibilidad de realización.” (p.134).

Todas las anteriores coinciden en que los proyectos factibles consisten en facilitar o dar solución a un problema puntual que ocasiona una incomodidad.

### **3.2 Nivel de Investigación**

Según Arias (2006) señala que la investigación descriptiva se define como, “El hecho, fenómeno, individuo o grupo, que con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere.” (p. 24).

La investigación descriptiva trabaja sobre realidades de hecho, caracterizándose fundamentalmente por presentarnos una interpretación correcta.

### **3.3 Diseño de la Investigación**

Arias (1999), define el diseño de la investigación como “la estrategia que adopta el investigador para responder al problema planteado.” (p.30).

Dentro de la investigación el investigador realizara una recolección de datos por vía de campo como por vía documental; es decir, dentro del entorno en estudios con el fin de tomar las mediciones y evaluaciones necesarias, que permitan justificar cuales son las situaciones a las cuales se va a encontrar expuesto todo el diseño que se piensa plantear dentro de la investigación como posible solución para la rehabilitación de la superestructura del puente de Tocuyito del municipio Libertador, estado Carabobo, por lo cual solo serán observadas y analizadas por el mismos investigador sin que afecte de ningún modo la zona en el desarrollo de la investigación. Por esto, el autor Santa Paella y Feliberto Martins (2010) define como, “La Investigación de campo consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar las variables. Estudia los fenómenos sociales en su ambiente natural. El investigador no manipula variables

debido a que esto hace perder el ambiente de naturalidad en el cual se manifiesta.” (pag.88).

El investigador realizara la ejecución de una serie de estudios previamente analizados de otras investigaciones similares, así como de trabajo de campo como de análisis de la zona, sea en materia de agua, terreno, estructura, etc. Para de esta manera poder sustentar el desarrollo de la propuesta. Que según el autor Santa Palella y Feliberto Martins (2010), define como, “La investigación documental se concreta exclusivamente en la recopilación de información en diversas fuentes. Indaga sobre un tema en documentos-escritos u orales- uno de, los ejemplos más típicos de esta investigación son las obras de historia.” (p.90).

### **3.4 Población y Muestra**

Según Tamayo (2001) la población se define como, “La totalidad de un fenómeno de estudio, incluye la totalidad de unidades de análisis o entidades de población que integran dicho fenómeno y que debe cuantificarse para un determinado estudio integrando por un conjunto N de entidades que participan de una determinada característica, y se le denomina población por constituir la totalidad del fenómeno adscrito a un estudio de investigación.” (p.176).

Según Balestrini (2006), señala que: “una muestra es una parte representativa de una población, cuyas características deben producirse en ella, lo más exactamente posible.” (p.141).

Destacando con esto, que en el caso del presente trabajo la población es igual a la muestra debido a que será el puente de Tocuyito del municipio Libertador, estado Carabobo, donde se le realizará un estudio y diagnóstico de la superestructura por la cual está conformado.

### **3.5 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos**

Según Arias (2006), “Las técnicas de investigación son las distintas maneras, formas o procedimientos utilizados por el investigador para recopilar u obtener los datos o la información.” (p. 25). Para la obtención de los datos e información relacionada con esta investigación la técnica que se utilizara es la observación directa

simple, técnica que permitirá tener una clara visión del estado de todos los elementos, factores y variables que intervienen en funcionamiento del puente de Tocuyito del municipio Libertador, estado Carabobo.

Según Sierra (1991), la observación directa simple: “Es la inspección y estudio realizado por el investigador, mediante el empleo de sus propios sentidos, especialmente el de la vista, con o sin ayuda de aparatos técnicos, de las cosas y hechos de interés social, tal como son o tienen lugar espontáneamente en el tiempo en que alcance y con arreglo a las exigencias de la investigación científica”. (p. 253).

En cuanto a los instrumentos que se utilizarán para la recolección de datos serán las planillas de inspecciones de diferentes las No 13 y No 14, para así saber el estado de cada uno de ellos, de igual manera se va utilizar una cámara fotográfica que gracias a esta, podemos demostrar a través de una imagen, las fallas que se puedan presentar en el puente caso estudio.

### **3.6 Fases Metodológicas**

Para llevar a cabo la investigación, se planeó dividir la misma en, acorde a los objetivos establecidos, a saber:

#### **Fase 1. Diagnóstico de la situación actual de la estructura y recolección de datos.**

En primer lugar, para proceder con la investigación, es necesario recolectar toda la información posible con respecto a la estructura, tanto la data disponible en entes municipales, planos, memorias descriptivas, memoria de cálculo, así como de trabajos previos realizados en el mencionado puente. Asimismo se debe recolectar información referente al uso que se le da a dicha estructura, con respecto al tránsito vehicular y peatonal, el volumen de tránsito de la zona, etc. Para intentar hacer estimaciones de cargas que ayuden a facilitar el objetivo de la investigación. Además se hará recolección de datos in situ de la estructura, para tener una percepción personal del estado del puente. Esto se hará con la ayuda de implantación de la figura No 14 y No 15.

**Fase II. Analizar la información recaudada y aplicar la solución más factible para la rehabilitación en cuanto a diseño.**

Se procede a evaluar toda la información recolectada aplicando diversos métodos para conseguirlo. Con esto se quiere lograr tener una certeza de cuál es la mejor opción para rehabilitar dicha estructura, en caso de que tenga reparación, basados en la factibilidad de ejecución que dichas soluciones presenten, teniendo en cuenta los aspectos económicos, estructurales, de tiempo y recursos para realizar la mejor propuesta de diseño posible para lograr una óptima rehabilitación de la estructura.

**Fase III. Desarrollar una propuesta de rehabilitación para el puente en base a los objetivos anteriores.**

Ya con la data recaudada y analizada, se escoge la mejor opción para la óptima rehabilitación del puente en caso de que exista una, y se procede a desarrollar la propuesta en base al método de diseño seleccionado, empleando procedimientos de evaluación y rehabilitación de obras civiles a través de la información recogida.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS**

#### **4.1 Diagnosticar la situación actual que presenta la estructura del Puente de Tocuyito, municipio Libertador, en el estado Carabobo.**

Para el diagnóstico de la situación actual del puente era necesario dirigirse a la zona de estudio para constatar la problemática existente, mediante la recolección de datos necesarios para el desarrollo de la investigación. Con esta recolección de datos se busca información en cuanto al estado que se encuentra la estructura. Tal información fue recabada a través de técnicas e instrumentos de recolección de datos preparados para el presente caso de estudio, tanto de observaciones directas como indirectas de campo, y la observación junto a especialistas estructurales “in situ”.

Las intervenciones en ciudades requieren de un entendimiento más extenso del comportamiento vial y peatonal. Es muy común observar que aun cuando los núcleos urbanos han ido creciendo, las estructuras destinadas para el desarrollo del tránsito no han obtenido el correcto mantenimiento que le corresponden, como es el caso del puente que se evalúa.



**Figura 16:** Zona de estudio

**Fuente:** Google maps (2017)

**Figura 17:** Vista de planta del puente en estudio

**Fuente:** Chirivella Julio y Fuenmayor Carlos (2018).

**Figura 18:** Desgaste de las vigas principales por golpes del flujo vehicular pesado.

**Fuente:** Chirivella Julio y Fuenmayor Carlos (2018).

En esta primera fase de diagnóstico, se busca, mediante los datos obtenidos,

rehabilitación que actúe de la manera más simple, eficaz e inmediata posible. En esta fase destacan principalmente dos puntos: la evaluación de la superestructura, y la



**Figura 19:** Puente de Tocuyito.

**Fuente:** Chirivella Julio y Fuenmayor Carlos (2018).



**Figura 20:** Sistema de drenaje deteriorado.

**Fuente:** Chirivella Julio y Fuenmayor Carlos (2018).

#### **4.1.1 Evaluación de la Estructura**

La evaluación de la estructura se realiza en dos partes bien diferenciadas. La primera, consiste en la observación directa, en donde, realizando visitas al sitio y  
er  
una evaluación cualitativa, partiendo de opiniones personales y de los mencionados especialistas, de las condiciones que presenta la estructura y la urgencia con la que necesita ser atendido.

La segunda consiste en el llenando la “Planilla de evaluación de Edificaciones existentes” (Véase figura 15.). A través de dicha planilla, se obtiene una evaluación cuantitativa, ya que la planilla arroja índices numéricos que permiten hacer una evaluación más exacta sobre el estado de la estructura.

Para lograrlo, fue necesario hacer una evaluación “in situ”, empleando la observación directa antes mencionada. En ella, se hizo una evaluación descriptiva de cada uno de los elementos que pertenecen a la supra estructura del puente, evaluando el estado en que se encuentran, para determinar los índices dictados en la planilla y proceder al cálculo de los factores para obtener el índice de daños de la estructura, con el fin de, posteriormente, llevar a cabo la rehabilitación más factible correspondiente para cada caso.

Partiendo de los dos puntos anteriores, podemos destacar los siguientes daños:

- Desgaste de las vigas principales por efecto del flujo vehicular pesado que transita de un lado al otro por debajo del puente, evidenciando una insuficiencia en el diseño geométrico de la superestructura, específicamente en el gálibo, que corresponde a la altura libre entre el puente y la vía. (Ver figura 18).

- Tablero con desgaste en el concreto y presencia de grietas.

- Sistema de drenaje deteriorado en la estructura del puente (Ver Figura 20).

Es eminente constatar que visualmente la vigas del puente que sostienen la losa, en especial las vigas longitudinales de uno de los extremos, se encuentra bastante agrietada en virtud de los atascamientos vehiculares a la salida y entrada de dichas estructuras, así como la pérdida de los recubrimientos nominales de protección del concreto, lo cual deja al descubierto todo el acero de refuerzo de los mismos, con la consecuencia inmediata de la posible pérdida en su capacidad de resistir, una parte de los esfuerzos para los cuales está diseñado para trabajar.

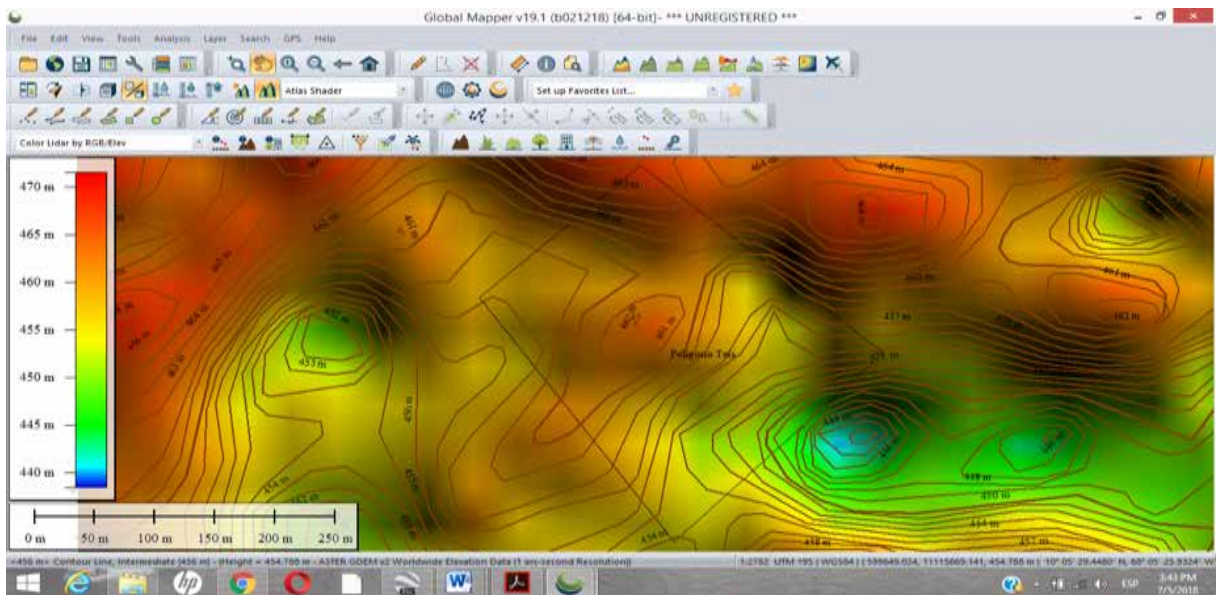
Florescencia y cascajos en las obras de concreto, oxidación de las piezas de acero tanto de los refuerzos estructurales, son algunas de las fallas que se observan en los elementos estructurales del puente. Así mismo, las vigas presentan agrietamientos

y corrosiones que están dando pasó a diversos tipos de fallas como la pérdida de sus espesores nominales, así como, agrietamientos y desconche de los recubrimientos normativos de protección de concreto, y todo esto ante la mirada de quienes logran transitar por la zona.

#### 4.1.3 Topografía del Terreno

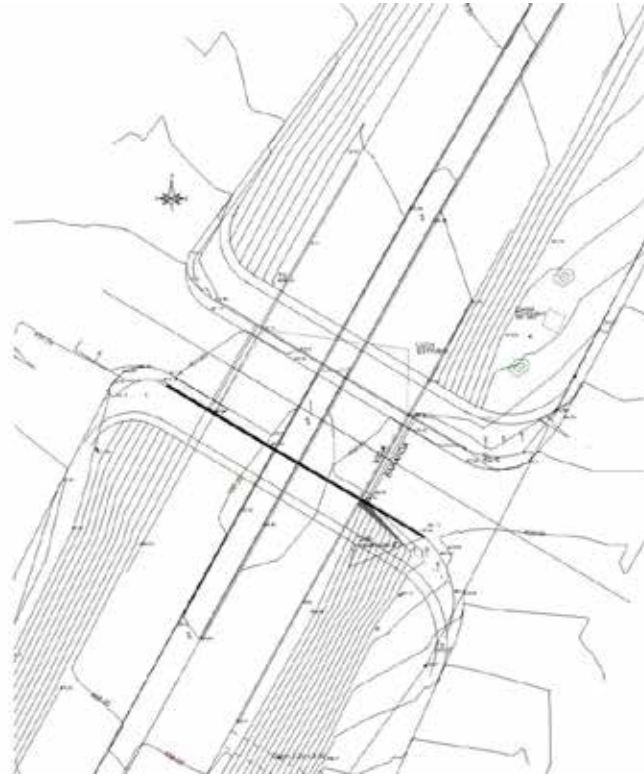
El levantamiento digital de la vía y de la zona de estudio se generó a través de los Software de Gobal Mapper 19, un planeamiento topográfico para conocer las curvas de nivel existentes y cotas en la zona de estudio, este programa trabaja a nivel satelital en conjunto con la aplicación Google Earth. (Ver figura 21)

Al hacer este levantamiento, se presenció la poca diferencia de niveles existentes en la zona de estudio, mostrando puntos de menor cota hacia las zonas sur y este, y mayor cota hacia las zonas norte y oeste. A través de Global Mapper y AutoCad se realizó un plano topográfico de las curvas de nivel del puente. (Ver figura 22).



**Figura 21:** Zona de estudio

Fuente: Global Mapper 19



**Figura 22:** Curvas de Nivel Puente de Estudio.

Fuente: Fuenmayor y Chirivella (2018).

## **4.2 Analizar la información recaudada y aplicar la solución más factible para la rehabilitación en cuanto a diseño.**

### **4.2.1 Evaluación de los elementos de la superestructura**

Para poder realizar un buen análisis de la estructura, es necesario, en primer lugar, hacer una observación detenida de cada uno de los elementos de la estructura, evaluando cada detalle que presente cada uno de ellos, describiendo los defectos que padece dichos elementos.

Cabe destacar que en el presente trabajo, se evaluarán nada más elementos pertinentes a la superestructura, tales como vigas, tablero, drenaje y barreras de seguridad.

- Vigas:

Las vigas fueron enumeradas de norte a sur, siendo la primera viga la más al norte, y la 15 la más al sur:

- Viga 1 : Presenta graves daños en toda su longitud, se puede apreciar la pérdida de su sección por aparentes efectos de impacto



**Figura 23:** Desgaste de viga “1”

**Fuente:** Chirivella Julio y Fuenmayor Carlos (2018)

- Viga 2: se encuentra considerablemente impactada y deformada con pérdidas de sección en algunos puntos, por lo que el trabajo real del tensado de los cables ya no se está llevando a cabo



**Figura 24:** Desgaste de viga “2”

**Fuente:** Chirivella Julio y Fuenmayor Carlos (2018).

- Viga 3: Son notables los diversos impactos en la viga pretensada por lo que se identifica la pérdida de sección pero en una proporción menor a las 2 primeras.



**Figura 25:** Desgaste de viga “3”

**Fuente:** Chirivella Julio y Fuenmayor Carlos (2018).

- Viga 4: Son notables los diversos impactos en la viga pretensada por lo que se identifica la pérdida de sección en cuanto al concreto de recubrimiento. Se considera que el daño es menor en proporción a las 3 anteriores, sin embargo se estima daños internos, y pérdida de la tensión por parte de la resistencia del concreto



**Figura 26:** Desgaste de viga “4”

**Fuente:** Chirivella Julio y Fuenmayor Carlos (2018).

- Viga 5: Son menos perceptibles los impactos en esta viga. Se aprecia algo de desprendimiento del concreto de recubrimiento. No se observan grietas ni fisuras.



**Figura 27:** Desgaste de viga “5”

**Fuente:** Chirivella Julio y Fuenmayor Carlos (2018).

- Vigas 5 – 15: El restante de las vigas se encuentra en aparente buen estado



**Figura 28:** Vista de vigas “5-15”

**Fuente:** Chirivella Julio y Fuenmayor Carlos (2018).

- Tablero: Presenta numerosas fisuras y agrietamiento, con posibles casos de filtración en áreas cercanas a los drenajes.



**Figura 29:** Deterioro del tablero

**Fuente:** Chirivella Julio y Fuenmayor Carlos (2018).

- Drenajes:
  1. Costado este: se observa filtraciones y probable ruptura de tubería. También se puede apreciar la presencia de moho.



**Figura 30:** Deterioro del drenaje del costado este

**Fuente:** Chirivella Julio y Fuenmayor Carlos (2018).

- Costado Oeste: en general se encuentran en buenas condiciones, se observa falta de mantenimiento que a la larga ocasiona pequeñas filtraciones, a excepción de uno de los drenajes que si presenta considerable deterioro.



**Figura 31:** Deterioro del drenaje del costado oeste

**Fuente:** Chirivella Julio y Fuenmayor Carlos (2018).

- Barreras de seguridad: se encuentran en buen estado las barreras de ambos lados del puente, siendo recomendable mantenimiento y pintura.



**Figura 32:** Condiciones de las barreras de seguridad

**Fuente:** Chirivella Julio y Fuenmayor Carlos (2018)

#### **4.2.2 Análisis de la planilla de evaluación de edificaciones existentes**

Luego, se debe analizar la información recaudada a través de la “Planilla de evaluación de Edificaciones existentes” (Véase figura 15.), para determinar el estado en que se encuentra la estructura, para luego definir si la estructura puede ser rehabilitada, o se debe demoler ya que los daños que presenta son de mucha gravedad.

La finalidad de rellenar la planilla es encontrar el valor del índice de daños que presenta la estructura, cuyo valor representa el porcentaje de daños que presenta la estructura en evaluación, el cual permite determinar la categoría de deterioro mediante la gráfica de límite elástico.

Dicho índice, fue obtenido mediante la observación directa, dando un rango de vulnerabilidad comprendido entre el 0,00 y el 1,00, a cada uno de los aspectos de evaluación que la tabla toma en consideración, el cual representa mayor o menor grado de un aspecto según sea el caso.

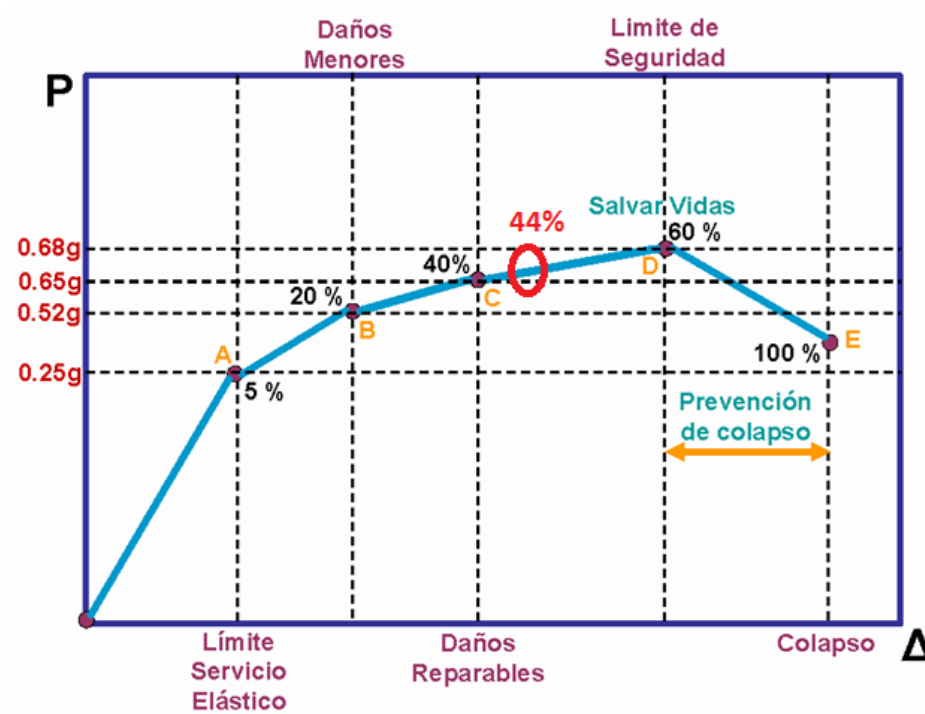
En la planilla, se evalúan distintos aspectos pertinentes a la estructura, tales como el año de construcción, el número de pisos, irregularidades, entre otros, a los cuales les asigna un peso o relevancia sobre su influencia en el estado de la estructura, comprendido también entre 0,00 y 1,00. Una vez obtenidos todos los valores de rango de vulnerabilidad, se multiplica por su respectiva influencia, para luego sumarlos todos y obtener el índice de vulnerabilidad, y finalmente, dividirlo entre 10 para obtener el mencionado índice de daños.

En este caso, luego de asignar rangos de vulnerabilidad a cada aspecto estructural, y hacer los cálculos descritos en el párrafo anterior, se obtuvo un índice de vulnerabilidad de 4,445 que representa un índice de daños de 0,445, es decir, 44,5%, el cuál llevado a la gráfica de límites de desempeño de la edificación, indica que la estructura en evaluación se encuentra en un rango entre daños reparables y límite de seguridad, entrando en la categoría II de deterioro. A continuación, se observa la planilla de evaluación de edificaciones existente rellena:

GERENCIA DE SISTEMAS DE GARANTIA DE CONTROL					
PLANILLA DE EVALUACION DE EDIFICACIONES EXISTENTES					
REVISION BAJO ACCIONES SISMICAS					
OBRA	Puente de Tocuyito			FECHA	
DIRECCION					
ENTIDAD FEDERAL	Carabobo	CIUDAD	Tocuyito	MUNICIPIO	Libertador
AÑO DE CONSTRUCCION	1969	USO	Puente	PISOS	1
TIPIFICACION ESTRUCTURAL					
ASPECTOS	CARACTERISTICAS	RANGO DE VULNERABILIDAD	VULNERABILIDAD ASIGNADA	PESO	VULNERABILIDAD PARCIAL
EDAD	ANTES DE 1967	0.7 - 1.0	0.70	0.35	0.25
	1967 A 1982	0.4 - 0.7			
	DESPUES DE 1982	0.0 - 0.4			
PISOS	UNO (1)	0.0 - 0.3	0.30	0.25	0.08
	DOS (2)	0.3 - 0.5			
	MAS	0.5 - 1.0			
EDIFICIOS CERCANOS	PELIGROSO	0.5 - 1.0	0.30	1.00	0.30
	NO PELIGROSO	0.0 - 0.5			
MANTENIMIENTO	ACEPTABLE	0.0 - 0.3	0.75	0.50	0.38
	REGULAR	0.3 - 0.6			
	DETERIORADO	0.6 - 1.0			
FUNDACIONES	CON VIGAS	0.0 - 0.3	0.30	0.50	0.15
	SIN VIGAS	0.3 - 1.0			
DENSIDAD DE PAREDES	NORMAL	0.0 - 0.3	0.00	0.50	0.00
	MEDIANO	0.3 - 0.6			
	BAJO	0.6 - 1.0			
UBICACION DE LAS PAREDES	SIMETRICA	0.0 - 0.1	0.10	1.00	0.10
	INTERMEDIA	0.1 - 0.6			
	SIMETRICA	0.6 - 1.0			
DETALLES CONSTRUCTIVOS	EJES ESVIADOS	0.0 - 1.0	0.00	1.00	0.00
	SOPORTE INADECUADO	0.0 - 1.0			
	MALAS CONECCIONES	0.0 - 1.0			
ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES	MUROS LIVIANOS	0.0 - 1.0	0.00	0.25	0.00
	BALCONES, JARDINERAS	0.0 - 1.0	0.00	0.25	0.00
	ELEMENTOS DE VIDRIOS	0.0 - 1.0	0.00	0.25	0.00
DIAFRAGMA	RIGIDO	0.0 - 0.1	0.80	0.50	0.40
	INTERMEDIO	0.1 - 0.5			
	FLEXIBLE	0.5 - 1.0			
SISTEMA ESTRUCTURAL	BUENA ESTRUCTURA	0.0 - 0.2	0.40	1.00	0.40
	MEDIANA ESTRUCTURA	0.2 - 0.4			
	MALA ESTRUCTURA	0.4 - 1.0			
MASAS Y RIGIDECES	BALANCEADO	0.0 - 0.2	0.20	1.00	0.20
	INTERMEDIO	0.2 - 0.5			
	DESBALANCEADO	0.5 - 1.0			
IRREGULARIDADES	PISO BLANDO	0.0 - 1.0	0.00	1.00	0.00
	COLUMNA CORTA	0.0 - 1.0	0.00	1.00	0.00
	DIAFRAGMA DISCONTINUO	0.0 - 1.0	0.00	1.00	0.00
	ESCALERA ASIMETRICA	0.0 - 1.0	0.50	1.00	0.50
DANOS PREVIOS	VIGAS, COLUMNAS	0.0 - 1.0	0.80	1.00	0.80
	PAREDES DE CARGA	0.0 - 1.0	0.00	1.00	0.00
	LOSAS	0.0 - 1.0	0.30	1.00	0.30
	MURO DE CONTENCION	0.0 - 1.0	0.60	1.00	0.60
INDICE DE DANOS = SUMATORIA DE VULNERABILIDAD / 10					0.4445

Figura 33: Planilla de Evaluación de los Edificaciones Existentes (Rellena).

Fuente: Ing. William Lobo Dugarte



**Figura 34:** Grafica de Límites de Desempeño de la Edificación (Rellena).

Fuente: Ing. William Lobo Dugarte

#### 4.2.3 Descripción de la primera propuesta de rehabilitación

Según los resultados obtenidos por la observación directa y la evaluación de la planilla, se aprecia que la estructura puede ser intervenida sin tener que demolerla, y basándonos en el estado de los elementos evaluados anteriormente, se procede a realizar una primera propuesta de rehabilitación, descrita en los siguientes pasos:

1. Reparación de las vigas de carga más afectadas: Las vigas 1, 2, 3, 4 y 5, son las vigas que presentan mayor deterioro, por lo que se les hará una reparación que se describirá posteriormente.
2. Reparación de las grietas presentes en la losa.
3. Implementar un nuevo sistema de drenaje: el sistema de drenaje actual se encuentra en mal estado, por lo que se prefiere instalar un nuevo sistema que trabaje en conjunto con el sistema ya existente.

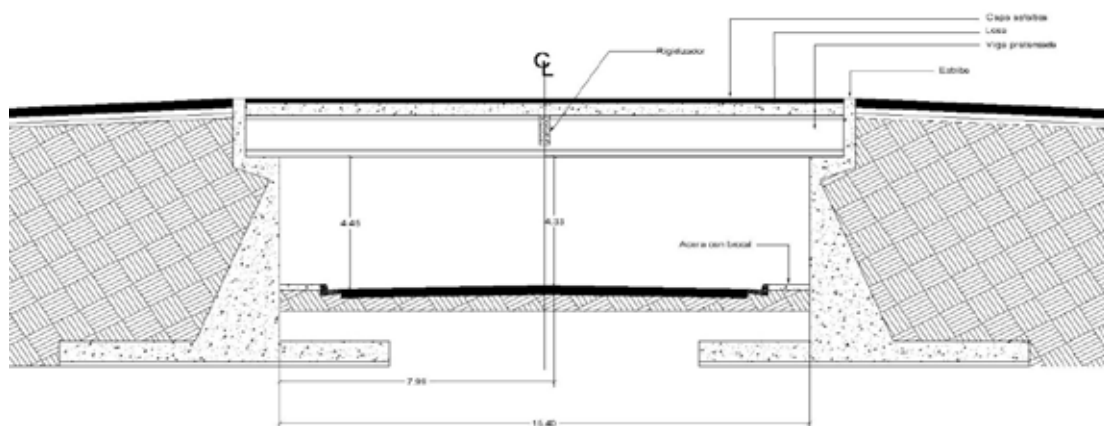
4. Elaborar un plan de mantenimiento adecuado para garantizar que las reparaciones realizadas sean lo más efectivas y duraderas posibles, y evitar que el puente vuelva a caer en el estado en que se encuentra en la actualidad.

### 4.3 Desarrollar una propuesta de diseño para la rehabilitación del puente en base a los objetivos anteriores.

En esta fase se procede a desarrollar cada uno de los aspectos que intervienen en la primera propuesta de rehabilitación a la superestructura del puente de Tocuyito, descrita en 4 fases bien diferenciadas.

Cabe destacar que lo que se propone es una primera propuesta de rehabilitación de la estructura, en la cual se busca la solución más simple, inmediata y factible posible, de tal manera que se logre reparar las partes que presentan mayor deterioro del puente. Dicha propuesta luego pasará a manos de especialistas que determinaran si la solución que se presenta es la más adecuada para el caso en estudio, y tomarán la decisión de llevarla a cabo o plantear una alternativa más eficiente.

La propuesta se basa en los puntos descritos en el punto 4.2.3, en la cual se especifican las áreas que se considera que necesitan mayor atención, las cuales se desarrollan a continuación.



**Figura 35:** Vista lateral del puente en estudio.

Fuente: Chirivella Julio y Fuenmayor Carlos (2018).

### 4.3.1 Reparación de las vigas de concreto armado

Los problemas generales que presentan las vigas de un puente son: las posibles pérdidas de monolitismo y resistencia, vulnerabilidad a tener vías de penetración de ataques químicos y aspecto antiestético de alarma para los usuarios. Para reparar fisuras y oquedades generadas en las vigas de un puente en un ambiente húmedo con grietas en su base es importante analizar y resolver la patología que produjo la fisura para reconocer si no volverá a abrirse. Tal como se ha nombrado desde los inicios de este proyecto las grietas han sido causadas por los atascamientos vehiculares, por lo tanto, es una falla por colisiones que al pasar del tiempo se ha ido empeorando por falta de mantenimiento.

El primer diagnóstico es reconocer que efectivamente las vigas presentan oquedades que son necesarias reparar y pintar con solución antisalina, además del refuerzo de acero que necesita, en vista del acero perdido por las colisiones. Como la fisura ha empeorado con el tiempo únicamente por efectos externos a las vibraciones del puente, es considerable usar una resina normal y buscar la fórmula epóxico adecuada, ya que, se describe como una falla muerta. En la figura 21 se puede observar la fisura en una de las vigas o carguero del puente.



**Figura 36:** Agrietamiento y Oquedades en las vigas de cargas.

**Fuente:** Chirivella Julio y Fuenmayor Carlos (2018).

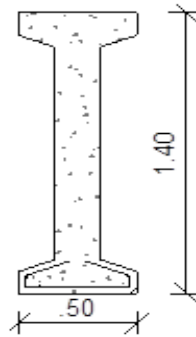
La reparación inmediata consiste en remover el hormigón defectuoso, regularizar la superficie y reemplazar el hormigón.

Para la reparación de las oquedadas de las vigas de carga, primero se deben seguir los siguientes pasos para su perfecta restauración:

1. Apuntalamiento de la estructura
2. Se determina el estado del concreto existente en las vigas, empleando un pequeño cincel de ½” y un martillo con punta de goma, dándole golpes suaves y constantes a lo largo de toda la longitud de la viga, con la finalidad de remover todo el concreto deteriorado de la misma, hasta visualizar el acero interior.
3. Luego, se aplica un chorreado abrasivo, también conocido como *Sandblasting*, el cual consiste en propulsar a alta presión un fluido, en este caso arena, contra las vigas deterioradas, con el fin de remover todo el material contaminante, las porosidades y material descompuesto presente en las vigas.
4. Se descama la capa inferior de la viga de hormigón, el corte se realiza suavemente con paso de cierra a profundidad de 2,5 cm.
5. Revisar el acero existente y predimensionar la viga para incorporar el refuerzo necesario. Si se observa que hubo mucha pérdida de la sección del acero (mayor a valores entre 15 % y 20 % de la sección), se deberán remover las barras de acero y reemplazarlas.
6. Colocar nuevos estribos que sean capaces de absorber los esfuerzos de desgarramiento entre el hormigón antiguo y el nuevo. Realizar una buena unión entre ambos concretos con epóxico.
7. Colocar el acero longitudinal.
8. Armar el encofrado.
9. Hormigonear.

Siguiendo con los pasos se pasa a taladrar la viga a una altura justo por encima del espesor del ala de la viga con un taladro de 20 mm de diámetro, esto con el fin de proceder a colocar la armadura de refuerzo que va a bordear la viga tipo I en su eje inferior. Los estribos deben colocarse con un diámetro mínimo de 3/8 de

pulgada. En la figura 22 se define la sección transversal original con el acero colocado según lo observado en sitio y en la figura 23 se puede observar el proceso de la reparación de la viga.



**Figura 37:** Sección transversal original de la viga con acero inferior definido por observación

**Fuente:** Fuenmayor Carlos y Chirivella Julio (2018).



**Figura 38:** Proceso de reparación del eje inferior de la viga.

**Fuente:** De Caires. Yussara (2017).

El refuerzo más sencillo y práctico de aplicar consiste en añadir los estribos que sean necesarios a una distancia mínima de 30 cm con el nuevo acero de refuerzo longitudinal y cerrar con el mortero epoxi, a su vez se debe recubrir todo el acero colocado con un espesor de concreto mínimo de 7.5 cm. Cabe destacar, que es importante el correcto apeo de la viga a intervenir.

### **Colocación de la nueva armadura longitudinal inferior de la viga**

Para el cálculo del acero longitudinal se debe generar una nueva armadura, ésta configuración debe ser generada mediante los cálculos normales del acero en una viga, a través del conocimiento del momento último que presenta.

**Calculo de Área Total:**

$$\text{Largo x Ancho del Puente: } 15,40 \times 28,10 = 432,74 \text{ m}^2$$

**Área Tributaria:**

$$\text{Largo x Ancho Tributario: } 15,40 \times 2,01 = 30,91 \text{ m}^2$$

**Calculo Carga Permanente:**

Para el cálculo de la carga permanente, se siguieron los lineamientos establecidos en la Norma Venezolana COVENIN MINDUR 2002 – 88, “*Criterio y Acciones Mínimas Para el Proyecto de Edificaciones*”. Se calcularon las cargas por cada material que influye en la carga soportada por la viga, tomando en cuenta las dimensiones tomadas “in situ” y valores de pesos unitarios tomados de la norma mencionada tal como se muestra en los pasos mostrados a continuación:

**1. Losa Maciza de Concreto Armado de 40cm de espesor:**

“Para el cálculo de carga permanente en losas macizas, armadas en una o dos direcciones, se calcularán multiplicando su espesor por el peso unitario del concreto armado”: NORMA VENEZOLANA COVENIN - MINDUR 2002 - 88. Capítulo 4. Acciones Permanentes. Sección 3.1: Losas para Entrepisos y Techos

-Espesor de Losa Maciza: 40cm

-Peso Unitario del Concreto Armado ( $\rho_{\text{Concreto}}$ ): 2.400 kg/m<sup>3</sup>.

**-Carga Permanente por Losa Maciza =**

$$\rho_{\text{Concreto}} \times \text{Espesor de Losa Maciza} = 2.500 \text{ kg/m}^3 \times 0,40\text{m} = 1.000 \text{ kg/m}^2$$

**2. Capa asfáltica de 12cm de espesor:**

Para el cálculo de carga permanente de la capa asfáltica, se calculará multiplicando su espesor por el peso unitario de la misma.

-Espesor de la capa asfáltica: 12cm

-Peso Unitario de la Capa Asfáltica ( $\rho_{\text{CA}}$ ): 1.300 kg/m<sup>3</sup>

**-Carga Permanente por Capa Asfáltica =**

$$g_{CA} \times \text{Peso Unitario de Capa Asfáltica} = 1.300 \text{ kg/m}^3 \times 0,12\text{m} = 159,6 \text{ kg/m}^2$$

**3. Friso de 5cm de espesor:**

Para la preparación del friso, se empleó mortero de cemento, por lo tanto, para el cálculo de carga permanente por friso, se calculará multiplicando el espesor del friso por el peso unitario del mortero de cemento, siguiendo las indicaciones de la norma ya mencionada.

-Espesor del friso: 5cm

-Peso Unitario del Mortero de Cemento ( $g_{MC}$ ): 2.250 kg/m<sup>3</sup>

**-Carga Permanente por Friso**

$$g_{MC} \times \text{Espesor del Friso} = 2.250 \text{ kg/m}^3 \times 0,05\text{m} = 110 \text{ kg/m}^2$$

**4. Peso propio de la viga:**

Para el cálculo del peso propio de la viga, en primer lugar, se calculará el peso que representa cada viga, multiplicando el volumen de la misma, por el peso unitario del concreto armado. Posteriormente, se multiplica el valor dado del cálculo anterior por el número de vigas, para finalmente distribuir su carga dividiéndolo por el área total de la carpeta de rodamiento del puente.

-Dimensiones de viga

- Altura:  $h = 1,40\text{m}$
- Base:  $b = 0,50\text{m}$
- Luz:  $l = 15,40\text{m}$

-Área de Carpeta de Rodamiento ( $A_{cr}$ ): 432,74m<sup>2</sup>

-Peso Unitario del concreto armado ( $g_{Concreto}$ ): 2500 kg/m<sup>3</sup>

-Número de Vigas: 15

**-Carga Permanente por vigas de carga =**

$$\begin{aligned} \cdot \text{Peso de Viga} &= b \times h \times l \times g_{Concreto} = 0,50\text{m} \times 1,40\text{m} \times 15,40\text{m} \times 2.500\text{kg/m}^3 \\ &= 26.950 \text{ kg} \end{aligned}$$

- $Carga\ Permanente = (Peso\ de\ Viga\ x\ No.\ Vigas) / Acr = (26.950kg\ x\ 15) / 432,74m^2 = 934,16kg/m^2$

### 5. Peso propio de los rigidizadores transversales

Para el cálculo del peso propio de rigidizadores, en primer lugar, se calculará el peso que representa cada uno, multiplicando el volumen del mismo, por el peso unitario del concreto armado. Posteriormente, se multiplica el valor dado del cálculo anterior por el número de rigidizadores, para finalmente distribuir su carga dividiéndolo por el área total de la carpeta de rodamiento del puente.

-Dimensiones de Rigidizadores Transversales

- Altura:  $h = 0,80m$
- Base:  $b = 0,40m$
- Luz:  $l = 28,10m$

-Área de Carpeta de Rodamiento (Acr):  $432,74m^2$

-Peso Unitario del concreto armado ( $\rho_{Concreto}$ ):  $2.500\ kg/m^3$

-Número de Rigidizadores: 3

-**Carga Permanente por Rigidizadores =**

- $Peso\ de\ Rigidizador = b\ x\ h\ x\ l\ x\ \rho_{Concreto} = 0,40m\ x\ 0,80m\ x\ 28,10m\ x\ 2.500kg/m^3 = 2.2480\ kg$
- $Carga\ Permanente = (Peso\ de\ Rigidizador\ x\ No.\ Rigidizadores) / Acr = (2.2480kg\ x\ 3) / 432,74m^2 = 155,84kg/m^2$

**Carga Permanente Total:**

Será la suma de las cargas calculadas anteriormente:

$$C_{ptotal} = Carga\ Losa + Carga\ Friso + Carga\ de\ Capa\ Asfáltica + Carga\ de\ Peso\ de\ Vigas + Carga\ de\ Peso\ de\ Rigidizadores$$

$$C_{ptotal} = 2.356,01\ kg/m^2$$

**Calculo Carga Viva:**

Se tomó de la norma Covenin de Criterios y Acciones Mínimas para Proyectos de Edificaciones 2002-88, donde la carga variable capítulo 5.2 de Cargas Variables

Verticales, en punto 5.2.5 de Acciones Variables en Estacionamientos donde dice el peso de Autobuses y Camiones carga uniforme con un valor de 1.000kg/m<sup>2</sup> (Ver Figura 24).

**5.2.5 Acciones variables en estacionamientos**

Mientras no exista una norma sobre las acciones variables debidas a vehículos automotores en edificaciones se podrá usar las indicadas en esta Sección en las Áreas destinadas al estacionamiento de vehículos. Las cargas que se dan corresponden a casos extremos y queda a criterio del Ingeniero Proyectista, según el uso y el sistema estructural, la determinación de las cargas para el estacionamiento y la verificación de las vibraciones y deformaciones que puedan afectar a la edificación de la cual forma parte el estacionamiento.

La resistencia de la estructura se calculará con las cargas indicadas a continuación. La carga concentrada que tiene por objeto verificar los efectos de punzonado se colocará en el punto que produzca los efectos más desfavorables y sobre un cuadrado de 15 cm de lado.

a) Para vehículos de no más de 6 pasajeros:	
Carga uniforme .....	250 kgf/m <sup>2</sup>
Carga concentrada .....	800 kgf
b) Para autobuses y camiones:	
Carga uniforme .....	1000 kgf/m <sup>2</sup>
Carga concentrada:	la máxima carga que pueda soportar el pavimento.

**Figura 39:** Carga Variable o Viva.

Fuente: Norma Covenin de Criterios y Acciones Mínimas para Proyectos de Edificaciones 2002-88.

***Carga de la Viga:***

La se toman las cargas permanentes y viva y se mayor:

$$(1.2 \times CP) + (1.6 \times CV) = 1,2(2.356,01 \text{ kg/m}^2) + 1,6(1.000\text{kg/m}^2)$$

$$\text{Carga Mayorada} = 4427,21 \text{ kg/m}^2$$

Luego de tener la carga Mayorada se pasa a multiplicar por el área tributaria y se divide entre el ancho de la viga.

$$\text{Área Tributaria} \times C.M / \text{Ancho de Viga} = (30,91 \text{ m}^2 \times 4427,21 \text{ kg/m}^2) / 15,40 \text{ m}$$

$$q = 8.886,04 \text{ kg/m}$$

Para llegar a la cantidad de acero que se necesita para el nuevo refuerzo de la viga se debe conocer el momento último el cual nos permitirá saber cuál es el máximo esfuerzo que puede soportar la estructura en cada una de sus vigas, por ende se pasa a calcular el momento último, como:

$$\text{Momento Ultimo: } (q * L^2 / 10) = (9.160,62 \text{ kg/m} \times (15,40\text{m})^2) / 10$$

$$\text{Momento Ultimo} = 210.741,37 \text{ Kg/m} = 21.074.136,69 \text{ kg/cm}$$

Para determinar el momento último que se va a ejercer en la viga, se debe de multiplicar por un factor de mayoración, el cual será de 1,1 por el momento último.

$$\text{Momento ultimo mayorado} = 23.181.550,36 \text{ kg/cm}$$

***Calculo del Acero requerido en la viga:***

El nuevo acero requerido se definirá mediante la siguiente ecuación:

Dónde, el momento último debe ser definido del estudio de la viga pretensada en efecto junto con las cargas muertas y vivas que la misma presenta. El  $F_s$  (esfuerzo último del acero) el cual tiene de multiplicar  $0,5 \times F_y$  da un valor de  $2.100 \text{ kg/cm}^2$ . La altura  $H$  de la viga tipo I es de 1,40 metros y el recubrimiento definido es de 5 cm. Al obtener el acero requerido se debe definir el tipo de cabilla a usar, que no debe ser menor de  $5/8$ .

---

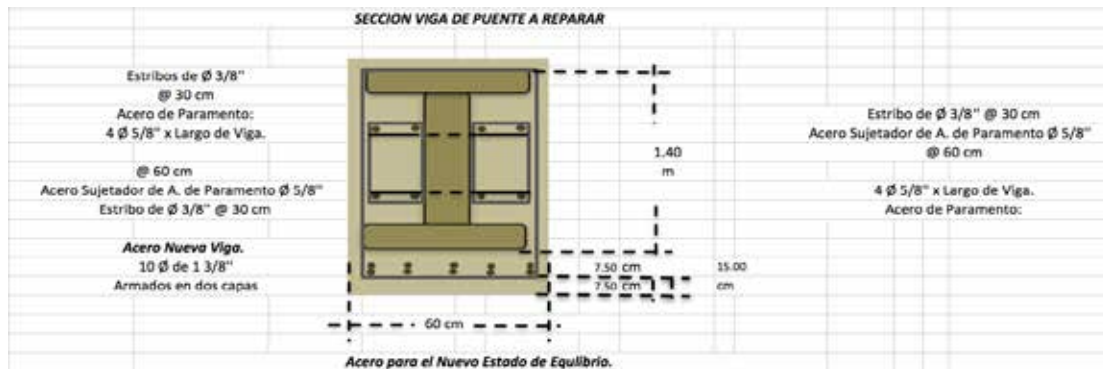
Con el área de Acero requerida se calcula la cantidad de acero que llevara la viga la cual se le colocara cabilla de  $1 \frac{3}{8}$ ".

$$\# \text{de barras: } A_{sreq} / \text{Área del Acero} = 90,85 \text{ cm}^2 / 10,07 \text{ cm}^2$$

#de barras: 9 barras.

Para la reparación de la primera viga, la cuál es la que presenta peores condiciones, ya que es la primera en recibir los impactos de vehículos pesados, se diseñará con sección rectangular. Se dispondrá el acero de refuerzo a flexión calculado en 2 capas de 5 barras de  $1 \frac{3}{8}$ " de diámetro, las cuales se encargarán de soportar toda la flexión presente en la viga. A su vez, se colocará un acero de paramento en el centro de la sección, 4 barras de  $5/8$ " de diámetro a cada lado del alma de la viga, con el fin de evitar el pandeo lateral y principalmente soportar las posibles colisiones futuras de vehículos contra la viga. Este acero será sostenido por estribos de  $3/8$ " colocados a cada 30cm, y se colocará un acero sujetador cada 60 cm, el cual perfora el alma de la viga. Dicho acero tendrá un diámetro de  $5/8$ ". Para esta

viga se utilizó recubrimiento de 5cm en ambas direcciones, aumentando la sección de la viga 15 en dirección “Y” y 10cm en dirección “X”. En la siguiente figura se detalla lo descrito anteriormente:

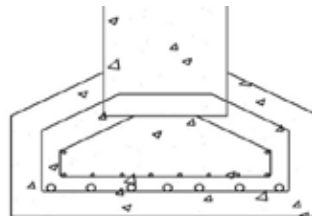


**Figura 40:** Detalle de disposición del acero de refuerzo en viga 1.

Fuente: Chirivella Julio y Fuenmayor Carlos (2018).

Para la reparación del resto de las vigas, el acero se distribuirá en una capa de 7 barras de acero, con un recubrimiento de 5 cm, rigiéndonos en la figura 36 (tabla de SIDETUR) la cual permite para un ancho 0,5 m de viga una cantidad de 7 barras de acero de 1 3/8” de diámetro.

Por ser una viga pretensada, un porcentaje del acero se va en los cables de acero, los cuales van colocados en la franja media de la sección transversal de la viga tipo I. Por lo tanto, para terminar de definir el acero inferior se debe conocer mediante los estudios necesarios el valor del área del acero de los cables, para finalmente definir el refuerzo inferior final que debe ser configurada como se muestra en la figura 34. La configuración de la viga quedará de la siguiente manera:



**Figura 41:** Detalle de configuración del resto de vigas a reparar.

Fuente: Chirivella Julio y Fuenmayor Carlos (2018).



**SIDETUR**  
SIDERURGICA DEL TURBIO S.A.  
FILIAL SIVENSÁ

**Número de cabillas permisible por ancho de sección**  
(Segun norma COVENIN-MINDUR 1753-87)

Ø	A N C H O b ( cm )													
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100
3/8"	1	2	4	5	7	8	10	11	12	15	18	21	24	27
1/2"	1	2	3	5	6	7	9	10	11	14	17	19	22	25
5/8"	1	2	3	4	6	7	8	9	10	13	15	18	20	23
3/4"	1	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	16	19	21
7/8"	—	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	20
1"	—	1	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18
1 3/8"	—	1	2	3	4	4	5	6	7	8	10	12	13	15

SIDETUR ofrece asistencia técnica gratuita para el correcto uso de sus productos a través de su departamento técnico.

**Figura 42:** Tabla SIDETUR distribución de cabillas en ancho de viga.

Fuente: Ing. Mag. Esp. Profesor Alejandro Pocatterra.

Para la colocación del acero de refuerzo de las vigas se va a realizar un anclaje al muro para su restauración. La broca del canal de colocación del anclado debe ser un diámetro mayor al cálculo, es decir, como las cabillas son de 1 3/8", el espacio de anclado debe ser con una broca de 1 3/8" o un diámetro mayor y reforzado con epóxico. Se perforara la cantidad necesaria para anclar el nuevo acero de refuerzo requerido para la viga. Ver anclaje figura 45.

El hormigón que va a recubrir la viga con el acero de refuerzo debe llevar un concreto hidrófugo con una resistencia superior al existente, la cuál será  $F'c = 300 \text{ kg/cm}^2$ . La inyección a presión del relleno de epóxico puede hacerse manual en la zona de refuerzo con un sistema epóxico de baja viscosidad y aplicar con pistolas de calafateo.



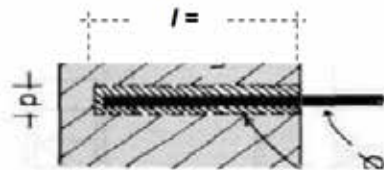
**Figura 43:** Armadura inferior de la viga

Fuente: Fuenmayor Carlos y Chirivella Julio. (2018).



**Figura 44:** Desgaste de las vigas por el flujo vehicular año (2013 y 2018).

**Fuente:** Fuenmayor Carlos y Chirivella Julio. (2018).



**Figura 45:** Anclaje de la Viga.

**Fuente:** Fuenmayor Carlos y Chirivella Julio. (2018).

Por último y no menos importante, la viga debe recubrirse con pintura inhibidora y antisalina para aislar de humo, de la humedad, deben de emplearse luego de 15 días de fraguado el concreto, reemplazando el proceso de quemado, logrando una alta resistencia a la alcalinidad. El producto que se menciona es la pintura

LOXON de Sherwin Williams mostrado en la figura 45 y la pintura WURTH inhibidora mostrada en la figura 46.



**Figura 46:** Pintura Loxon de Sherwin Williams.

**Fuente:** Reparación Vigas de Concreto Ing. Mag. Esp. Profesor Alejandro Pocaterra (2015)



**Figura 47:** Pintura Inhibidora Wurth.

**Fuente:** Reparación Vigas de Concreto Ing. Mag. Esp. Profesor Alejandro Pocaterra (2015).

#### **4.3.2 Reparación de las grietas en losa**

La reparación inmediata consiste en rellenar con epoxi las grietas que se visualizan en la losa y en las vigas del puente. Para ello se debe preparar la superficie, en este caso con aire caliente, para luego proceder a realizar la inyección con el sellador dependiendo del ancho de las fisuras.

Para la reparación de las grietas de las losas y vigas de carga se deben seguir los siguientes pasos para su perfecta restauración:

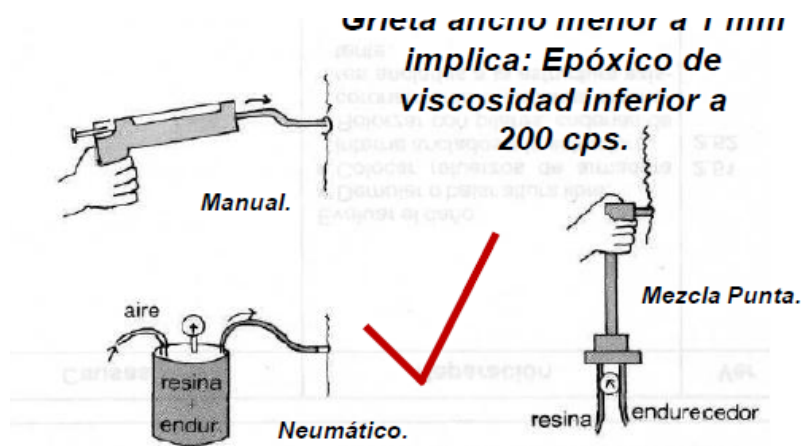
1. Se lava con chorro de aire caliente a presión. (Si se hace con agua debe estar completamente seca la superficie de la grieta, para aplicar el sellador).

2. Se quiebra o parte, los bordes de la grieta. Se vuelve a limpiar con Chorro de Aire Caliente.
3. Se sella la parte superior o Tope de la grieta, con Cinta Plástica y luego, se rellena desde el punto más bajo de la misma, hasta arriba, con el Sellador Epóxico.

Siguiendo los pasos ya mencionados se toma la decisión de hacer la inyección del concreto a presión, la inyección del epoxi se puede realizar con tres equipos diferentes (Ver Figura 29).

- a. Equipo Manual: se utilizan sistemas de epoxi de muy baja viscosidad y se aplica con pistola de calafeteo.
- b. Equipo Neumático: se emplean equipo neumáticos con aire comprimido de 2 a 7 kg/cm<sup>2</sup>.
- c. Equipo de mezcla en punta: este equipo dosifica los componentes en la salida del equipo, es un equipo de altas presiones (14kg/cm<sup>2</sup>) se aplican resinas de baja viscosidad.

Para la reparación se va a utilizar el equipo neumático ya que posee una buena presión para la inyección del epoxi para la losa y vigas del puente que se encuentran con fisuras.



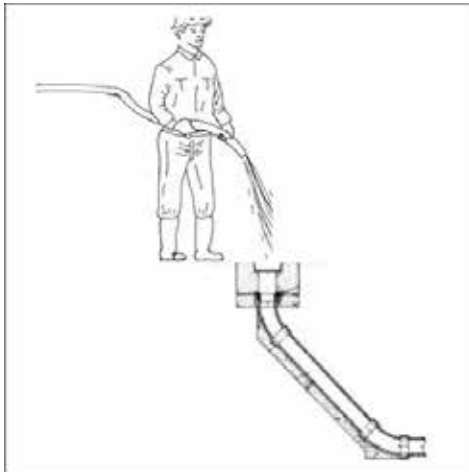
**Figura 48:** Inyecciones de Epoxi.

**Fuente:** Reparación Vigas de Concreto Ing. Mag. Esp. Profesor Alejandro Pocaterra (2015).

### 4.3.3. Incorporación de un sistema de drenaje de agua de lluvia

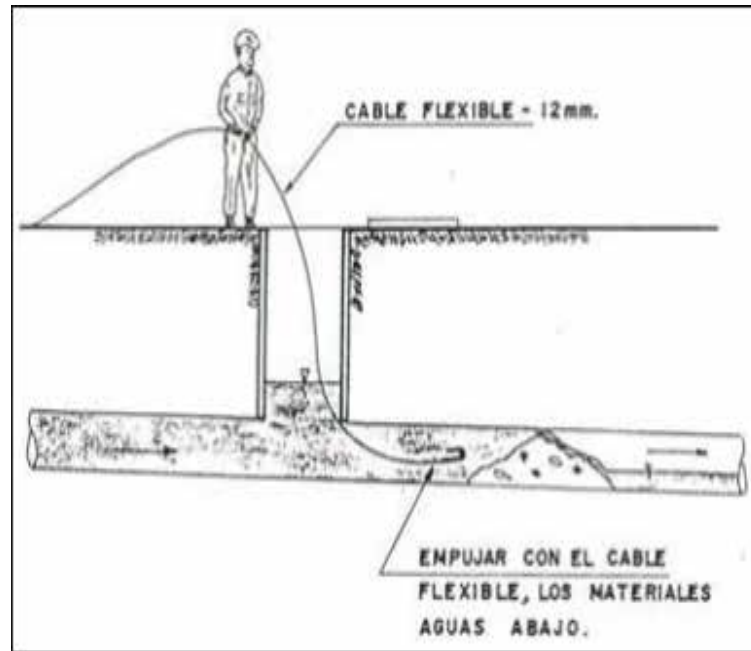
Con respecto al drenaje de las aguas de lluvia del puente, se desarrolla una propuesta del desarrollo de un nuevo sistema de drenaje, que trabaje en conjunto con el sistema ya existente, el cual presenta un deterioro notable, y no tiene la capacidad de recolectar eficientemente las aguas, por lo que se toma la decisión de hacerle un mantenimiento correctivo, e implementar el nuevo sistema de drenaje ya mencionado.

En primer lugar, al sistema de drenaje ya existente, como se menciona en el párrafo anterior, se le hará un mantenimiento correctivo, el cual consiste en una limpieza de las tuberías, empleando un sistema de bombeo de agua con alta presión al interior de las mismas y empleando varillas de desatoro, con el fin de remover los sedimentos atascados en ella, que obstruyen el paso total o parcial del agua en el interior de los colectores, el cual ocasiona el represamiento del desagüe, lo que conlleva a las inundaciones que ocurren en el lugar cuando se presentan fuertes o prolongadas precipitaciones que colapsan el sistema existente. En las figuras 49 y 50, podemos apreciar el sistema de bombeo y las varillas de desatoro respectivamente.



**Figura 49:** Sistema de bombeo de agua con alta presión.

**Fuente:** Operación y mantenimiento de sistemas de alcantarillado sanitario en el medio rural (2005)



**Figura 50:** Sistema de varillas de desatoro.

**Fuente:** Operación y mantenimiento de sistemas de alcantarillado sanitario en el medio rural (2005)

Luego, siguiendo los lineamientos de las “*Normas Sanitarias Para Proyecto, Construcción, Reparación, Reforma y Mantenimiento de Edificaciones. Gaceta Oficia No. 4044 del año 1988*”, se procede a diseñar la propuesta de un nuevo sistema de drenaje de aguas de lluvias, que junto con el sistema existente, puedan realizar una óptima recolección de las aguas de lluvia:

4.3.3.1 Primero, se determina el diámetro de los bajantes, según indica la tabla 47 de la norma antes mencionada.

-Área máxima de proyección horizontal drenadas: 432.74 m<sup>2</sup>. Se selecciona una considerablemente superior

-Intensidad de lluvia asumida: 200 mm / hora

-Duración: 10 min

Frecuencia: 5 años

**TABLA 47**  
**ÁREAS MÁXIMAS DE PROYECCIÓN HORIZONTAL EN METROS CUADRADOS QUE PUEDEN SER DRENADAS POR BAJANTES DE AGUAS DE LLUVIA DE DIFERENTES DIÁMETROS PARA VARIAS INTENSIDADES DE LLUVIA**

Diámetro del bajante		Intensidades de lluvia (mm/hora)					
		50	75	100	125	150	200
Cms.	Pulg.	Áreas máximas de proyección horizontal drenadas (M2)					
5,08	2	140	90	65	50	45	30
6,35	2 1/2	240	160	120	100	80	60
7,62	3	400	270	200	160	135	100
10,16	4	850	570	425	340	285	210
12,70	5	1.600	1.070	800	640	535	400
15,24	6	2.510	1.670	1.250	1.000	835	630
20,32	8	5.390	3.590	2.690	2.155	1.759	1.350

**Figura 51:** Tabla 47. Áreas máximas de proyección horizontal en metros cuadrados que pueden ser drenadas por bajantes de aguas de lluvia de diferentes diámetros para varias intensidades de lluvia

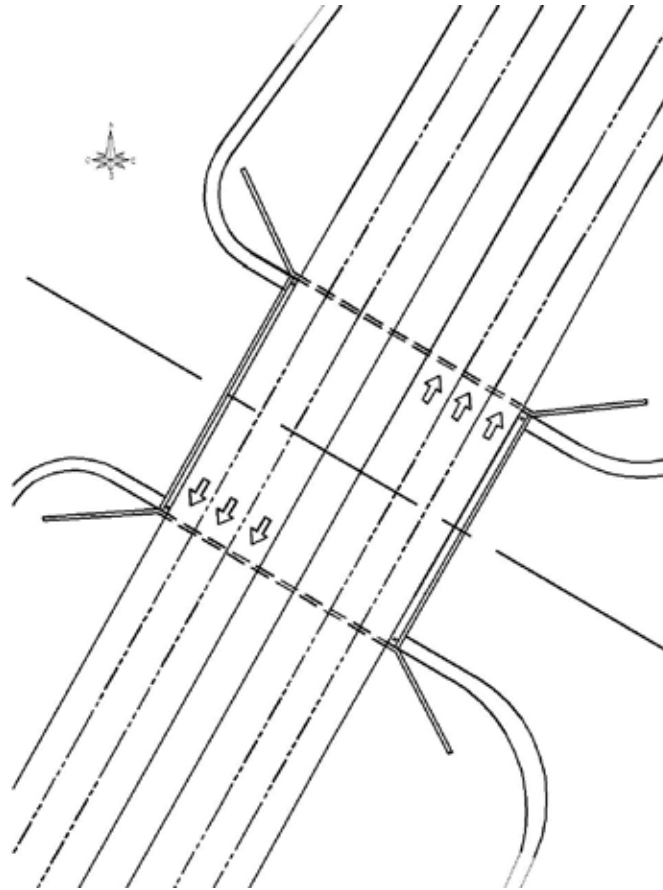
**Fuente:** Normas Sanitarias Para Proyecto, Construcción, Reparación, Reforma y Mantenimiento de Edificaciones. Gaceta Oficial No. 4044 del año 1988

- Se obtuvo un diámetro de diseño para los bajantes de 6'' y se colocarán 4.
- En la parte posterior del puente, se colocaran rejillas de bronce de 6''.
- Los bajantes, serán distribuidos de la siguiente manera:



**Figura 52:** Rejilla de bronce de 6''

**Fuente:** Fuenmayor Carlos y Chirivella Julio. (2018).



**Figura 53:** Distribución de bajantes aguas de lluvia de 6'' del nuevo sistema de drenaje de aguas de lluvia

**Fuente:** Fuenmayor Carlos y Chirivella Julio. (2018).

4.3.3.2 En segunda instancia, se procede a determinar el diámetro de tuberías de drenaje horizontal para aguas de lluvia, según indica la tabla 48 de la norma antes mencionada.

- Área máxima de proyección horizontal drenadas: 432.74 m<sup>2</sup>. Se selecciona una considerablemente superior

-Intensidad de lluvia asumida: 150 mm / hora

-Duración: 10 min

-Frecuencia: 5 años

-Pendiente: 2%

TABLA 48  
 ÁREAS MÁXIMAS DE PROYECCIÓN HORIZONTAL EN METROS CUADRADOS QUE  
 PUEDEN SER DRENADAS POR RAMALES, CONDUCTOS (EXCEPTO CANALES Y  
 BAJANTES) Y POR CLOACAS DE DRENAJE DE AGUAS DE LLUVIA, INSTALADOS CON  
 VARIAS PENDIENTES Y PARA INTENSIDAD DE LLUVIA DE 150 MILÍMETROS POR HORA,  
 DURACIÓN DE 10 MINUTOS Y FRECUENCIA DE 5 AÑOS

Diámetro del ramal conducto o cloacas		Áreas máximas de proyección horizontal drenadas (metros cuadrados) Pendientes			
Cms.	Pulgadas	1%	2%	4%	6%
7,62	3	50	70	100	120
10,16	4	115	165	235	285
12,70	5	205	290	415	505
15,24	6	330	470	665	815
20,32	8	740	1.010	1.425	1.755
25,40	10	1.280	1.810	2.565	3.140
30,48	12	2.060	2.910	4.125	5.050
38,10	15	3.685	5.200	7.370	9.025

**Figura 54:** Tabla 47. Áreas máximas de proyección horizontal en metros cuadrados que pueden ser drenadas por ramales, conductos (excepto canales y bajantes) y por cloacas de drenaje de aguas de lluvia, instalados con varias pendientes y para intensidad de lluvia de 150mm/hora, duración de 10 minutos y frecuencia de 5 años.

**Fuente:** Normas Sanitarias Para Proyecto, Construcción, Reparación, Reforma y Mantenimiento de Edificaciones. Gaceta Oficia No. 4044 del año 1988

- Se puede observar que se usa un área mucho mayor de la que se tiene, debido a que la tabla esta diseñada para una intensidad de lluvia de 150 mm / hora, por lo que se escogerá un diámetro mayor para un mejor funcionamiento del sistema de drenaje.
- Se obtuvo un diámetro para diseño de cloacas de drenaje horizontal de 8”.

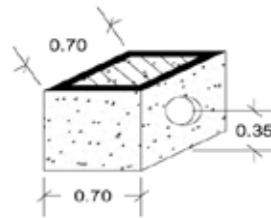
#### 4.3.3.3 Luego, se procede al diseño de las tanquillas:

Para el diseño de las tanquillas, se seguirán las recomendaciones de la norma ya mencionada, en la cual establece que las dimensiones de las tanquillas se podrán diseñar en base al diámetro del bajante, específicamente, el lado de la tanquilla será aproximadamente 4 veces el diámetro del bajante:

Se obtiene una tanquilla cuadrada de (60 x 60) cm, por 60 cm de altura. A dicha tanquilla se le agrega un muro de concreto dissipador de energía, con el fin de

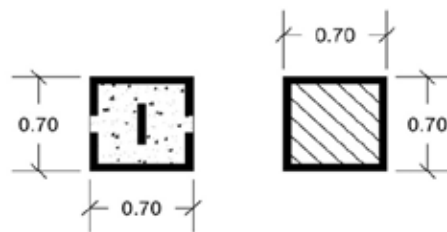
disminuir la línea de energía que lleva el agua, para evitar daños posteriores en el sistema de drenaje. Dicho muro, tendrá 30cm de largo, y será colocado en el centro de la tanquilla, dejando 15cm libres de cada lado para el paso del agua. Además, tendrá 30cm de alto, más 5cm de espesor. Tanto la tanquilla como el muro, serán construidos en concreto armado de resistencia máxima a la compresión de  $F'c = 180 \text{ kg/cm}^2$ . A continuación, se presenta un diseño de la tanquilla:

La tanquilla tendrá una tapa de acero, donde las rejillas tendrán una inclinación de  $45^\circ$ , para mejor recolección de las aguas, tal como se muestra en la siguiente figura:



**Figura 55:** Detalle de tanquilla.

Fuente: Chirivella Julio y Fuenmayor Carlos (2018)



**Figura 56:** Vista de planta de tanquilla (Izquierda), Detalle de rejilla de la tanquilla (Derecha).

Fuente: Chirivella Julio y Fuenmayor Carlos (2018)

#### 4.3.3.4 Desembocadura de las aguas:

Finalmente, desde la tanquilla, sale la tubería de drenaje, la cual tiene la función de llevar las aguas recolectadas a una zona cercana con menor cota, específicamente

hacia el suroeste de la zona, donde desembocarán en áreas verdes cercanas, con el fin de hacer un buen uso de las aguas recolectadas.

#### **4.3.4. Elaboración de un plan de mantenimiento**

Para garantizar que la rehabilitación sea eficiente y duradera, es necesario elaborar un plan de mantenimiento adecuado que mantenga el buen estado de las reparaciones ya realizadas, porque de lo contrario, se volverían a presentar problemas en la estructura, por lo que se le debe dar mucha importancia al mantenimiento de la misma.

Se realizará un plan básico de mantenimiento preventivo, basándonos en el *“Manual de procedimientos para el mantenimiento y prevención del Elevado Ziruma”* (Lukaszewski, 2007), en el cual se mencionan una serie de recomendaciones a seguir para lograr mantener el buen estado de la estructura.

##### **4.3.4.1. Mantenimiento preventivo en vigas**

Para proteger las vigas de la corrosión y la oxidación, se debe recubrir con pintura inhibidora y antisalina, tal como se indica en el punto 4.3.1. Se recomienda pintarlo al menos una vez al año, para mantener el buen estado de las vigas de carga.

A su vez, se debe aplicar un programa continuo de lavado a presión para remover las sustancias químicas y agentes perjudiciales para la estructura, así como una limpieza periódica a lo largo de toda la longitud de las vigas y rigidizadores

Para proteger a las vigas y rigidizadores de los impactos recibidos de vehículos pesados, se debe mantener bien iluminado el puente, cambiando los bombillos constantemente, así como también aplicar pintura brillante, en los elementos que se encuentran en ambos extremos del puente para visualizarlos fácilmente. La aplicación de la pintura deberá realizarse, al menos, una vez al año. Además se requiere colocar de manera visible y legible claramente, e iluminado en las noches, la altura máxima permitida para transitar por debajo del puente.

##### **4.3.4.2. Mantenimiento en el tablero**

Se debe colocar una membrana permeable para evitar corrosión, además de una limpieza periódica frecuente. Solamente una rígida inspección, y evidentemente, un buen diseño, evitará agrietamiento y otras fallas en el tablero

#### **4.3.4.3.Mantenimiento del drenaje**

Para el mantenimiento de ambos sistemas de drenaje, se realizará un lavado a presión de todas las tuberías existentes, así como también empleamiento de otras técnicas pertinentes, como varillas de desatoro. Es de vital importancia realizar inspecciones frecuentes, las cuales se recomienda hacer trimestralmente.

#### **4.3.4.4 Mantenimiento del pavimento**

El pavimento siempre presenta defectos menores, los cuales son importantes de corregir debido a que afectan potencialmente a otros elementos de la estructura. Para el mantenimiento preventivo, es necesario de un equipo de inspección capacitado que realice inspecciones detalladas al pavimento. Para evitar grietas, baches, entre otras fallas, y lograr una máxima estabilidad del pavimento, se debe hacer hincapié en evitar la humedad en la superficie, para la cual, se pueden tomar las siguientes medidas:

- Uso de bases y sub-bases granulares que evitan el estancamiento del agua
- Hacer correcciones eventuales en las pendientes

#### **4.3.4.5 Mantenimiento de Brocales, aceras y barreras de seguridad**

Para brocales y aceras, se puede prevenir la humedad con el empleo de materiales como concreto epóxico, fraguadores superficiales, cubiertas epóxicas superficiales y aceite de linazas. Asimismo, de deben realizar lavados de superficies frecuentes para evitar el deterioro

Para barreras de seguridad, en este caso elaboradas en concreto, se debe aplicar pintura anticorrosiva e inhibidora antes mencionada, así como inspecciones eventuales para verificar su estado. En el caso de colisiones, se debe atender el daño inmediatamente.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **CONCLUSIÓN**

En el presente trabajo de grado se implementaron objetivos específicos que predominan en todo el proceso del trabajo de grado, estos constituyen las fases metodológicas que se deben seguir durante el desarrollo de la investigación. De este modo, en el presente Trabajo de Grado se definieron tres etapas fundamentales destacadas en base a Diagnosticar la Situación Actual de la Superestructura de Puente, Análisis de la Información Recopilada y aplicar la solución más factible para rehabilitar la estructura y por último desarrollar una propuesta de rehabilitación para el Puente de Tocuyito ubicado en el Municipio Libertador del Estado Carabobo.

El desarrollo de la investigación se empezó con la primera fase metodológica el cual se realizó un diagnóstico actual de la superestructura del puente, para realizar un diagnóstico de la superestructura del puente se estuvo “in situ” para recopilar la mayor cantidad de información, además se usaron herramientas de investigación mediante software para las curvas de nivel de la zona donde se encuentra el puente e internet en búsqueda de artículos, libros, normas y estudios relacionados al tema del cual se realizó en la investigación.

De este modo se procesó la segunda fase donde se analizó la información que se recolectó en la primera fase de la investigación, usando la tabla de “Evaluación de Edificaciones Existentes” realizada por el Ing. William Lobo Dugarte la cual nos permitió obtener un nivel de deterioro de la superestructura del Puente, además se analizaron los elementos que se encuentran en mal estado, luego de analizada la recopilación de la información se planteó aplicar una solución factible para recuperar los elementos con mayor deterioro en la superestructura del Puente.

Así con base de cómo se encuentra la superestructura del puente se pasó a la tercera fase de la investigación y objetivo principal del Trabajo de grado el cual es desarrollar una propuesta de diseño para rehabilitar los elementos afectados en la

superestructura.

Esta fase se dividió en cuatro sub-fases, la primera en rehabilitar los elementos más afectados de la superestructura los cuales son las vigas de carga, se realizó un predimensionado usando la Norma Venezolana COVENIN MINDUR 2002 – 88, “Criterio y Acciones Mínimas Para el Proyecto de Edificaciones”, donde se calculó el Asreq para las vigas de cargas a rehabilitar afectadas por los golpes propiciados por los “Vehículos Pesados” que transitan por la vialidad inferior del Puente.

Procediendo con el desarrollo de la propuesta se realizó una segunda sub-fase donde se implementó un proceso para reparar las grietas que poseen las vigas y la parte inferior de la losa, en la tercera sub-fase se realizó un nuevo sistema de drenaje para la recolección de agua de la parte superior del puente mediante la “Normas Sanitarias Para Proyecto, Construcción, Reparación, Reforma y Mantenimiento de Edificaciones. Gaceta Oficial No. 4044 del año 1988”, donde se calculó las dimensiones de los drenajes para la recolección de aguas de lluvia.

En la última sub-fase de la propuesta de rehabilitar el puente, se realizó un plan de mantenimiento con el fin de alargarle la vida útil a los componentes que conforman la superestructura del Puente de Tocuyito.

Esperamos que este Trabajo de Grado sirva como modelo para los entes del estado, además de ofrecer toda la información y recomendaciones técnicas basadas en las normas venezolanas, se busca ser una primera opción al momento de recuperar un Puente vial que no se encuentren en buen estado los componentes de la superestructura.

Esperamos que estudio de investigación permita ser de gran utilidad para cualquier persona o ente que así lo desee, por el cual nos sentimos bastante satisfechos al haber contribuido con un pequeño aporte a la solución de los innumerables problemas que existen en la región y en el país en los puentes viales.

## RECOMENDACIONES

- El puente de Tocuyito presenta una gran cantidad de deficiencias no solo a nivel estructural sino a nivel funcional, por ende se recomienda realizar un estudio patológico de la estructura, para determinar el verdadero daño que posee el puente.
- Al estudiar las vigas existentes del puente se logró determinar la necesidad de repararlas, mejorando el puente estéticamente y aumentando su resistencia. Cabe destacar, que es recomendable profundizar en el estudio de la fortaleza de las vigas, en vista de que se desconoce el refuerzo total en acero que ellas poseen, para ello sería necesario usar equipos de sonda y ultrasonidos, los cuales son aparatos de última tecnología que determinan la composición completa del concreto armado y el acero colocado.
- Es de suma importancia realizar un plan de mantenimiento periódico para las estructuras destinadas al tránsito vehicular para poder preservarlas y aumentar potencialmente su vida útil.
- Se debe realizar un estudio en el sitio para determinar si es posible disminuir la carpeta asfáltica de la vía inferior del puente, para así poder incrementar la altura de útil o galibo de estructura para evitar colisiones futuras por el tráfico de equipos pesados que transita por la zona, esto conlleva al mejoramiento en función la vía inferior del puente y el tráfico perteneciente a la zona.
- Es importante destacar que se trata de una propuesta de primer orden para la rehabilitación de la estructura, la cual debe pasar por especialistas que determinen la factibilidad del desarrollo de la misma.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, P. e Icaza, M. (2012), **Diseño de puentes**, [Libro] México.
- Arias, F. (2012): **El proyecto de Investigación**, Caracas: Episteme.
- Arroyo Ferrer, Gustavo David y Rodríguez Núñez, Raúl Ricardo (2009). **Evaluación de la Estructura del Puente de O Leary del Municipio Maracaibo**. [TG] Venezuela.
- Balestrini, M. (2006): **Como se elabora el Proyecto de Investigación**, Caracas: BI Consultores Asociados.
- Cabrera E. (2004): **Diseño de puentes**, [Libro] Chile.
- Cayambe J. y Córdova G. (2012), **Elementos de puentes**.
- H Paris (1993) **Manual de Puentes**, Venezuela.
- Hernández. Fernández. Baptista. (1998): **Metodología de la Investigación**, Colombia: McGraw-Hill.
- Ing. William Lobo Duarte (2005).**Mantenimiento y rehabilitación Evaluación de las obras civiles**. Venezuela. <https://www.monografias.com/trabajos25/mantenimiento-rehabilitacion/mantenimiento-rehabilitacion.shtml>
- LFRD y AASHTO (2010), **Manual de Diseño de puentes**.
- Monleón Cremades, S. (1997), **Ingeniería de Puentes**, [Libro] España. Editorial Universidad Politécnica de Valencia.
- Monterola J. (2006). **Puentes**, [Libro] España: Editorial: canales y puertos colegio de ingenieros de caminos.
- Palella. Martins. (2003): **Metodología de la investigación cuantitativa**. Universidad Pedagógica Experimental Libertador.
- Rodríguez A. (2016): **Puentes**, [Libro Digital] Perú, Disponible: <https://stehven.files.wordpress.com/2015/06/puentes-ing-arturo-rodriguez-serquen.pdf> [Consulta 2017].
- Tamayo y Tamayo M. (2001), **El Proceso de Investigación Científica**, México: Limusa. Universidad Bicentenario de Aragua.

Universidad José Antonio Páez (2007) **Normas para la Elaboración y Presentación de los Anteproyectos, Proyectos y Trabajos de Grado.** San Diego, Venezuela.

Universidad Pedagógica Experimental Libertador (U.P.E.L.) (2010), **Manual para la Elaboración del Trabajo de Grado.** Venezuela.