



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
MINISTERIO DEL PODER POPULAR  
PARA LA EDUCACIÓN SUPERIOR  
INSTITUTO UNIVERSITARIO POLITÉCNICO  
"SANTIAGO MARIÑO" EXTENSIÓN MÉRIDA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**DISEÑO DE UN PUENTE CARRETERO COMO VÍA ALTERNA PARA LA  
TRONCAL 007, PROGRESIVA 341+700 DEL SECTOR LOS LLANITOS  
DE TABAY Y LA PROGRESIVA 0+000 DEL SECTOR LA VEGA DE SAN  
ANTONIO DEL MUNICIPIO SANTOS MARQUINA ESTADO MÉRIDA**

Autor: Avendaño, S. Karina, V.

Tutor: Ing. Emiro Chirinos

Asesor Metodológico: Máximo Briceño

Mérida, Enero 2012.



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
MINISTERIO DEL PODER POPULAR  
PARA LA EDUCACIÓN SUPERIOR  
INSTITUTO UNIVERSITARIO POLITÉCNICO  
"SANTIAGO MARIÑO" EXTENSIÓN MÉRIDA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**DISEÑO DE UN PUENTE CARRETERO COMO VÍA ALTERNA PARA LA  
TRONCAL 007, PROGRESIVA 341+700 DEL SECTOR LOS LLANITOS  
DE TABAY Y LA PROGRESIVA 0+000 DEL SECTOR LA VEGA DE SAN  
ANTONIO DEL MUNICIPIO SANTOS MARQUINA ESTADO MÉRIDA**

**Trabajo Especial de Grado para Optar al Título de  
Ingeniero Civil**

Autor: Avendaño, S. Karina, V.

Tutor: Ing. Emiro Chirinos

Asesor Metodológico: Máximo Briceño

Mérida, Enero de 2012.

## ACEPTACIÓN DEL TUTOR

En mi carácter de Tutor del Trabajo Especial de Grado titulado: Diseño de un Puente como Vía Alternativa para la Troncal 007, Progresiva 341+700 y La Progresiva 0+000 del Sector La Vega de San Antonio del Sector Los Llanitos de Tabay del Municipio Santos Marquina del Estado Mérida. Presentado la ciudadana Karina Vanessa Avendaño Sulbarán, Cédula de Identidad N° 18.308.230, para optar al Título de Ingeniería Civil; considero que éste reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte del Jurado Examinador que se designe.

En la ciudad de Mérida, a los 18 días del mes de Enero 2012.



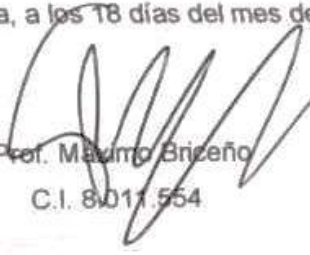
Ing. Emiro Chirinos

C.I. 5.286.423

## ACEPTACIÓN DEL ASESOR METODOLÓGICO

En mi carácter de Asesor(a) Metodológico(a) del Trabajo Especial de Grado titulado: Diseño de un Puente como Vía Alternativa para la Troncal 007, Progresiva 341+700 y La Progresiva 0+000 del Sector La Vega de San Antonio del Sector Los Llanitos de Tabay del Municipio Santos Marquina del Estado Mérida. Presentado la ciudadana Karina Vanessa Avendaño Sulbarán, Cédula de Identidad N° 18.308.230, para optar al Título de Ingeniería Civil; considero que éste reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte del Jurado Examinador que se designe.

En la ciudad de Mérida, a los 18 días del mes de Enero 2012.



Prof. Máximo Briceño  
C.I. 8.011.554

**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
INSTITUTO UNIVERSITARIO POLITÉCNICO  
“SANTIAGO MARIÑO”  
EXTENSIÓN MERIDA  
INGENIERIA CIVIL**

**DISEÑO DE UN PUENTE CARRETERO COMO VÍA ALTERNA PARA LA  
TRONCAL 007, PROGRESIVA 341+700 DEL SECTOR LOS LLANITOS  
DE TABAY Y LA PROGRESIVA 0+000 DEL SECTOR LA VEGA DE SAN  
ANTONIO DEL MUNICIPIO SANTOS MARQUINA ESTADO MÉRIDA**

**Propuesta de Trabajo Especial de Grado**

**Línea de Investigación:** Construcción: Estructuras de Obras Viales.

**Autor:** Karina Avendaño

**Tutor:** Ing. Emiro Chirinos

**Asesor Metodológico:** Prof. Máximo Briceño

**Mes, Año:** Enero 2012.

**Resumen**

Los sectores en estudio tienen la necesidad de mejorar la calidad de la vía y la comunicación de la población, puesto que el puente colgante por medio del cual se comunican presenta deterioros que pueden afectar en algún momento de su vida útil y la comunicación entre ambos sectores. La presente investigación tiene como finalidad realizar el Diseño de un Puente carretero como Vía Alternativa para la Troncal 007, Progresiva 341+700 y La Progresiva 0+000 del Sector La Vega de San Antonio del Sector Los Llanitos de Tabay del Municipio Santos Marquina del Estado Mérida. Dicha propuesta se presenta como una solución factible para brindar solución a los constantes deslizamientos que se presentan en la carretera trasandina Troncal 007, y al mismo tiempo consolidar la estructura vial. La metodología empleada en este proyecto se enmarca en la modalidad de investigación Proyecto Factible, en vista de que el aporte permite ser aplicado a la realidad, del mismo modo se apoya en la técnica de investigación documental y de campo. Para lograr el desarrollo de este esquema fue necesario implementar diferentes metodologías de recolección de información, con la utilización de instrumentos como: lista de cotejo, registros fotográficos, encuestas, consultas de ensayos de laboratorio, levantamientos topográficos, que permitirán la obtención de la información necesaria para dar continuidad a la investigación, y que permitieron obtener los resultados.

**Descriptores:** Puentes, Diseño, Vía Alternativa.



## Introducción

A través de la historia se ha observado como los puentes han sido elementos esenciales en las carreteras y como han tenido diferentes desempeños, desde unir grandes tramos por la separación de un río, o bien sea por los viaductos que sirven para unir caminos separados por terrenos profundos, hasta llegar a los que se emplean en los pasos a desnivel. Es por ello que los puentes se deben construir de una manera funcional y segura para facilitar el traslado de la población, bien sea mediante el tránsito automotor, o el tránsito peatonal, para poder realizar labores económicas y sociales.

Es un hecho real tal como lo expone Lobo (2005), que Venezuela es un país de ríos, depresiones y quebradas que han tenido y seguirán teniendo una historia en cuanto a sus puentes, porque de alguna manera se han presentado condiciones críticas experimentadas y rehabilitaciones hechas en el tiempo, en ocasiones acordes con los avances de la ingeniería y la tecnología, y otras mostrando numerosos grados de vulnerabilidad. Es de esta manera y en manos de excelentes profesionales que en Venezuela se construyeron obras de puentes, algunas monumentales que aun continúan en funcionamiento, debido a que la ingeniería requiere y exige que para proyectos de este tipo se deban realizar proyectos racionales.

Es evidente que la Ingeniería Civil por su amplitud debe brindar satisfacción a las sentidas y variadas necesidades de la sociedad construyendo así vías de comunicación y junto a ellas puentes porque resultan ser de suma importancia, y cumplen a su vez con las exigencias de mejorar la calidad de los materiales empleados para el desarrollo y diseño de proyectos de puentes cumpliendo así con mejoramiento de las vías, para de esta manera ofrecer un fácil acceso a todas las regiones del país, aplicando en ellos la racionalidad.

El caso en estudio de esta investigación se encuentra ubicado en la carretera trasandina (Troncal 007) por la cual se atraviesa una gran cantidad de centros poblados, y es clave para la comunicación de estos centros, entre los cuales está Tabay Municipio Santos Marquina del Estado Mérida, específicamente en la progresiva 341+700 del sector los Llanitos de Tabay, que se encuentra en comunicación con la progresiva 0+000 del sector de la Vega de San Antonio, perteneciente al Municipio Santos Marquina del Estado Mérida, por medio de un puente colgante, que es usado por los habitantes de estos sectores porque lo toman como vía alterna, pero que presenta un deterioro constante.

Es por ello que se realiza la propuesta para el diseño de un puente carretero como vía alterna para la Troncal 7 (T-007), progresiva 341+700 y la progresiva 0+000 del Sector la Vega de San Antonio del Sector los Llanitos de Tabay del Municipio Santos Marquina del Estado Mérida, para evitar que con el tiempo queden incomunicados estos sectores, causando así una incomunicación que afectaría la calidad de vida de la población de los mismos.

Bajo estas premisas y con el fin de desarrollar los objetivos planteados, el proyecto de investigación se estructura en capítulos que se especifican a continuación; en el Capítulo I, se expone la contextualización del problema, el objetivo general, los específicos, así como la justificación de la investigación. Continuando con el Capítulo II donde se describe la reseña histórica relacionada con la investigación, los antecedentes, las bases teóricas y legales, terminando con la definición de los términos básicos del tema en estudio. Mientras que en el Capítulo III se detalla todo lo referente a la modalidad empleada, el tipo de investigación y el procedimiento mediante las fases, complementándolo con las técnicas e instrumentos a ser usados para la recolección de los datos de la investigación. y para culminar el Capítulo IV, presentando las conclusiones recomendaciones y la propuesta del diseño del puente carretero como vía alterna para la Troncal 7 (T-007).



## INDICE GENERAL

	<b>P.p.</b>
LISTA DE CUADROS	i
LISTA DE FIGURAS	ii
LISTA DE GRAFICOS	iii
LISTA DE TABLAS	iv
LISTA DE FOTOS	v
RESUMEN	vi
INTRODUCCIÓN	1
<b>CAPITULO</b>	<b>3</b>
<b>I. EL PROBLEMA</b>	<b>3</b>
Contextualización del Problema	3
Objetivos de la Investigación	5
Objetivo General	5
Objetivos Específicos	5
Justificación de la Investigación	6
<b>II.MARCO REFENCIAL</b>	<b>8</b>
Reseña histórica	8
Antecedentes de La Investigación	9
Bases Teóricas	12
Clasificación de puentes	13
Estructura de un puente	15
Elementos	19
Estribos de concreto	30
Clasificación General de los Puentes.	34
Clasificación General de los Puentes. Según Barrientos	35
Vías	36

Levantamiento topográfico:	38
Estudios de hidrología e hidráulica	40
Estudios geológicos y geotécnicos	43
Impacto Ambiental	50
Estudios de tráfico	53
Diseño geométrico de carreteras	54
Geometría de las curvas circulares	60
Clasificación de los elementos de las curvas circulares	60
Elementos de una curva circular simple	61
Calculo de los elementos de la curva circular	63
Bases Legales	65
Sistema de variables	68
Definición de Términos Básicos	70
<b>III. MARCO METODOLÓGICO</b>	<b>73</b>
Modalidad de la Investigación	73
Tipo de Investigación	75
Procedimientos (fases, etapas y actividades)	75
Operacionalización de Variables	80
Población y Muestra	80
Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	81
Técnicas de análisis	83
<b>III. RESULTADOS</b>	
Presentación y análisis de los resultados	85
Fase de diagnóstico	86
Descripción fotográfico	86
Análisis de la lista de cotejo	103
Análisis de la encuesta	104
Marco geológico local	120
Características de Consulta del estudio geotécnico	127
Características hidráulicas	128

Propuesta	133
REFERENCIAS	205
ANEXOS	208

## LISTA DE CUADROS

	<b>P.p.</b>
Cuadro 1 Operacionalización de Variables	80
Cuadro2. Técnicas e instrumentos	82
Cuadros 3. Técnicas de análisis	84

## LISTA DE FIGURAS

	<b>P.p.</b>
Figura 1. Puente recto.	14
Figura 2. Puente curvo.	14
Figura 3. Esviaje a 90°	15
Figura 4. Esviaje diferente a 90°	15
Figura 5. seccion transversal de la estructura de un puente	18
Figura 6. Superestructura de un puente	20
Figura 7. Ejemplo de armado de losa para puente	21
Figura 8. Colocación de viga de un puente	22
Figura 9. Losa o tablero	23
Figura 10. Barandas y acera peatonales	24
Figura 11. Estribo	25
Figura 12. Partes del estribo	29
Figura 13. Estribos rectos	29
Figura 14. Estribos en alas	30
Figura 15. Estribos en U	30
Figura 16. Alineamiento horizontal de una carretera	55
Figura 17. Enlace de alineamientos rectos con curvas circulares simples	60
Figura 18. Enlace de alineamientos rectos con curvas compuestas y revertidas	61
Figura 19. Elementos de la curva circular simple	62
Figura 20. Calculo de elementos de la curva circular simple	63
Figura 21. Ubicación relativa	86
Figura 22. Ruta carretera trasandina y principales fallas	87
Figura 23. Esquema de deslizamiento rotacional.	123
Figura 24. Esquema de deslizamiento traslacional	124
Figura 25. Esquema de caída de rocas	124

Figura 26. Esquema de flujo canalizado	125
Figura 27. Ubicación de estudio de suelo consultado y cercanía con la zona de estudio.	127
Figura 28. Cuenca alta del rio Chama	129
Figura 29. Ubicación Relativa	142
Figura 30. Mapa 2. Contexto Hidrográfico Municipio Santos Marquina del Estado Mérida	138
Figura 31. Ubicación Nacional Estatal y Regional del puente	142
Figura 32. Sección Transversal de un Tablero del Puente	143
Figura 33. Perfil Longitudinal	145
Figura 34. Carga Viva: norma AASHTO	146
Figura 35. Sección trasversal estribo	147
Figura 36. Despiece de losa	152
Figura 37. Viga en sección central	153
Figura 38. Viga sección en apoyos	154
Figura 39. Línea de Rueda	155
Figura 40. Diagrama Tren de Carga	156
Figura 41. Diagrama fuerza cortante	161
Figura 42. Diagrama de Momentos Flectores	163
Figura 43. Perfil Longitudinal de Vigas	167
Figura 44. Análisis de Carga	169
Figura 45. Diagrama de Corte y momento	170
Figura 46. Sección Separador Externo	171
Figura 47. Separador Externo	172
Figura 48. Diagrama Combinación de diseño	173
Figura 49. Modelo matemático (Viga Rígida sobre apoyos elásticos)	174
Figura 50. Diagrama de cortes y momentos por cargas variables	175

Figura 51. Diagrama de cortes y momentos por cargas variables	176
Figura 52. Diagrama de cortes y momentos por cargas permanentes	177
Figura 53. Separadores internos	179
Figura 54. Sección de Separador Interno	180
Figura 55. Despiece de estribos cortes en el plano de la viga más alta	183
Figura 56. Empuje Activo	184
Figura 57. Empuje Activo + incremento dinámico del empuje activo	187
Figura 58. Detalle Neoprene	189

## LISTA DE GRÁFICOS

	<b>P.p.</b>
Grafico 1. Uso frecuente del puente	105
Grafico 2. Vía de acceso importante	106
Grafico 3. Perfecto funcionamiento del puente	107
Grafico 4. Mantenimiento adecuado del puente	108
Grafico 5. Puente afectado en crecidas del rio	109
Grafico 6. Necesidad del diseño del puente	110
Grafico 7. Conocimiento del deterioro del puente	111
Grafico 8. Inconvenientes por el uso indebido del puente	112
Grafico 9. Uso del puente como vía alterna	113
Grafico 10. Construcción de un puente	114
Grafico 11. Puente con paso vehicular y peatonal	115
Grafico 12. Ayuda y seguridad	116
Grafico 13. Tipo y cantidad de vehículo que se sirven de la T-007, sentido Mérida - Tabay	117
Grafico 14. Tipo y cantidad de vehículo que se sirven de la T-007, sentido Tabay - Mérida	118
Grafico	



## LISTA DE TABLAS

	<b>P.p.</b>
Tabla 1. Curvatura mínima para enlace de los alineamientos rectos.	57
Tabla 2. Relación máxima pendiente a velocidad de proyecto.	57
Tabla 3. Pendiente y longitud critica	58
Tabla 4. velocidad de proyecto y pendientes máximas	58
Tabla 5. Uso frecuente del puente	105
Tabla 6. Vía de acceso importante	106
Tabla 7. Perfecto funcionamiento del puente	107
Tabla 8. Mantenimiento adecuado del puente	108
Tabla 9. Puente afectado en crecidas del rio	109
Tabla 10. Necesidad del diseño del puente	110
Tabla 11. Conocimiento del deterioro del puente	111
Tabla 12. Inconvenientes por el uso indebido del puente	112
Tabla 13. Uso del puente como vía alterna	113
Tabla 14. Construcción de un puente	114
Tabla 15. Puente con paso vehicular y peatonal	115
Tabla 16. Ayuda y seguridad	116
Tabla 17. Tipo y cantidad de vehículo que se sirven de sentido Mérida - Tabay	117
Tabla 18. Tipo y cantidad de vehículo que se sirven de la T-007, sentido Tabay – Mérida.	118
Tabla 19. . Indica la altura de las vigas, ancho de las alas y espesores.	154
Tabla 20. Tabla de Fuerzas Cortantes	161
Tabla 21. Tabla de Momentos Flectores	162
Tabla 22. Resumen de los Elementos de las Curvas Circulares Simples.	199

## LISTA DE FOTOS

	<b>P.p.</b>
Foto 1. Descripción Fotográfica de la Vía Trasandina Troncal 007 (T-007). Tramo A Progresiva 444+000	88
Foto 2. Descripción Fotográfica de la Vía Trasandina Troncal 007 (T-007). Tramo A Progresiva 444+200	89
Foto 3. Descripción Fotográfica de la Vía Trasandina Troncal 007 (T-007). Tramo B Progresiva 444+400	90
Foto 4. Descripción Fotográfica de la Vía Trasandina Troncal 007 (T-007). Tramo C Progresiva 445+400	91
Foto 5. Descripción Fotográfica de la Vía Trasandina Troncal 007 (T-007). Tramo D Progresiva 449+200 y 449+400	92
Foto 6. Descripción Fotográfica de la Vía Trasandina Troncal 007 (T-007). Tramo D Progresiva 449+200 y 449+400	93
Foto 7. Descripción Fotográfica de la Vía Trasandina Troncal 007 (T-007). Tramo D Progresiva 449+200 y 449+400	94
Foto 8. Descripción Fotográfica de la Vía Trasandina Troncal 007 (T-007). Tramo D Progresiva 449+200 y 449+400	95
Foto 9. Descripción Fotográfica de la Vía Trasandina Troncal 007 (T-007). Tramo D Progresiva 449+200 y 449+400	96
Foto 10. Descripción Fotográfica de la Vía Trasandina Troncal 007 (T-007). Puente colgante peatonal	97
Foto 11. Descripción Fotográfica de la Vía Trasandina Troncal 007 (T-007). Puente colgante peatonal	98
Foto 12. Descripción Fotográfica de la Vía Trasandina Troncal 007 (T-007). Puente colgante peatonal	99
Foto 13. Descripción Fotográfica de la Vía Trasandina Troncal 007 (T-007). Puente colgante peatonal	100
Foto 14. Descripción Fotográfica de la Vía Trasandina Troncal	101

007 (T-007). Puente colgante peatonal

Foto 15. Descripción Fotográfica de la Vía Trasandina Troncal 102

007 (T-007). Puente colgante peatonal

## **CAPITULO I**

### **EL PROBLEMA**

#### **Contextualización del Problema**

Es evidente que el campo de la Ingeniería Civil es uno de los sectores, que por su amplitud da satisfacción a las sentidas y variadas necesidades de la sociedad y ejerce una alta influencia en los niveles de calidad de la vida de la población. Es por ello que con la aparición de los asentamientos urbanos y la ocupación espacial ha surgido la necesidad de construir vías de comunicación y junto con ellas puentes que resultan ser de suma importancia debido a que el hombre históricamente ha sentido la necesidad de comunicarse, lo que ha conllevado a la aparición y desarrollo de una gran cantidad de medios para lograrlo.

Estas exigencias se encuentran estrechamente relacionadas con la intención de mejorar la calidad de los materiales empleados para el desarrollo, diseño de proyectos de puentes y sus tecnologías, así como también para el mejoramiento de las vías, para de esta manera brindar un fácil acceso a todas las regiones del país en las cuales existen movimientos de recursos naturales, comercio, transporte y comunicación, porque estas actividades se encuentran directamente afectadas por las condiciones en que se encuentran las vías, así como también por las proyecciones de infraestructura física que se realice a futuro.

Tal es el caso de la carretera trasandina (Troncal 007) la cual atraviesa una gran cantidad de centros poblados, y es clave para la comunicación de estos centros, entre los cuales está Tabay Municipio Santos Marquina del Estado Mérida, específicamente en la progresiva 341+700 del sector los Llanitos de Tabay, que se encuentra en

Comunicación con la progresiva 0+000 del sector de la Vega de San Antonio, perteneciente al mismo sector los Llanitos de Tabay del Estado Mérida, por medio de un puente colgante, que es usado por los habitantes de estos sectores porque lo toman como vía alterna.

Así mismo, este puente colgante es usado en varias ocasiones por la población cuando en la carretera trasandina se presentan derrumbes dejando incomunicados a los Municipios Libertador y Santos Marquina. El problema se presenta cuando las personas toman este puente como opción para trasladarse a ambos municipios, porque es un puente que cuenta con un espacio muy reducido, prácticamente para uso en un solo sentido por el cual debe pasar una persona a la vez, pero no se cumple, porque todos pasan al mismo tiempo y se torna inseguro por el peso constante de los peatones.

Aunado a ello diferentes personas se han visto en la obligación de dejar sus vehículos automotores del otro lado para poder llegar a sus sitios de trabajo vivienda, mientras que otros pasan con motos, lo que ha causado un mayor deterioro en el puente colgante, a ello se le adiciona que el puente no recibe un mantenimiento adecuado, pues se avizora que con el tiempo quedaran incomunicados estos sectores, causando así una incomunicación que afectaría la calidad de vida de la población de estos sectores, es por ello que se propone la construcción de un puente carretero que sirva como vía alterna entre El sector los Llanitos de Tabay y el Sector La Vega de San Antonio para que comunique a los dos municipios de manera segura y confiable.

## **Objetivos de la Investigación**

### **Objetivo General**

Proponer el diseño de un puente carretero como vía alterna para la Troncal 7 (T-007), progresiva 341+700 y la progresiva 0+000 del Sector la Vega de San Antonio del Sector los Llanitos de Tabay del Estado Mérida.

### **Objetivos Específicos**

- Diagnosticar la situación actual de la Troncal 7 (T-007), progresiva 341+700 y la progresiva 0+000 del Sector la Vega de San Antonio del Sector los Llanitos de Tabay del Municipio Santos Marquina del Estado Mérida.
- Determinar las características topográficas, geológicas, geotécnicas, e hidráulicas de la zona en estudio.
- Definir las características geométricas y el diseño geométrico de la vía alterna propuesta.
- Determinar la factibilidad del proyecto.
- Diseñar el puente carretero como vía alterna para la Troncal 7 (T-007), progresiva 341+700 y la progresiva 0+000 del Sector la Vega de San Antonio del Sector los Llanitos de Tabay del Municipio Santos Marquina del Estado Mérida.

## **Justificación de la Investigación**

Es labor primordial del Ingeniero Civil la concepción y ejecución de obras de infraestructura cuyo objeto sean las de servir a la sociedad, permitiendo resolver los problemas de vivienda, salud, educación, cultura, deporte y vialidad, entre otros. En particular, es el caso de las obras de vialidad; en las cuales existen circunstancias que se hace necesario salvar ríos, vías, accidentes topográficos, controles de localización, para lo cual es necesaria la ejecución de puentes. Es por ello que se considera necesario llevar a cabo la propuesta del diseño de un puente carretero sobre el Rio Chama en el sector de los Llanitos de Tabay, como vía alterna entre de la T-007 bordeando a la Ciudad de Mérida por el sector San Jacinto en caso de derrumbes comunes a la entrada natural de la ciudad.

La consolidación de esta infraestructura vial complementaria la propuesta de la perimetral de la ciudad de Mérida, alternativa vial que ya está planteada por los órganos gubernamentales, permitiendo la fluidez del flujo vehicular que no necesariamente debe atravesar el centro de la ciudad por la configuración geográfica de la misma, sirviendo de esta manera como interconexión vial de la zona oeste con el resto de la ciudad en sentido Norte - Sur.

Se brindará la transitabilidad de personas y flujo vehicular de manera adecuada y segura, porque en la carretera trasandina Troncal (T-007), se presentan una serie de deslizamientos de taludes, y fallas de borde, que conllevan al cierre de la vía, es allí donde reside la importancia de la propuesta. De ejecutarse esta propuesta, existirá una interconexión real de la Carretera Trasandina (T-007) bordeando la ciudad para luego llegar nuevamente a la Troncal 7 (T-007).

Desde el punto de vista económico, esta propuesta generará empleos durante su construcción, una vez puesta en funcionamiento, favoreciendo de esta manera el desarrollo de las zonas adyacentes, estimando de igual forma

un incremento en el flujo vehicular, comercial, beneficiando de esta manera a grandes y pequeñas empresas privadas.

Esta propuesta contribuirá a mejorar las condiciones ambientales con la inclusión dentro de los parámetros del saneamiento del sitio, la construcción de todos los servicios públicos con la integración del mismo a la colectividad. Garantizará los servicios básicos de infraestructura entre ambos sectores. En lo Social, esta propuesta traerá grandes beneficios para la colectividad en general, principalmente al entorno inmediato, porque se crearían nuevos espacios públicos, con ellos los desarrollos futuros a lo largo de la nueva vialidad, así mismo, la propuesta presenta la particularidad de que el puente será recto, siendo de esta manera lo más conveniente porque resulta menos costoso.

La población que requiere el tránsito peatonal, también se vería beneficiada porque el puente colgante existente en la zona cuenta con 1,00 metro de ancho, mientras que el paso de las personas es continuo en ambos sentidos, es por ello que esta propuesta les brindaría seguridad permanente, argumentando así su costo hoy día en relación con la vida útil de la estructura. Como beneficio anexo se tendría la necesidad de consolidación de la vialidad urbana del sector La vega de San Antonio.



## **CAPITULO II**

### **MARCO REFERENCIAL**

#### **Reseña Histórica**

Arnal. (2000) Dice que la construcción de puentes y la evolución de su técnica se caracterizan por tiempos determinados, pues estuvo sometido al empleo de los materiales y métodos existentes en cada época. Siendo su origen de tiempos remotos hasta la época de los romanos, los egipcios en sus guerras y épocas de prosperidad, en las que construyeron puentes sobre el Nilo y sobre el Eufrates.

Posiblemente el primer puente de la historia fue un árbol que usó un hombre prehistórico para conectar las dos orillas de un río, empleando de igual manera losas de piedra para arroyos pequeños cuando no había árboles cerca. Así mismo los romanos no conocían métodos para construir fundaciones, entonces apoyaban las pilas directamente, haciéndolas muy grandes para disminuir el coeficiente de trabajo del suelo. Mientras la mayoría de los primeros puentes eran muy pobremente contruidos y raramente soportaban cargas pesadas, lo que llevó al desarrollo de mejores puentes, empleando así el arco porque podía soportar condiciones más exigentes.

Los puentes de cuerdas, un tipo sencillo de puentes suspendidos, fueron usados por la civilización Inca en los Andes de Sudamérica, justo antes de la colonización europea en el siglo XVI. Mientras que para el siglo XVIII, la construcción de puentes estuvo caracterizada porque los conocimientos empíricos anteriores se combinaron con los principios racionales de resistencia de materiales.

Con la Revolución industrial a finales del siglo XIX, se caracterizó la construcción de puentes por el conocimiento avanzado de la resistencia de los materiales, la teoría racional de las estructuras, así como el descubrimiento y perfeccionamiento del material más moderno, el acero estructural y el concreto armado. En el siglo XX el concreto armado, contribuyó todavía más al desarrollo de esta técnica, abaratando costos, facilitando la técnica y en definitiva popularizando la construcción.

Por su parte en Venezuela, los conquistadores no encontraron ningún resto de civilización y mucho menos de puentes, pues los primeros puentes importantes se comenzaron a construir para las primeras vías férreas Caracas - Valencia y Caracas - La Guaira, para la época del General Guzmán Blanco, luego se construyeron muchos más, especialmente con el desarrollo de las carreteras, en el afán de comunicar a las ciudades.

Según Paris (1993), en Venezuela el primer puente de magnitud extraordinaria construido fue el puente Caracas – La Guaira el cual era de vigas con una luz de 150 metros. Las obras se iniciaron en 1950, siendo inaugurado para finales de 1953; el segundo puente de gran relevancia fue el puente General Rafael Urdaneta, en el estado Zulia; que fue en sus primeros tiempos (1962 en adelante) el puente de concreto pretensado más largo del mundo. Sus 8.678,90 metros de extensión. Lo catapultaron como la obra de ingeniería moderna más importante del planeta.

Pero esa no fue la única cualidad que lo hizo brillar en el plano mundial, fue también el hecho de que por primera vez, en obras de este género, se empleó el sistema de tirantes con el cual se modificaron las normas internacionales sobre la longitud permitida para las luces. Incrementó su atractivo como proeza del ingenio humano, un ingrediente divino el hecho de surcar el cuello del único lago con salida al mar del mundo, además de ser el reservorio de agua dulce más grande de América del Sur.

## **Antecedentes de la Investigación**

Para el avance de este trabajo de investigación se tomarán como referencias investigaciones que permitan realizar una interrelación de la teoría y la realidad que existe en el presente estudio, para ello se mencionaran a continuación:

### *Investigación Internacional*

González (2003), en su trabajo Diseño de Puente Vehicular para la Aldea los Cerritos y Sistema de Abastecimiento de Agua Potable para la Aldea Tres Puentes, del Municipio de Sansare, El Progreso para obtener su título de Ingeniero Civil de la Universidad de San Carlos de Guatemala, propone como objetivo general el diseño del puente vehicular para la Aldea los Cerritos y el sistema de Abastecimiento de agua potable para la Aldea Tres Puentes del municipio de Sansare, El Progreso, teniendo como finalidad brindar a La Aldea los Cerritos un beneficio con la realización del puente vehicular, porque éste les proporcionará facilidad de locomoción y generará nuevas fuentes de empleo. Empleando para este trabajo de investigación la metodología de proyecto factible en la que utilizó técnicas de investigación documental, tipo de investigación proyectiva apoyada en descriptiva, que le permitió aportar criterios reales y buscar soluciones para beneficiar a la población en general con el diseño.

Así mismo Quijada (2007), en su estudio Diseño de Puente Colgante Aldea Pueblo Nuevo y Red de Alcantarillado Sanitario para la Aldea Tizubín, San Jacinto, Chiquimula para obtener el título de Ingeniero Civil, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, planteó como objetivo el Diseño del Puente Colgante de la Aldea Pueblo Nuevo y Red de Alcantarillado Sanitario para la Aldea Tizubín, San Jacinto, Chiquimula del Municipio de San Jacinto, Departamento de Chiquimula. Con el fin de

proponer una solución al problema de evacuación de las aguas negras del área urbana de la aldea, Tizubín, así como también, contiene una propuesta para una posible mejora del acceso a la Aldea, Pueblo Nuevo.

La metodología utilizada en el trabajo de investigación fue la metodología de proyecto factible en la que utilizó técnicas de investigación documental, tipo de investigación proyectiva apoyada en descriptiva, que le permitió aportar criterios reales y buscar soluciones a los problemas de evacuación de aguas negras, para evitar enfermedades gastrointestinales, y en proporcionar una mejor accesibilidad a la aldea, la cual es la más cercana al pueblo, del mismo modo menciona que es necesaria la construcción de un puente colgante en la Aldea Pueblo Nuevo, debido a que los pobladores tienen dificultades para transportarse hacia la cabecera municipal.

Las investigaciones antes citadas permiten ubicar el tema de investigación dentro de un conjunto de teorías ya existentes, que pueden ser utilizadas en el desarrollo de la misma.

### *Investigación Nacional*

Otra investigación equivalente a la actual, es la presentada por Guerrero. (2011). En su trabajo de investigación titulado Propuesta de una Estructura Vial en la Troncal (T-012) Progresiva 125+000, Caño Cachama. Municipio Atures del Estado Amazonas, que como requisito para optar al título de Ingeniero Civil, tuvo como objetivo proponer una estructura vial (Puente) en la Troncal (T-012) Progresiva 125+000, Caño Cachama. Municipio Atures del Estado Amazonas, para dar mayor fluidez y seguridad del tránsito vehicular. Esta investigación estuvo enmarcada en un proyecto factible porque se propuso un diseño de la estructura vial para solucionar un problema de tipo práctico, además fue apoyado en una investigación documental y de campo por lo que realizo

una investigación bibliográfica, pasando luego a efectuar estudios de campo como ensayos de suelo, topográficos e hidráulicos, siendo de tipo proyectivo. En esta investigación se tuvo como conclusión que la alternativa del diseño propuesto fue de concreto armado, porque es el más óptimo para las características de la zona.

El tema está ampliamente identificado con el trabajo de investigación, ya que allí se hace referencia al diseño de una estructura vial (Puente), para una Troncal, para brindar fluidez y seguridad al tránsito vehicular, por su parte en el desarrollo actual de la investigación se plantea algo equivalente, pero teniendo en cuenta que el diseño del mismo estaría brindando seguridad y fluidez tanto al tránsito vehicular como al paso peatonal, y a su vez está siendo propuesto como una vía alterna.

### **Bases Teóricas.**

Para el desarrollo de este trabajo las bases teóricas son una recapitulación de conocimientos de fuentes documentales de gran importancia que permiten apoyar la investigación.

Es así como Grattesat (1981), dice que "*un puente* es una obra que permite franquear un obstáculo natural o una vía de circulación terrestre, fluvial o marítima". (p.3) También hace referencia sobre los pontones, que son puentes de dimensiones pequeñas, sin dejar de lado los viaductos que son obras que cruzan a gran altura una brecha, explicando de esta manera que no existe una distinción muy clara entre los puentes y viaductos, porque en muchos casos se utilizan ambos términos para una misma obra. Sin dejar de lado las pasarelas, las cuales son obras que están reservadas para los peatones, o que en algún momento están dispuestas a soportar canalizaciones, o vista desde otro punto para el uso excepcional destinado a permitir el paso de animales entre dos zonas en un bosque.

Mientras que Romero (1970), puntualiza los puentes como estructura que suministra una vía de paso para salvar obstáculos sobre pasos a desnivel, ríos, valles, lagos, quebradas, carreteras entre otros. Del mismo modo precisa que la infraestructura de un puente, está formada por ciertos elementos tales como los estribos o sistema de fundaciones a ambos lados del accidente topográfico, las pilas o apoyos centrales; la superestructura consiste en el tablero o la parte que soporta directamente la carga dinámica (vehículos), que descansa y transmiten las cargas de la superestructura al suelo.

Así mismo según Apuntes de Puentes (2010), define *los Puentes* como una estructura vial que salva un accidente topográfico, cauce de agua o paso de nivel, por consiguiente es una estructura vial de enlace de dos puntos de una vía. Realizando igualmente la siguiente clasificación de los puentes.

#### **Clasificación de los puentes:**

##### *A. Según su Ubicación Geográfica:*

- *Puentes urbanos:* Aquello que se encuentran ubicados dentro una poligonal urbana.
- *Puentes Carreteros:* Son Aquello que se encargan de comunicar dos ciudades, llamados también (interurbanos).

##### *B. Según su Material de Construcción:*

- De concreto armado.
- De acero.
- Mixtos; de acero y concreto.

##### *C. Según su Uso:*

- Peatonales, también llamados pasarelas.
- Ferrocarriles.

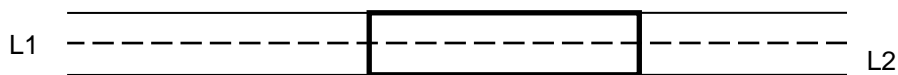
- Puentes carreteros.
- Puentes de tuberías de de servicios y oleoductos (Colgantes).

*D. Según el grado de Fijación de los Apoyos:*

- Puentes Fijos: se diseñan y se construye para que cumpla una vida útil establecida, de 30 a 50años
- Puentes Movibles: puentes para eventuales situaciones, de emergencia, por un periodo de tiempo determinado.

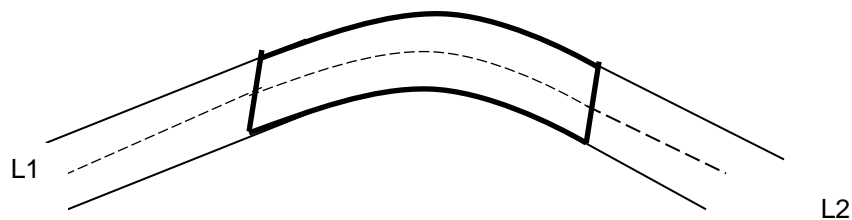
*E. Según su Alineamiento Vial:*

- *Puentes Rectos:* el alineamiento de la entrada (L1), es igual al alineamiento de la salida (L2), tal como se observa en la Figura1.



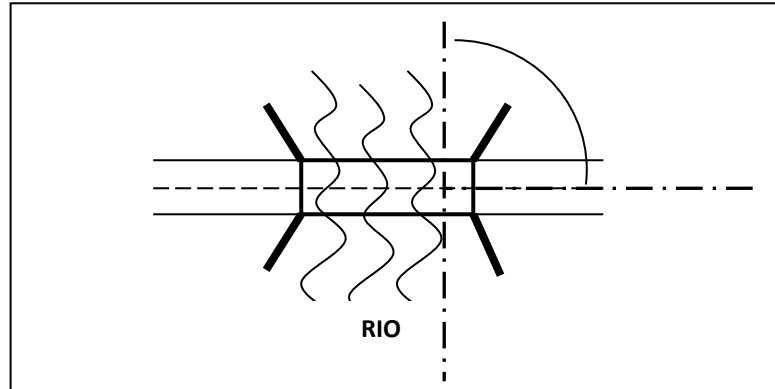
**Figura 1** .Puente Recto  
Fuente: Propia (2011)

- *Puentes Curvos:* el alineamiento de entrada (L1)es diferente al alineamiento de salida (L2), que es observado en la figura2



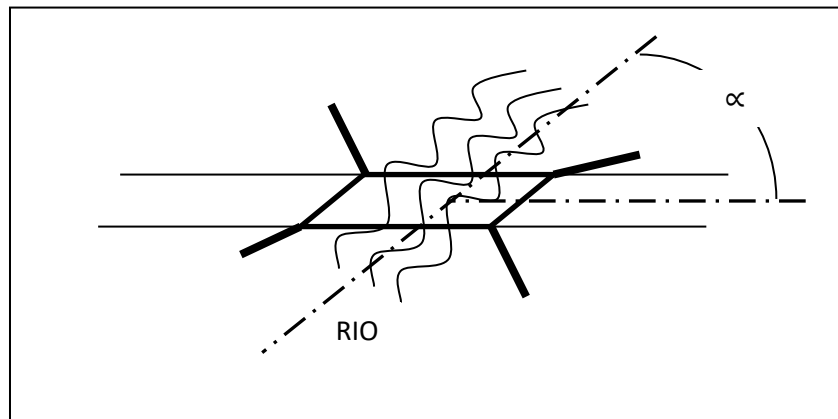
**Figura 2.** Puente Curvo  
Fuente: Propia (2011)

- *Esviaje*: Definido como el ángulo de desviación del eje de la vía con respecto al río, generando así un tablero no rectangular, creando así dos situaciones que se verán en las siguientes figuras, la figura 3 cuando el ángulo es de  $90^\circ$ .



**Figura 3.** Esviaje a  $90^\circ$   
**Fuente:** Propia (2011)

- Representando el esviaje de igual manera en la figura 4, cuando el ángulo es diferente de  $90^\circ$ .



**Figura 4.** Esviaje diferente a  $90^\circ$   
**Fuente:** Propia (2011)



F. *Según la Posición del Tablero:*

- *Puente de Tablero Inferior.* En el cual la carga solo afecta el cordón inferior.(Colgantes )
- *Puente de Tablero Superior.* (Arco).

G. *Según la Determinación Estática:*

- *Isostático.*
- *Hiperestático.*

### **Estructura de un Puente**

En cuanto a la *estructura de un puente*, según Apuntes de Puentes (2010), explica que se divide en dos partes la superestructura y la y la infraestructura, definiendo cada una de ellas a continuación. Los elementos de la estructura serán observadas en la figura 5.

#### **Superestructura:**

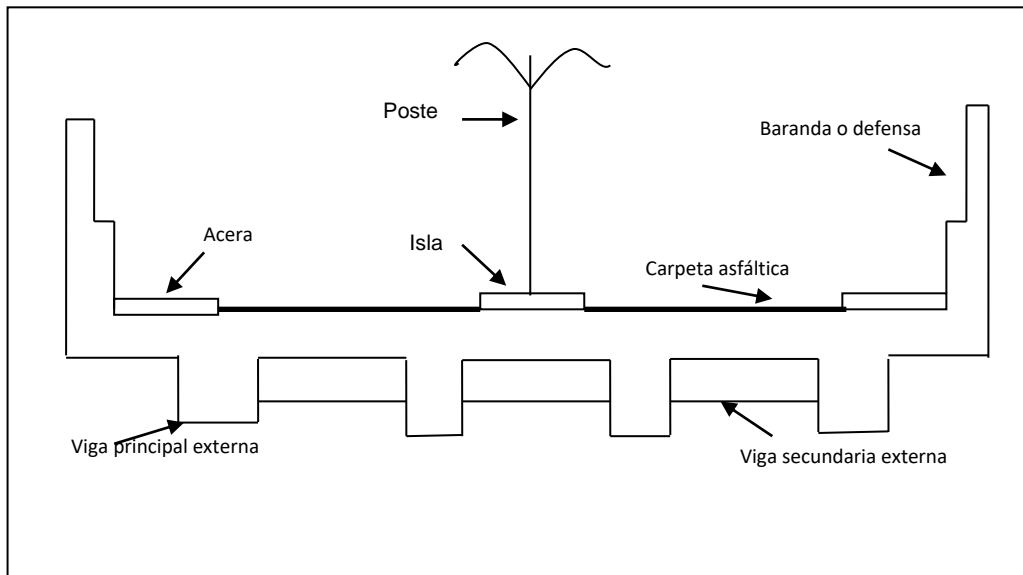
Son todos los elementos del puente que se encuentran ubicados sobre el nivel natural del terreno, entre sus elementos se encuentra:

- *Baranda:* Es aquella que se encarga de la protección de vehículos y peatones de accidentes.
- *Acera:* Sirve para el paso de peatones; esto para puentes urbanos, porque para puentes carreteros se hacen pasarelas anexas.
- *Carpeta asfáltica.*
- *Isla:* Esta es la que divide el flujo vehicular, y puede ser física o imaginaria (pintada) o móviles (elementos prefabricados)
- *Tablero:* Recibe las cargas dinámicas y las trasmite a las vigas.
- *Estructuras eléctricas en puentes urbanos.*

### **Infraestructura:**

Es el elemento de un puente que se ubica bajo el nivel natural del terreno, y entre sus elementos se encuentran los siguientes:

- *Vigas principales o longitudinales:* Son paralelas al eje de la vía, tienen como función recibir las cargas que vienen del tablero, y pueden ser:
  - Externas.
  - Internas.
- *Vigas secundarias o transversales:* También llamados separadores, que tienen como función rigidizar las vigas principales para evitar el alabeo lateral de las vigas principales, y estos pueden ser:
  - Externas.
  - Internas.
- *Estribo:* Es el encargado de recibir las cargas de la superestructura y transmitir las al suelo.
- *Losa de acceso:* Su función es de servir de transmisión entre un medio elástico compresible (suelo), a un medio estático rígido (concreto), su longitud será de tres metros cuando se apoye el estribo sobre zapatas, pero cuando el estribo se apoye en pilotes la longitud será de seis metros.
- *Aparato de apoyo: (NEOPRENO),* son elementos de caucho cuya función es de servir de aislante entre las bigas y la base del soporte en el estribo (silla), y son elementos reemplazables.
- *Aletas o muros:* Sirven de elementos de retención de tierra en los estribos.



**Figura 5.** Sección Transversal de la Estructura de un Puente (Elementos)  
**Fuente:** propia (2011)

## Estructura de un Puente

En un puente se distinguen tres partes bien definidas que son: la infraestructura, la superestructura, los accesos y las defensas.

### *Infraestructura*

Son todos aquellos elementos que se ubican por debajo de la cota del nivel natural del terreno. Estos elementos son: Losa de Acceso, Estribo, pilas y/o pilotes. Está compuesta por las Pilas y los estribos.

*Pilas:* Corresponden a las estructuras intermedias de sustentación, generalmente quedan ubicadas en el cauce mismo del río. En una Pila es posible distinguir tres partes a saber: las fundaciones (con o sin pilotes), la elevación que puede ser de pilares o de muros y el cabezal que recibe los apoyos de la superestructura.

*Estribos:* corresponden a la estructura de apoyo del puente que lo conecta con los accesos del camino. Según las condiciones de diseño los estribos pueden ser con aletas a 45° o con aletas de retorno. En un estribo se

distinguen las fundaciones (con o sin pilotes), el fuste o cuerpo del estribo, la base o apoyo de la viga, espaldón, la cartela de apoyo de la losa de acceso, el dentellón de la base de fundación. La función de los estribos es servir de muro de contención para el material de los terraplenes de acceso o bien de nexo entre los tramos extremos y los accesos.

*Superestructura:* Está constituida por todos los elementos que se ubican por encima de la cota natural del terreno. En ella podemos distinguir, vigas, separadores, losa o tablero del puente, barandas o defensa, drenajes de aguas pluviales, algunas veces isla central y acera peatonal. Todo lo necesario de acuerdo con el diseño.

*Accesos y Defensas:* los accesos quedan formados por la losa de acceso, terraplenes, bermas y postes señalizadores. Las defensas de un puente comprenden las vigas flexibles Flexbeam, fundamentalmente.

Por su parte Chinchilla, Mejía y Ramírez (2008) indican en su trabajo de de investigación que los elementos principales que se pueden distinguir en los puentes son la *superestructura*, que es la parte del puente que se construye sobre apoyos como son la losa, las vigas, bóveda, estructura metálica, etc. Siendo los elementos estructurales que constituyen el tramo horizontal. Mientras que la *subestructura*, está conformada por los estribos, pilas centrales, etc. Siendo estos los que soportan al tramo horizontal.

#### *Elementos de la superestructura.*

Teniendo en cuenta que la Superestructura es la parte superior de un puente, que une y salva la distancia entre uno o más claros. La superestructura consiste en el tablero (losa), que soporta directamente las cargas y las armaduras, como puede observarse en la figura 6. Porque

de acuerdo al Inventario Estado de Condición del Puente (IECP) del Sistema de Administración de Puentes (SAP), propiedad del Ministerio de Obras Públicas del Salvador, la superestructura está formada por dos partes:

- Elementos Principales.
- Elementos Secundarios.



**Figura. 6.** Superestructura de un puente.

**Fuente:** Chinchilla, Mejía y Ramírez (2008)

*Los Elementos Principales* son aquellos elementos que transmiten las cargas vivas (tránsito) y muertas (peso propio de la superestructura) a los apoyos extremos e intermedios de la infraestructura (estribos y pilas). Los elementos principales de la superestructura son de acuerdo al tipo de puente.

- a) *Losa*: La estructura de este tipo de puente, consiste en una losa de concreto reforzado o metal, y sirve de tablero al mismo tiempo. Así como se puede apreciar en la Figura.7.



**Figura. 7.** Ejemplo de armado para losa de puente.

**Fuente:** Chinchilla, Mejía y Ramírez (2008)

- b) *Vigas:* Son elementos estructurales del puente, ubicadas de manera paralelas al eje de la carretera, que reciben las cargas de la losa y las transmiten a los estribos del puente, estas vigas se observan en la Figura. 8. Las vigas más simples están formadas por perfiles de acero laminado o secciones rectangulares de concreto reforzado.



**Figura. 8** Colocación de vigas de un puente.

**Fuente:** Chinchilla, Mejía y Ramírez (2008)

*c) Estructura Metálica:* El acero es un material que soporta muy bien los esfuerzos de flexión, compresión y tracción, y esta propiedad se emplea en la construcción de puentes metálicos en arco o de vigas de acero.

La armadura es una viga compuesta por elementos relativamente cortos y esbeltos conectados por sus extremos. La carga fija del peso del pavimento y la carga móvil que atraviesa el puente se transmiten por medio de las vigas transversales del tablero directamente a las conexiones de los elementos de la armadura. En las diversas configuraciones triangulares creadas por el ingeniero diseñador, cada elemento queda o en tensión o en compresión, según el patrón de cargas, pero nunca están sometidos a cargas que tiendan a flexionarlos.

Este sistema permite realizar a un costo razonable y con un gasto mínimo de material estructuras de metal que salvan desde treinta hasta más de cien metros, distancias que resultan económicamente imposibles

para estructuras que funcionen a base de flexión, como las vigas simples descritas anteriormente.

a) *Losa Tablero*: Tal como se puede identificar en la figura 9. Es el tablero o losa del puente que soporta directamente el tráfico de vehículos o peatones. Cuando es de madera se le llama “tablero” y cuando es de concreto y metal se le llama “losa”. La losa tablero proporciona la capacidad portante de carga del sistema de cubierta. La losa tablero forma parte de los elementos del puentes del tipo viga, colgantes, puentes modulares y cercha.



**Figura 9.** Losa Tablero.

**Fuente:** Chinchilla, Mejía y Ramírez (2008)

b) *Diafragmas Transversales (Separadores)*: Los diafragmas son considerados como elementos simplemente apoyados, que sirven como rigidizadores entre vigas, y que a su vez transmiten fuerzas a las vigas longitudinales a través del cortante vertical, el cual es transmitido por el apoyo directo de la losa sobre la viga y por medio de varillas de acero que traspasan la viga longitudinal.



c) *Barandas*: Son elementos de seguridad que se encuentran a los costados del puente, su función es la de canalizar el tránsito y eventualmente evitan la caída de vehículos y personas. Las normas AASHTO definen los tipos de barandas o defensas para tráfico. Estos tipos de barandas pueden combinarse entre si, para convertirse en tráfico – bicicleta, trafico – peatonal, peatonal – bicicleta.



**Figura 10.** Barandas y aceras peatonales.

**Fuente:** Chinchilla, Mejía y Ramírez (2008).

e) *Calzadas*: La calzada o superficie de rodamiento proporciona el piso para el tránsito de los vehículos y se coloca sobre la cara superior de la losa estructural. Generalmente la calzada es colocada después de las vigas principales, cuando estas son prefabricadas. Cuando las vigas son vaciadas en sitio, se hace de manera monolítica con la losa. Cuando se utiliza esta técnica se le designa como piso monolítico. Los tipos de calzadas en nuestro país, generalmente son de concreto asfáltico o de concreto hidráulico, aunque pueden encontrarse de balaste, metálicas o

madera, y se considera que no proporciona capacidad de carga a la estructura.

Es de esta manera como Chinchilla, Mejía y Ramírez (2008) en su trabajo de investigación definen *La subestructura*, como aquella que esta constituida por todos los elementos requeridos para soportar la superestructura y la carretera del paso elevado. Siendo los componentes básicos de la subestructura los siguientes: los aparatos de apoyo, los estribos, las pilas y las fundaciones.

Es así como estos autores explican que entre los principales componentes de la subestructura están *Los Apoyos*, que son los conjuntos estructurales instalados para garantizar la segura transferencia de todas las reacciones de la superestructura a la subestructura y deben cumplir dos requisitos básicos: distribuir las reacciones sobre las áreas adecuadas de la subestructura y ser capaces de adaptarse a las deformaciones elásticas, térmicas y de otras índoles inducidas por la superestructura, sin generar fuerzas restrictivas perjudiciales.

Los apoyos han sido tan simples como dos placas de acero, hasta tan complejos como dispositivos mecánicos compuestos por numerosas partes de distintos materiales.

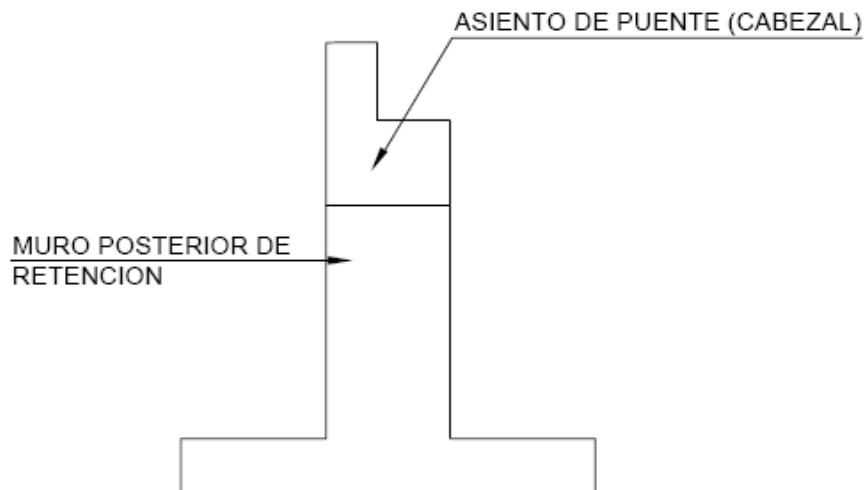
En general, los apoyos se clasifican en *fijos y móviles*. *Los Apoyos Fijos* permiten únicamente deflexiones angulares restringiendo los desplazamientos horizontales; estos tipos de apoyos deben ser diseñados para resistir las componentes verticales y horizontales de las reacciones.

Mientras que los *Apoyos de Tipo Móvil* permiten que el extremo de un puente, en el que existe uno de éstos, se mueva libremente hacia delante y atrás, debido a la expansión y/o contracción ocasionada por los cambios de temperatura; o debido a cambios en la longitud del puente ocasionados por las cargas vivas, evitando la aparición de reacciones horizontales perjudiciales en los apoyos del puente. Este tipo de apoyo

también se utiliza en estribos para absorber los movimientos debidos a la presión de tierra.

Los Estribos como se menciona anteriormente también forman parte de los componentes básicos de la subestructura. Siendo definidos como una combinación de muro de retención y cimentación que soporta un extremo de la superestructura de un puente y que a la vez transmite las cargas al suelo de fundación, sostiene el relleno de tierra situado junto a su trasdós y también ofrece protección contra la erosión.

Generalmente un estribo consta de cuatro partes: El asiento o base de las vigas, cuerpo o fuste del estribo, aletas y fundación o bases, como se puede apreciar en la figura 11. También existen estribos a base de marcos constituidos por vigas, columnas, aletas y su correspondiente fundación.



**Figura 11.** Estribo

**Fuente:** Chinchilla, Mejía y Ramírez (2008).

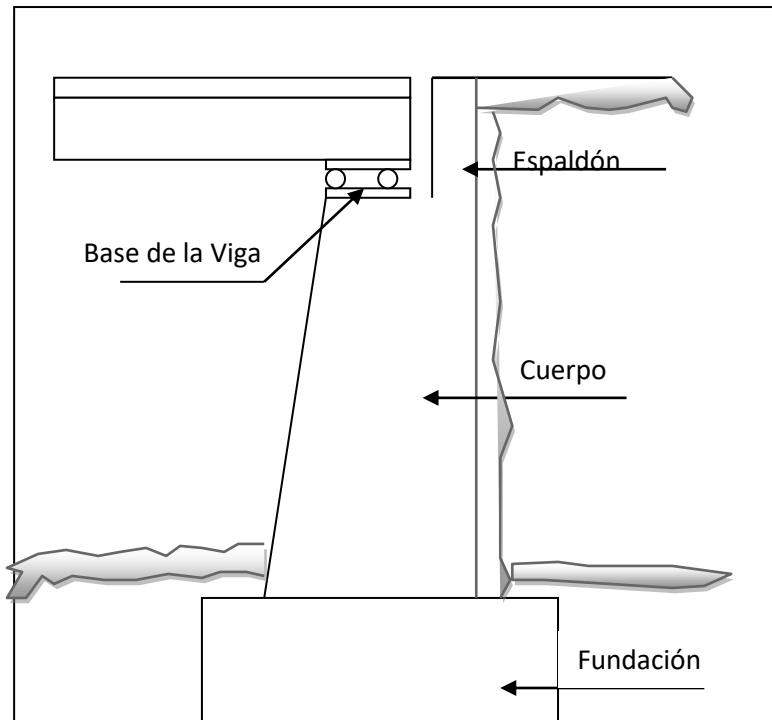
Las fundaciones son parte primordial de los componentes básicos de la subestructura, definiendo que *Las Fundaciones*, son los elementos estructurales que se encargan de transmitir las cargas de superestructura y subestructura al suelo de cimentación, sin sobrepasar su capacidad de carga. La selección y el diseño de la fundación apropiada depende de las condiciones de carga especificadas en el análisis estructural, de la geometría del elemento de la subestructura en análisis y del puente en general, de las condiciones geológicas de la superficie y del subsuelo, y de la interpretación de los datos de campo y pruebas de laboratorio, todo ello combinado con juicio ingenieril.

Por otra parte Arnal (2000), expone que la *Infraestructura de un Puente* es aquella que está conformada por apoyos extremos o estribos, por su puesto con sus correspondientes muros de ala y los apoyos intermedios o pilas, teniendo por objeto soportar la superestructura a las alturas exigidas por la rasante, transmitiendo a las fundaciones las reacciones de las vigas del puente. Es de importancia tener presente que la ubicación de los elementos de la infraestructura será realizada simultáneamente con la ubicación del puente y con las determinaciones de su altura total y la correspondiente subdivisión en tramos.

Es importante también mencionar que para los puentes que están destinados a cruzar el agua, como lo es el caso de la investigación actual, al ubicar los elementos de la infraestructura se debe cuidar que estos causen el mínimo disturbio posible al régimen natural del río, porque ese efecto constituye a condiciones importantes, como el paralelismo de los elementos de la infraestructura con la dirección de los filetes de agua del río por salvar, y el perfilado de las pilas, a fin de darles una sección aerodinámica, que disminuya la formación de remolinos y socavación.

Una vez definida la infraestructura, Arnal realiza una definición de *Estribos*, denominándola como “los apoyos de los extremos de un puente” (p.188), los cuales además de soportar las cargas de las vigas, sirven de transición entre la estructura propiamente dicha y los rellenos de acceso y por tanto, además de las cargas impuestas por la superestructura, se ven sometidos al empuje de tierra causados por el relleno. Es de esta manera que los estribos son un elemento fundamental para la concepción de la estructura, porque en definitiva ellos son quienes van a determinar el largo y las luces intermedias del puente, la adaptación a las condiciones de la topografía del sitio y las exigencia hidrológicos, lo cual justifica una excelente elección en cuanto al tipo de ubicación y dimensión del estribo.

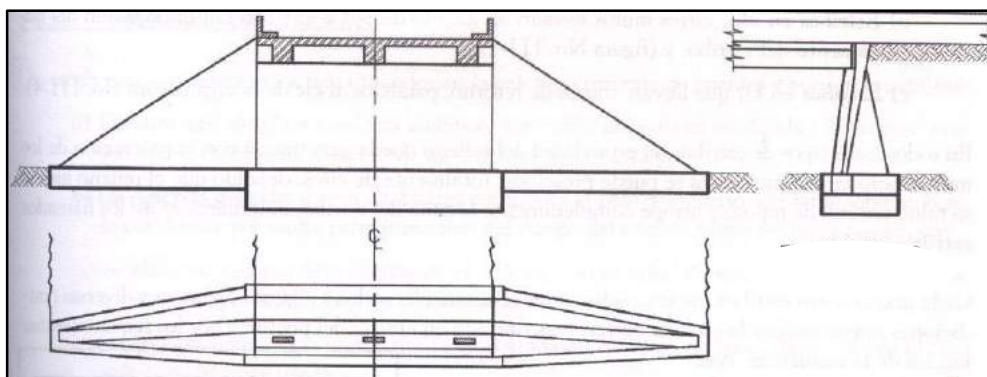
Para mostrar gráficamente el cuerpo de un estribo tal cual como lo describe Arnal, en la figura 12. Se observará el cuerpo de un estribo de mampostería o de concreto, el cual está conformado por la caña, que es la que se apoya en la base del estribo y recibe el empuje de la tierra, también se encuentra el asiento de las vigas, con sus correspondientes aparatos de apoyo y el parapeto, que es el que protege las cabezas de las vigas, rematando al estribo.



**Figura 12.** Partes del Estribo

**Fuente:** Arnal (2000).

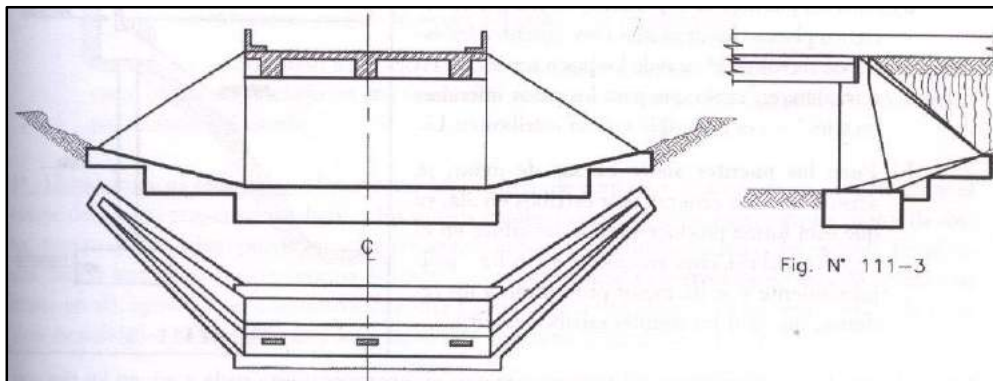
Así mismo da a conocer los tres tipos más usados de estribos en mampostería, teniendo como primero *los Estribos Rectos*, cuyos muros de ala se colocan a prolongación de la cara del estribo propiamente dicho tal como se puede observar en la figura 13.



**Figura 13.** Estribos rectos

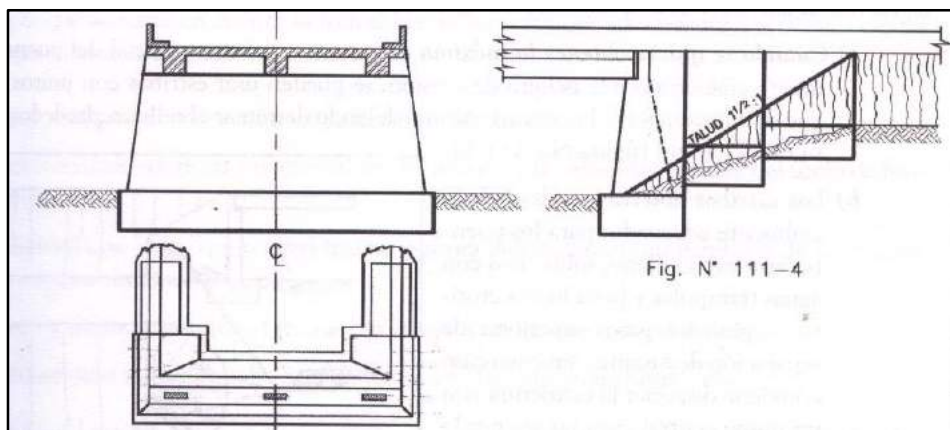
**Fuente:** Arnal (2000)

Siguiendo con los *Estribos en Alas* que serán vistos en la figura 14, los cuales están conformados por muros que forman un ángulo de  $30^\circ$  a  $45^\circ$  con la prolongación del paramento del estribo.



**Figura 14.** Estribos en Alas  
**Fuente:** Arnal (2000).

Para culminar con la figura 15, en la que se verán los *Estribos en U*, que son aquellos que llevan muros de retorno, paralelos al eje de las vigas.



**Figura 15.** Estribos en U  
**Fuente:** Arnal (2000)

Es importante entonces mencionar que para los puentes sobre cursos de agua, se acostumbra en general usar estribos en ala, porque esta forma produce menos disturbios en el régimen del río, cuya sección se estrecha paulatinamente y se da mejor protección a los rellenos, que con los simples estribos abiertos, que resultan especialmente adecuados para puentes en terrenos planos, sobre ríos con aguas tranquilas y poca fuerza erosiva, o para los pasos superiores de separación de rasantes, es por ello que todo va a depender de las características del terreno, porque ellas originan excepciones a esta regla, y es así entonces como en los ríos con aguas tranquilas, cuyos cauces están bien encajados resultan más convenientes los estribos en U.

#### *Estribos de concreto:*

También se encuentran entre los estribos, los de concreto, que son los más utilizados en la práctica corriente de puentes y se pueden construir de concreto simple o ciclópeo; los cuales van a derivar su estabilidad de su peso propio, y contrarrestarán los efectos en los empujes de tierra. Así mismo se encuentran los de concreto armado; en los cuales su estabilidad va a depender del peso del relleno que actúa sobre su base, la cual forma parte integrante del cuerpo del estribo, y según su forma puede ser; abierto, en cantilever o contrafuertes.

Los abiertos son aquellos que dejan derramar el relleno con su talud natural de reposo, a través de un sistema a porticado de viga y columna, los cantilever, con una pantalla empotrada en una losa de base formando así el tipo más comúnmente usado y el contrafuerte por su parte es cuando la altura del relleno es considerable. Aunque en algunos casos se han usado estribos atirantados, cuya estabilidad depende de un tirante inclinado, anclado en fundación vecina, o se aprovechan las patas de un pórtico para sustituir al estribo.



Cuando el cuerpo del estribo trabaja independientemente se le puede assimilar a un muro de sostenimiento, siempre que se tome en cuenta la influencia de las reacciones del puente y se llenan de algunas condiciones, en todo caso el proyecto de un estribo exige definir datos geotécnicos; sobre las características del relleno y la capacidad soporte del suelo de fundación, los datos hidráulicos; los del nivel freático, altura de crecientes, probabilidad de socavación y sedimentaciones, también están los datos sobre acciones sísmicas, tanto sobre la estructura como sobre el relleno, y otras acciones como el viento y cambios de temperaturas.

Por otra parte *Las Pilas* son definidas por Arnal (2000), como “los apoyos intermedios de un puente” (p.198), sobre los cuales no actúa el empuje de rellenos de acceso y, generalmente, reciben fuerzas horizontales longitudinales de menor magnitud que los estribos, pues, en el caso de los empujes debido a las superestructuras, las reacciones de los tramos adyacentes se contrarrestan en parte y casi se anulan.

Aunque pueden estar sujetas tanto a fuerzas horizontales como transversales, estas debidas al viento y/o a las acciones sísmicas, que pueden influir decisivamente en un proyecto, en especial cuando las alturas son considerables.

Es así entonces como se clasifican las pilas según el material que lo conforma, y los que son de uso común, entre ellos están de mampostería o concreto ciclópeo, de concreto armado, aporticadas o monocolumnares, metálicas, tubulares o formando torres de celosía. Según la ubicación es preciso distinguir las pilas ubicadas entre los cursos de agua, en los cuales es preciso reducir el disturbio que ocasionarían a las crecientes, o la navegación, y en las zonas urbanas, con requerimientos especiales estéticos y de seguridad para el transito bajo el puente.

Es por ello que lo anteriormente mencionado incide en la recopilación de los datos que se requieren para proyectarlas, se necesita información

geotécnica, con datos de granulometría y capacidad resistente del suelo, en cuanto a la información hidrológica; con niveles de creciente, velocidad y poder erosivo del río, presiones hidrostáticas e hidrodinámica sobre sus parámetros, debe existir una definición de la geometría vial en planta y perfil, y en casos de carga se debe considerar tanto las cargas permanentes como las sobrecargas de tránsito, presión de viento y/o acciones sísmicas.

Haciendo una consideración de que las pilas están formadas por los siguientes elementos: *La Base*; que está apoyada directamente en la fundación y queda generalmente sumergida por debajo del nivel de aguas máximas normales, lo cual está dotado generalmente de rompientes que aminoran el efecto de las corrientes. *El Fuste o Cuerpo de la Pila*; que se encarga de salvar la altura exigida por la rasante, y el *Coronamiento*; en el cual remata el fuste y recibe los aparatos de apoyo de la superestructura.

Es por eso que la disposición y proyecto de las pilas se debe realizar de manera que transmita las cargas de la superestructura a la fundación, causando, al mismo tiempo el mínimo disturbio posible en el régimen del río que se puentea. Estas pilas de igual manera se encuentran sometidas a una serie de cargas, entre las que se mencionan las reacciones verticales originadas por el propio peso de la superestructura así como por el efecto de las cargas móviles. Y las reacciones horizontales; de la estructura, por la acción del freno y los empujes horizontales originados por la presión del viento, la velocidad del agua, a las cuales hay que adicionarles las acciones sísmicas.

En cuanto a las fundaciones Arnal explica que tiene por objeto transmitir a los estratos portantes del subsuelo las reacciones del puente y repartir en ellas dichas cargas de manera de no superar su capacidad de carga y de tener los menores asentamientos posibles. Teniendo en cuenta que lo que se busca al proyectar las fundaciones es que la magnitud de estos

asentamientos sea pequeña y que sus valores sean razonablemente uniformes para todos los apoyos de una misma estructura. Es así como las fundaciones de los puentes sobre los cursos de agua deben garantizar su permanencia ante la acción erosiva de las crecientes y por consiguiente su profundidad debe ser suficiente para que no sean socavadas por el río.

Es importante entonces que cada fundación de un puente cumpla con condiciones como: una estabilidad de forma bajo todas las sollicitaciones de carga, una rea suficiente para que las presiones unitarias sobre los estratos portantes no excedan la capacidad de carga del terreno, debe existir uniformidad de estas presiones unitarias con el fin de igualar los asentamientos en todos los apoyos de la estructura, se debe contar con una resistencia estructural suficiente para transmitir reacciones sin que fallen los elementos, y debe contar con una profundidad suficiente bajo el lecho del río para impedir socavación.

### **Clasificación General de los Puentes.**

Los puentes se clasifican de acuerdo a su característica predominante, es decir atendiendo a su tamaño, materiales con que se construyen, uso, duración y operación. A continuación se resume la clasificación convencional de los puentes, esta clasificación es universalmente utilizada básicamente por el Ingeniero diseñador de puentes.

#### **Por su Longitud:**

- ✓ Pontones.
- ✓ Puentes.
  - Puentes Pequeños.
  - Puentes Grandes.

### **Según el material empleado.**

- ✓ Mampostería
- ✓ Madera
- ✓ Concreto Armado
- ✓ Acero
- ✓ Compuestos

### **Según su uso:**

- ✓ Peatonal
- ✓ Para Líneas de Servicios. ( Acueductos)
- ✓ Carretero
- ✓ Ferrocarriles.

### **Por su duración:**

- ✓ Puentes provisionales:
- ✓ Puentes definitivos.

Por su parte Barrientes, (2002), hace la siguiente clasificación de los puentes:

- ✓ *Según su localización en el entorno:* puentes urbanos, son aquellos ubicados dentro de la poligonal urbana de las ciudades, puentes extra-urbanos, se ubican fuera de la poligonal urbana.
- ✓ *Según su longitud:* están los pontones, y los puentes.
- ✓ *Según su movilidad:* se encuentran los puentes fijos, que se diseñan para que cumplan una vida útil para un periodo de tiempo determinado, y los puentes móviles, se colocan para una emergencia por poco tiempo.
- ✓ *Según el material de construcción:* concreto, acero, mixto o compuesto (concreto + acero), madera, aluminio.

- ✓ *Según el número de apoyos:* que son los simplemente apoyados y los puentes continuos.
- ✓ *Según la orientación de los ejes:* puentes rectos y puentes curvos.
- ✓ *Según la posición del tablero:* puentes de tablero superior y puentes de tablero inferior.

## **Vías**

*Las Vías alternas* se refieren aquellas vías que garantizan al usuario a transitar libremente sin tener que pagar a cambio contraprestación alguna; así como también, permite ofrecer comunicación entre dos localidades con un origen y un destino igual a la que ofrece esta vía concesionada sin tener que transitar por esta para lograr su recorrido.

Según Andueza (1999), la Clasificación de las vías va a depender del propósito, es por ello que deduce las siguientes:

Vías urbanas: son las que se encuentran enmarcadas en el área urbana.

Vías rurales: son aquellas que están situadas fuera del ámbito urbano, y el término carretera generalmente es usado para referirse a estas vías rurales.

También se encuentran clasificadas según sus líneas divisorias central, entre las que encontramos las no divididas y las divididas, que es cuando existe una divisoria central entre ambos sentidos de circulación. Es por ello que cuando en una vía dividida las plataformas están relacionadas en su diseño geométrico se dice que es una vía de calzada dividida. Y si están completamente separadas con diseños geométricos independientes se dice entonces que es una vía de calzadas separadas.

De igual manera se encuentran también clasificadas según su funcionalidad, porque toda vía cumple dos funciones principales; la función de movilidad, que es la de darle movilidad al tránsito, y la de accesibilidad, que es la de dar acceso a las propiedades adyacentes,

ambas funciones son contrapuestas, entre mas accesibles sean ofrecen una vía con menos movilidad.

También encontramos la funcionalidad de las vías urbanas, que están compuestas por las autopistas, que son vías divididas cuya única función es la de dar movimiento al tráfico de paso y tiene el control total de los accesos, estas tiene conexión con otras vías solo a través de distribuidores de tránsito a diferentes niveles. Mientras que las vías expresas son vías divididas que tiene por función el movimiento del tráfico de paso, y el control total o parcial de acceso al igual que las autopistas los conectan por distribuidores viales pero en ocasiones existen intersecciones a nivel y además algunas conexiones privadas con parcelas.

Mientras que las vías arteriales son aquellas que tiene acceso privado permitido pero cuya función importante es la de darle movilidad al tráfico de paso. Porque dan servicio a viajes largos y medianos del área urbana. Por su parte las vías colectoras son vías de acceso directo a las parcelas adyacentes y distribuyen y recogen el tráfico de pequeñas áreas cuyas parcelas son servidas por vías locales, teniendo presente que las vías locales tiene como función primordial la de dar acceso a las parcelas adyacentes, en ellas generalmente no hay tráfico de paso.

En cuanto la clasificación oficial de las vías tenemos las troncales, locales, ramales, subramales, caminos y carreteras. Haciendo énfasis principalmente en las troncales que son carreteras que contribuyen a la integración nacional y al desarrollo económico del país, proveen la interconexión regional y la comunicación internacional. Absorben altos volúmenes de tránsito entre los centros poblados de mayor importancia del país.

En cuanto a los estudios que se deben realizar para llevar a cabo el diseño de un puente tenemos el estudio topográfico que Según Ministerio de Transportes (MTC) y Comunicaciones Dirección General de Caminos y

Ferrocarriles de Lima (2003), expresa que los estudios topográficos deberán comprender como mínimo las disposiciones expuestas a continuación:

**Levantamiento topográfico:**

- *Levantamiento topográfico* general de la zona del proyecto, documentado en planos a escala entre 1:500 y 1:2000 con curvas de nivel a intervalos de 1 m y comprendiendo por lo menos 100 m a cada lado del puente en dirección longitudinal (correspondiente al eje de la carretera) y en dirección transversal (la del río u otro obstáculo a ser transpuesto).
- Definición de la topografía de la zona de ubicación del puente y sus accesos, con planos a escala entre 1/100 y 1/250 considerando curvas de nivel a intervalos no mayores que 1 m y con secciones verticales tanto en dirección longitudinal como en dirección transversal. Los planos deberán indicar los accesos del puente, así como autopistas, caminos, vías férreas y otras posibles referencias. Deberá igualmente indicarse con claridad la vegetación existente.
- En el caso de puentes sobre cursos de agua deberá hacerse un levantamiento detallado del fondo. Será necesario indicar en planos la dirección del curso de agua y los límites aproximados de la zona inundable en las condiciones de aguas máximas y mínimas, así como los observados en eventos de carácter excepcional. Cuando las circunstancias lo ameriten, deberán indicarse los meandros del río.
- Ubicación e indicación de cotas de puntos referenciales, puntos de inflexión y puntos de inicio y término de tramos curvos; ubicación o colocación de Bench Marks.
- Levantamiento catastral de las zonas aledañas al puente, cuando existan edificaciones u otras obras que interfieran con el puente o sus accesos o que requieran ser expropiadas.

En cuanto a la instrumentación La instrumentación y el grado de precisión empleados para los trabajos de campo y el procesamiento de los datos deberán ser consistentes con la dimensión del puente y sus accesos y con la magnitud del área estudiada. En cualquier caso los instrumentos y los procedimientos empleados deberán corresponder a la mejor práctica de la ingeniería.

Es por ello que la topografía de la zona donde se ubicará el puente deberá documentarse mediante planos con curvas de nivel y fotografías, registros digitales e informes. Los informes deberán detallar las referencias preliminares consultadas, la descripción y las características técnicas del equipo utilizado para la toma de datos. La metodología seguida para el procesamiento de los datos de campo y la obtención de los resultados. Si se dispusiera de estudios topográficos previos, de zonas adyacentes o que involucren el área del proyecto, éstos deberán ser revisados a fin de verificar la compatibilidad de la información obtenida.

Por su parte Arnal (2000), en cuanto a los estudios topográficos explica que el estudio topográfico debe incluir un plano topográfico del sitio en el que se va a proponer el puente, hasta la unión con las vías de acceso, y que es de preferencia que este se encuentre en escala 1:100; incluyendo perfiles longitudinales por el eje del puente y según los dos bordes de la vía; también debe contener las secciones transversales tomadas a intervalos regulares y preferiblemente en los sitios donde se precisaran la colocación de los apoyos, y un perfil del río o de la vía inferior en los cruces o dos niveles, que deberá extenderse por lo menos 300 metros arriba y abajo del sitio que ha sido escogido.

Menciona de igual manera que en la actualidad se ha empleado el uso extensivo de la aerografía para obtener planos generales de la zona del puente, y de avanzados equipos topográficos (Teodolitos electrónicos, con medición de distancia DME y grabación de las observaciones para su resolución directa al computador, localizadores por satélite GPS y otras



ayudas) que facilitan y logran mayor precisión en estos datos que son indispensables para la elaboración de estos proyectos.

### **Estudios de hidrología e hidráulica**

Según el MTC Lima (2003), el objetivo principal de los estudios son establecer las características hidrológicas de los regímenes de avenidas máximas y extraordinarias y los factores hidráulicos que con llevan a una real apreciación del comportamiento hidráulico del río que permiten definir los requisitos mínimos del puente y su ubicación óptima en función de los niveles de seguridad o riesgos permitidos o aceptables para las características particulares de la estructura. Los estudios de hidrología e hidráulica para el diseño de puentes deben permitir establecer lo siguiente:

- Ubicación óptima del cruce.
- Caudal máximo de diseño hasta la ubicación del cruce.
- Comportamiento hidráulico del río en el tramo que comprende el cruce.
- Área de flujo a ser confinada por el puente.
- Nivel máximo de agua (NMA) en la ubicación del puente.
- Nivel mínimo recomendable para el tablero del puente.
- Profundidades de socavación general, por contracción y local.
- Profundidad mínima recomendable para la ubicación de la cimentación, según el tipo de cimentación.
- Obras de protección necesarias.
- Previsiones para la construcción del puente.

*Estos estudios hidrológicos e hidráulicos comprenderán lo siguiente:*

- Evaluación de estudios similares realizados en la zona de ubicación del puente; en el caso de reemplazo de un puente colapsado es conveniente obtener los parámetros de diseño anteriores.
- Visita de campo; reconocimiento del lugar tanto en la zona de cruce como de la cuenca global.
- Recolección y análisis de información hidrométrica y meteorológica existente; esta información puede ser proporcionada por entidades locales o nacionales, o entidades encargadas de la administración de los recursos hídricos del lugar.
- Caracterización hidrológica de la cuenca, considerada hasta el cruce del curso de agua; en base a la determinación de las características de respuesta lluvia - escorrentía, y considerando aportes adicionales en la cuenca, se analizará la aplicabilidad de los distintos métodos de estimación del caudal máximo.
- Selección de los métodos de estimación del caudal máximo de diseño; para el cálculo del caudal máximo a partir de datos de lluvia se tienen: el método racional, métodos en base a hidrogramas unitarios sintéticos, métodos empíricos, etc., cuya aplicabilidad depende de las características de la cuenca; en caso de contarse con registros hidrométricos de calidad comprobada, puede efectuarse un análisis de frecuencia que permitirá obtener directamente valores de caudal máximo para distintas probabilidades de ocurrencia (periodos de retorno).
- Estimación de los caudales máximos para diferentes periodos de retorno y según distintos métodos; en todos los casos se recomienda llevar a cabo una prueba de ajuste de los distintos métodos de análisis de frecuencia (Gumbel, Log - Pearson Tipo III, Log - Normal, etc.) para seleccionar el mejor. Adicionalmente, pueden corroborarse los resultados bien sea mediante factores obtenidos a partir de un análisis regional o, de

ser posible, evaluando las huellas de nivel de la superficie de agua dejadas por avenidas extraordinarias recientes.

- Evaluación de las estimaciones de caudal máximo; elección del resultado que, a criterio ingenieril, se estima confiable y lógico.
- Determinación del periodo de retorno y la descarga máxima de diseño; el periodo de retorno dependerá de la importancia de la estructura y consecuencias de su falla, debiéndose garantizar un estándar hidráulico mayor para el diseño de la cimentación del puente que el usualmente requerido para el dimensionamiento del área de flujo a ser confinada por el puente.
- Caracterización morfológica del cauce; es especialmente importante la determinación de la estabilidad, estática o dinámica, o inestabilidad del cauce, y asimismo, el aporte de escombros desde la cuenca, los cuales permitirán pre-establecer las condiciones a las que estará expuesta la estructura.
- Determinación de las características físicas del cauce, incluyendo las llanuras de inundación; estas incluyen la pendiente del cauce en el tramo de estudio, diámetro medio del material del lecho tomado a partir de varias muestras del cauce, coeficientes de rugosidad considerando la presencia o no de vegetación, materiales cohesivos, etc.
- Selección de secciones transversales representativas del cauce y obtención del perfil longitudinal; la longitud del tramo a ser analizado dependerá de las condiciones de flujo previstas, por ejemplo, alteraciones aguas arriba o aguas abajo que debieran considerarse.
- Determinación del perfil de flujo ante el paso del caudal de diseño a lo largo del cauce.
- Determinación de las características hidráulicas del flujo; estas comprenden la velocidad media, ancho superficial, área de flujo, pendiente de la línea de energía, nivel de la superficie de agua, etc.,

cuyos valores son necesarios para la determinación de la profundidad de socavación.

- Determinación de las profundidades de socavación general, por contracción local y total.
- Evaluación de las estimaciones de socavación total.
- Recomendaciones de protección y/o consideraciones de diseño adicionales.

Así mismo, Arnal (2000), que en cuanto a la hidrología se trata se deben indicar los niveles de aguas normales y aguas máximas probables en el sitio del puente, se deben tener presentes de igual manera los registros de los aforos y de las precipitaciones fluviales de las que se dispongan, así como también de las características de la hoya hidrográfica aguas arriba del sitio donde será ubicado el puente.

### **Estudios geológicos y geotécnicos**

Según el MTC Lima (2003), *El objetivo primordial del estudio geológico* es el de establecer las características geológicas, tanto local como general de las diferentes formaciones geológicas que se encuentran identificando tanto su distribución como sus características geotécnicas correspondientes. Su alcance se encuentra determinado por el programa de estudios que deberá considerar exploraciones de campo, cuya cantidad será determinada en base a la envergadura del proyecto.

A su vez los estudios geológicos y geotécnicos estarán comprendidos por una revisión de información existente y descripción de la geología a nivel regional y local, una Descripción geomorfológica, seguida de la Zonificación geológica de la zona, en la cual se definirán de las propiedades físicas y mecánicas de suelos y/o rocas, definiendo de igual manera las zonas de deslizamientos, huaycos y aluviones sucedidos en el pasado y de potencial ocurrencia en el futuro, así como también se

buscara la recomendación de canteras para materiales de construcción y se identificaran y caracterizaran las fallas geológicas.

*En cuanto al estudio geotécnico*, se puede decir que el objetivo principal es el de establecer las características geotécnicas, es decir, la estratigrafía, la identificación y las propiedades físicas y mecánicas de los suelos para el diseño de cimentaciones estables, teniendo como alcance que el estudio debe considerar exploraciones de campo y ensayos de laboratorio, cuya cantidad será determinada en base a la envergadura del proyecto, en términos de su longitud y las condiciones del suelo. Los estudios deberán comprender la zona de ubicación del puente, estribos, pilares y accesos. Del mismo modo los estudios geotécnicos estarán compuestos por ensayos de campo en suelos y/o rocas, seguidos de ensayos de laboratorio en muestras de suelo y/o roca extraídas de la zona, también se realizara la descripción de las condiciones del suelo, estratigrafía e identificación de los estratos de suelo o base rocosa.

Así mismo se deberán definir los tipos y profundidades de cimentaciones adecuadas, así como parámetros geotécnicos preliminares para el diseño del puente a nivel de anteproyecto. Dependiendo de la envergadura del proyecto y del tipo de suelo se podrán realizar ensayos de refracción sísmica, complementados por perforaciones o excavaciones de verificación en sustitución a los trabajos antes mencionados. En los que se realizara la presentación de los resultados y recomendaciones sobre especificaciones constructivas y obras de protección.

En cuanto a las perforaciones, para la cantidad y profundidad de estas se deberá tomar en cuenta la magnitud y complejidad del proyecto. En el caso de puentes de hasta 100 metros, se preverá como mínimo una perforación de exploración por cada componente, sea éste estribo, zapata, pilar, bloque de anclaje, grupo de pilotes, etc. Dependiendo de las características del proyecto y del tipo de terreno este mínimo podrá reducirse a una sola perforación, complementado por ensayos de

refracción sísmica. En caso de puentes de gran longitud, deberá tomarse en cuenta la variabilidad de las condiciones del terreno a lo largo del eje del puente. La profundidad de las exploraciones y perforaciones estará definida considerando un pre dimensionamiento de la cimentación y las condiciones locales del subsuelo. Si las condiciones locales del subsuelo lo requieren, se requerirá extender la profundidad de las perforaciones, por debajo del nivel de cimentación, de 2 a 3 veces el ancho previsto de las zapatas ó 2 metros bajo el nivel inferior de las cimentaciones profundas. En el caso de macizos rocosos, se requerirá extender la profundidad de las perforaciones de 1 a 3 metros por debajo del nivel estimado de cimentación.

Los ensayos de campo serán realizados para obtener los parámetros de resistencia y deformación de los suelos o rocas de fundación así como el perfil estratigráfico con perforaciones que estarán realizadas en función de la longitud del puente, número de estribos, pilares y longitud de accesos. Los métodos de ensayo realizados en campo deben estar claramente referidos a prácticas establecidas y normas técnicas especializadas relacionadas con los ensayos respectivos. Pueden considerarse los ensayos que se listan a continuación:

*a) Ensayos en Suelos:*

- Ensayo de Penetración Estándar (SPT)
- Ensayo de Permeabilidad
- Ensayo de Refracción Sísmica

*b) Ensayos en Rocas:*

- Ensayo de Compresión Uniaxial en Roca débil
- Determinación de la Resistencia al Corte Directo, en discontinuidades de roca
- Ensayo de Carga en Placa Flexible

- Ensayo de Carga en Placa Rígida
- Ensayo con el Método de Fractura miento Hidráulico.

Los métodos usados en los ensayos de laboratorio deben estar claramente referidos a normas técnicas especializadas relacionadas con los ensayos respectivos. Pueden considerarse los ensayos que se listan a continuación:

*a) Ensayos en Suelos:*

- Contenido de humedad
- Gravedad específica
- Distribución granulométrica
- Determinación del límite líquido y límite plástico
- Ensayo de corte directo
- Ensayo de compresión no-confinada
- Ensayo triaxial no consolidado - no drenado
- Ensayo triaxial consolidado - no drenado
- Ensayo de consolidación
- Ensayo de permeabilidad
- Ensayo Proctor Modificado y CBR.

*b) Ensayos en Rocas:*

- Determinación del modulo elástico
- Ensayo de compresión triaxial
- Ensayo de compresión no confinada
- Ensayo de resistencia a la rotura.

Por su parte Arnal (2000), explica en cuanto a las características de los suelos, en los márgenes y en el cauce del río, y con la debida información de la zona sísmica en que este se encuentra ubicado y el tipo de espectro correspondiente a las características del subsuelo, así como la descripción de los materiales de construcción obtenibles en los alrededores del sitio propuesto.

Así mismo es de relevancia hacer mención de la existencia de una Interrelación con los estudios hidrológicos, en caso de puentes sobre cursos de agua, la información sobre la geomorfología y las condiciones del subsuelo del cauce y alrededores son complementarios con aquella obtenida de los estudios hidrológicos. El diseño de los elementos de la subestructura se realizará tomando en cuenta además la influencia de la socavación y la sub presión en el diseño. El nivel de cimentación deberá estar por debajo de la profundidad de socavación estimada.

En cuanto a la documentación de estos estudios, estos deberán ser presentados mediante un informe que contendrá, como mínimo, lo siguiente:

- *Exploración geotécnica.* Indicación de sondajes y ensayos de campo y laboratorio realizados. Se indicarán las normas de referencia usadas para la ejecución de los ensayos. Los resultados de los sondajes deben ser presentados con descripción es precisas de los estratos de suelo y/o base rocosa, clasificación y propiedades físicas de los suelos y/o roca, indicación del nivel freático y resultados de los ensayos decampo.
- Descripción precisa de los estratos de suelos, clasificación y propiedades físicas delos suelos.
- Indicación del nivel freático
- De los resultados de ensayos de campo y de laboratorio. Como mínimo se deben establecer los siguientes parámetros, de acuerdo al tipo de suelo: peso volumétrico, resistencia al corte, compresibilidad, potencial de expansión o de colapso, potencial de licuación. En caso de rocas, se



deberán establecer: dureza, compacidad, resistencia al intemperismo, índice de calidad y resistencia a la compresión.

- Tipos y profundidades de cimentación recomendadas.
- Normas de referencia usados en los ensayos.
- Canteras para materiales de construcción y características de los materiales de las canteras.
- Zonas de deslizamientos, y aluviones pasados.
- Conclusiones y recomendaciones.

En cuanto a los estudios de riesgo sísmico, tendrán como finalidad la determinación de espectros de diseño que definan las componentes horizontal y vertical del sismo a nivel de la cota de cimentación. El alcance de los estudios de riesgo sísmico dependerá de: La zona sísmica donde se ubica el puente, el tipo de puente y su longitud, las características del suelo. Para los casos siguientes podrán utilizarse directamente las fuerzas sísmicas mínimas especificadas a continuación:

- Puentes ubicados en la zona sísmica 1, independientemente de las características de la estructura.
- Puentes de una sola luz, simplemente apoyados en los estribos, independientemente de la zona donde se ubiquen.
- Otros puentes que no correspondan a los casos explícitamente listados en lo que sigue.

Se requerirán estudios de riesgo sísmico para los puentes que se ubiquen en las zonas 1, 2, 3 ó 4, en los siguientes casos:

- Puentes colgantes, puentes atirantados, puentes de arco y todos aquellos puentes con sistemas estructurales no convencionales, siempre que - en cualquiera de los casos mencionados - se tenga una luz de más de 90m. y/o el suelo corresponda al perfil tipo S4.

- Otros puentes, incluyendo puentes continuos y simplemente apoyados de múltiples luces, con una longitud total de la estructura mayor o igual a 150 m.

Cuando se requiera un estudio de riesgo sísmico para el sitio, éste deberá comprender como mínimo lo siguiente, recopilación y clasificación de la información sobre los sismos observados en el pasado, con particular referencia a los daños reportados y a las posibles magnitudes y epicentros de los eventos, también serán de suma importancia los antecedentes geológicos, tectónica y sismo tectónica y mapa geológico de la zona de influencia, los estudios de suelos, definiéndose la estratigrafía y las características físicas más importantes del material en cada estrato. Cuando sea procedente, deberá determinarse la profundidad de la capa freática, la prospección geofísica, determinándose velocidades de ondas de compresión y de corte a distintas profundidades. De igual manera la determinación de las máximas aceleración, velocidad y desplazamiento en el basamento rocoso correspondientes al “sismo de diseño” y al “máximo sismo creíble”. Para propósitos de este Reglamento se define como sismo de diseño al evento con 10% de probabilidad de excedencia en 50 años, lo que corresponde a un período de retorno promedio de aproximadamente 475 años. Se considera como máximo sismo creíble a aquel con un período medio de retorno de 2500 años. La determinación de espectros de respuesta (correspondientes al “sismo de diseño”) para cada componente, a nivel del basamento rocoso y a nivel de la cimentación.

Para los métodos de análisis sobre la información de sismos pasados deberá comprender una región en un radio no menor que 500 km desde el sitio en estudio. El procesamiento de la información se hará utilizando programas de cómputo de reconocida validez y debidamente documentados. Deberán igualmente justificarse las expresiones utilizadas para correlacionar los diversos parámetros. Los espectros de respuesta

serán definidos a partir de la aceleración, la velocidad y el desplazamiento máximos, considerando relaciones típicas observadas en condiciones análogas. Cuando la estratigrafía sea aproximadamente uniforme, los estudios de amplificación sísmica podrán realizarse con un modelo mono dimensional. El modelo deberá ser capaz de transmitir componentes de hasta 25 Hertz sin filtrar significativamente la señal.

En cuanto a la presentación de los estudios, deberá ser documentado mediante un informe que contendrá, como mínimo, lo siguiente:

- Base de datos de eventos sísmicos utilizada para el estudio
- Resultados de los estudios de geología, tectónica y sismo tectónica de suelos y de la prospección geofísica.
- Hipótesis y modelos numéricos empleados, justificando los valores utilizados. Esta información deberá ser presentada con un detalle tal que permita a cualquier otro especialista reproducir los resultados del estudio.
- Espectros de respuesta a nivel del basamento rocoso y a nivel de cimentación.
- Conclusiones y recomendaciones.

Así mismo presenta los estudios de impacto ambiental, enfocados en la Construcción de un puente, como un elemento que modifica el medio y en consecuencia las condiciones socio - económicas, culturales y ecológicas del ámbito donde se ejecutan; y es allí cuando surge la necesidad de una evaluación bajo un enfoque global ambiental. Muchas veces esta modificación es positiva para los objetivos sociales y económicos que se tratan de alcanzar, pero en muchas otras ocasiones la falta de un debido planeamiento en su ubicación, fase de construcción y etapa de operación puede conducir a serios desajustes debido a la alteración del medio. Es por ello que los estudios ecológicos tendrán como finalidad:

- Identificar en forma oportuna el problema ambiental, incluyendo una evaluación de impacto ambiental en la concepción de los proyectos. De esta forma se diseñarán proyectos con mejoras ambientales y se evitará, atenuará o compensará los impactos adversos.
- Establecer las condiciones ambientales de la zona de estudio.
- Definir el grado de agresividad del medio ambiente sobre la subestructura y la superestructura del puente.
- Establecer el impacto que pueden tener las obras del puente y sus accesos sobre el medio ambiente, a nivel de los procedimientos constructivos y durante el servicio del puente.
- Recomendar las especificaciones de diseño, construcción y mantenimiento para garantizar la durabilidad del puente.

**La metodología a seguir en un estudio de Impacto Ambiental será la siguiente:**

*1. Identificación de Impactos*

Consiste en identificar los probables impactos a ser investigados, para lo cual es necesario conocer primero de la manera más amplia el escenario sobre el cual incide el proyecto; cuya ubicación, ejecución y operación afectará el entorno ecológico. Así mismo, es imprescindible el conocimiento del proyecto a desarrollar, que involucra no sólo el contexto técnico sino también las repercusiones sociales y experiencias del desarrollo de este tipo de proyectos en otros escenarios.

*2. Previsión de Impactos*

El objetivo en este nivel está orientado hacia la descripción cuantitativa o cualitativa, o una combinación de ambas, de las principales consecuencias ambientales que se han detectado en el análisis previo.

### *3. Interpretación de Impactos*

Implica analizar cuán importante es la alteración medio ambiental en relación a la conservación original del área.

### *4. Información a las comunidades y a las autoridades sobre los impactos ambientales*

En esta etapa hay que sintetizar los impactos para presentarlos al público que será afectado por los impactos ambientales detectados; y a las autoridades políticas con poder de decisión. La presentación deberá ser lo suficientemente objetiva para mostrar las ventajas y desventajas que conlleva la ejecución del proyecto.

La información mínima para un estudio de Impacto Ambiental en Puentes será:

1. Fauna silvestre
2. Flora adyacente
3. Presencia de agua en el cauce
4. Relieve topográfico
5. Deforestación en los taludes del cauce
6. Probabilidad de erosión lateral de los taludes
7. Material sedimentado en el Lecho del cauce
8. Presencia de recursos hidrobiológicos
9. Valor estético del paisaje
10. Densidad de población
11. Red de transportes adyacentes.
12. Otras estructuras adyacentes.

Los estudios deberán ser documentados mediante un informe que contendrá, como mínimo lo siguiente; descripción de los componentes ambientales del área de influencia del Proyecto, análisis de la información sobre el estado de los puentes adyacentes a la zona del proyecto,

aplicaciones Metodológicas e identificación de Impactos Ambientales Potenciales, identificación de Medidas Preventivas y Correctivas, conclusiones y recomendaciones

### **Estudios de tráfico**

En cuanto a los estudios de tráfico se trata, cuando la magnitud envergadura de la obra así lo requiera, será necesario efectuarlos estudios de tráfico correspondiente a volumen y clasificación de tránsito en puntos establecidos, con el objetivo de determinar las características de la infraestructura vial y la superestructura del puente. para ello la metodología a seguir será la siguiente:

- *Conteo de Tráfico*

Se definirán estaciones de conteo ubicadas en el área de influencia (indicando en un gráfico). Se colocará personal clasificado, provisto de formatos de campo, donde anotarán la información acumulada por cada rango horario.

- *Clasificación y Tabulación de la Información*

Se deberán adjuntar cuadros indicando el volumen y clasificación vehicular por estación.

- *Análisis y consistencia de la información*

Esto se llevará a cabo comparando con estadísticas existentes a fin de obtener los factores de corrección estacional para cada estación.

- *Tráfico actual*

Se deberá obtener el Índice Medio Diario (I.M.D) de los conteos de volúmenes de tráfico y del factor de corrección determinado del análisis de consistencia.

Los estudios deberán ser documentados mediante un informe que contendrá como mínimo lo siguiente; resultados de clasificación por tipo de vehículo para cada estación y por sentido, resultados de vehículos

totales para cada estación y por sentido, Índice Medio Diario (I.M.D) por estación y sentido, plano ubicando las estaciones de conteo e indicando cada sentido, conclusiones y recomendaciones, planos y/o esquemas que se requiera.

### **Diseño Geométrico de Carreteras**

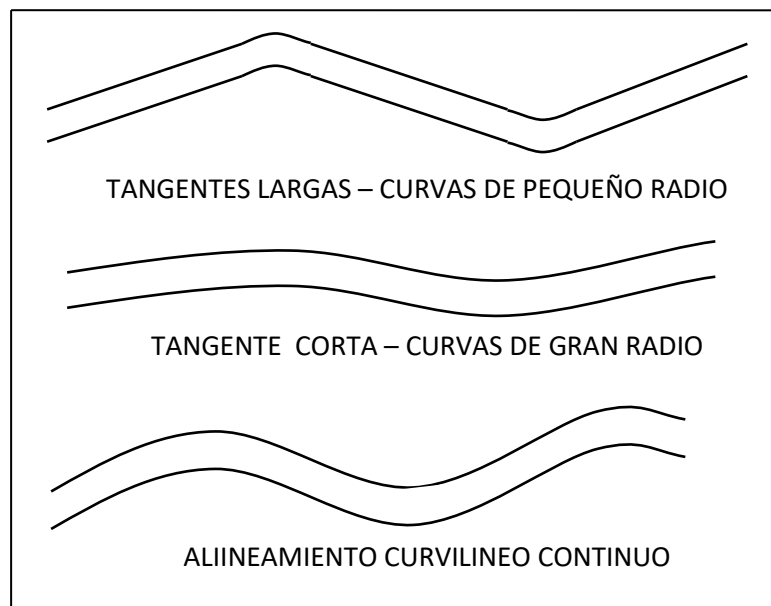
Según Carciente 1980, explica que el diseño geométrico de una carretera es el proceso de correlacionar sus elementos físicos con las características de operación, porque es a través del diseño geométrico que datos que son expresiones cuantitativas de la naturaleza, requerimientos e idiosincrasia de los hombres, características de los vehículos y usos de la tierra se combinan para dar configuración a una vía que dentro de las limitaciones económicas impuestas satisfagan la demanda reflejada por esos datos.

El autor nos explica que los criterios para el diseño geométrico de carreteras se encuentra basado en la matemática racional del diseño, uso del vehículo y de sus características de operación, así como de los principios de la geometría y la física, incluyendo no solo cálculos teóricos sino que también los resultados experimentales y análisis del comportamiento de los conductores, la reacción humana y la capacidad de las carreteras.

Es por ello que para establecer relaciones matemáticas en ocasiones se hace necesario formular una hipótesis arbitraria referente a la velocidad de proyecto, tiempo de reacción, distancia de visibilidad y otros parámetros, esto debido que a futuro las pautas que se usan quedaran afectadas por los cambios que ocurren en las características de los vehículos, ya que estas cambian de año en año y las carreteras lo hacen muy lentamente, siendo esto valido para que sean exigidos las

imposiciones de ciertas normas a quienes fabrican vehículos para que eviten cambiar los aspectos del vehículo, como tamaño peso, altura del ojo del conductor, esto con el fin de que se mantengan vigentes durante periodos suficientemente largos para no obligar a modificar las normas de diseño geométrico con excesiva frecuencia.

En cuanto al alineamiento horizontal de una carretera el autor hace referencia a que el alineamiento horizontal formado por líneas rectas enlazadas con arcos de círculo.



**Figura 16.** Alineamiento Horizontal de una Carretera

**Fuente:** Avendaño 2012.

Durante mucho tiempo el trazado rectilíneo fue considerado como el mejor por ser el más corto, si embargo en la actualidad un trazado curvilíneo o semicurvilíneo es preferido por varias razones.



El trazado de una carretera según Carciente 19820, implica una búsqueda continua, una evaluación y selección de las posibles líneas que se pueden localizar en cada una de las fajas de terreno que han quedado como merecedoras de un estudio más detallado después de haber practicado los conocimientos preliminares y la evaluación de la ruta. Para ello existen dos métodos el terrestre que es aconsejable luego de haber llevado a términos los reconocimientos preliminares, es decir los posibles alineamientos del trazado que ha quedado bien definido, y el método aéreo, que se prefiere cuando en el reconocimiento no ha sido posible precisar los alineamientos del trazado, cuando el terreno es accidentado o cuando el uso del a tierra es muy intenso.

En cuanto al criterio para el desarrollo de los trazados, del análisis económico que se realice de la región en estudio el ingeniero puede determinar el tipo de vehículo que predominara en la futura vía, así cuando estudie el trazado podrá crear las condiciones óptimas para el desenvolvimiento normal de ese vehículo. Es por este motivo que el trazado debe reunir determinadas características en sus alineamientos y pendientes, y para ello deberán establecerse desde un principio los radios de curvatura mínima y las pendientes máximas que pueden emplearse.

En cuento a los radios de curvatura mínimos para el enlace de los alineamientos rectos, las normas venezolanas establecen los siguientes valores, según la velocidad escogida para proyectar.

**Tabla1.** Curvatura mínimos para el enlace de los alineamientos rectos

<b>Velocidad de Proyecto (Km/H)</b>	<b>Radio Mínimo De Curvatura (m)</b>
60	100
70	150
80	200
90	250
100	350
110	500
120	700
130	900
140	1200

**Fuente:** Carciente 1980

Teniendo en cuenta esto, las normas de la AASHO recomienda para carreteras principales, los siguientes valores de relación de máxima pendiente a velocidad de proyecto.

**Tabla 2.** Relación de máxima pendiente a velocidad de proyecto.

<b>Topografía</b>	<b>Velocidad de Proyecto (Km/H)</b>						
	<b>65</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>05</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>30</b>
<b>Plana</b>						3	3
<b>Ondulada</b>						4	4
<b>Montañosa</b>						5	-

**Fuente:** Carciente 1980.

Así mismo estas normas establecen que, donde sea posible, las pendientes positivas o en subida no deben tener una longitud tal que los camiones cargados tengan que reducir su velocidad indebidamente. De esta manera la llamada longitud crítica pendiente, queda definida como aquella longitud de trayecto que motiva una reducción de 25 Km/h (15 millas /horas) en velocidad de vehículos pesados. Bajo esta base, la longitud crítica de pendiente de subida, cuando siguen a una sección de carretera horizontal o casi horizontal son las siguientes:

**Tabla 3.** Pendiente y longitud crítica

Pendiente de subida (porcentaje)	3	4	5	6	7	8
Longitud crítica de pendiente en subida (metros)	520	335	245	180	150	150

**Fuente:** Carciente 1980.

En un trazado debe procurarse no pasarse de estas longitudes críticas de pendientes, y, donde no puedan evitarse deben hacerse consideraciones para proveer vías de subida adicionales en el lado de la pendiente de positiva, particularmente cuando el volumen total de vehículos o el porcentaje de camiones es alto.

**Tabla 4.** Velocidad de proyecto y pendientes máximas.

<b>Velocidad de Proyecto (Km/H)</b>	50	65	80	95	110
Pendientes máximas (porcentajes)	6-8	5-7	4-6	3-6	3-5

**Fuente:** Carciente 1980.

En cuanto al estudio del trazado entre dos o mas puntos, que vana a ser unidos con una carretera, pueden trazarse numerosas líneas, pero el problema se presenta en la selección de la que mejor satisfaga las especificaciones técnicas que se han establecido, es así como las características topográficas de la zona, la naturaleza del suelo y los drenajes son determinantes.

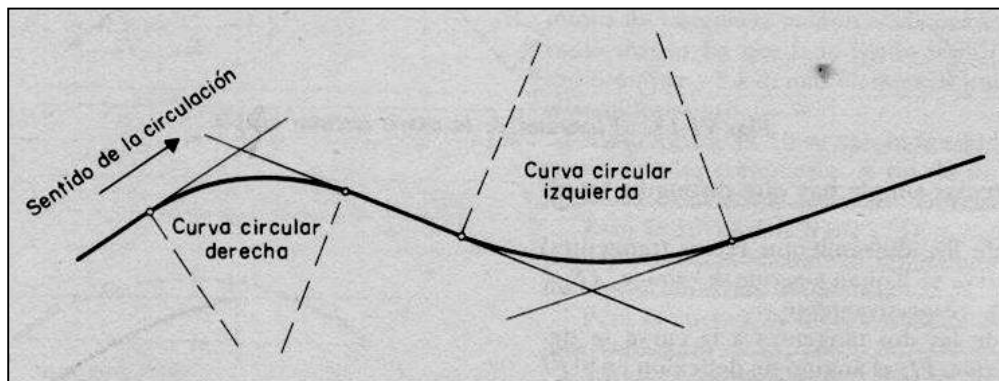
En los trazados modernos la tendencia es el remplazo de grandes rectas por una sucesión de alineaciones rectas cortas y curvas de gran radio, pero la discontinuidad de curvatura que existe en el punto de unión de una recta con una curva no es aceptada. Por tanto la curvatura que debe seguir un vehículo debe ser de curvatura continua.

Al utilizar el alineamiento de rectas unidas por curvas, aparecen dos tipos de curvas en el trazado horizontal, las curvas de enlace y las curvas de transición. En cuanto al perfil longitudinal, por las razones anteriormente mencionadas, debe mantenerse la curvatura continua, la circulación rápida impone que esta condición se cumpla especialmente en las pendientes. Se comprende entonces que cuando existen variaciones bruscas dependientes no son confortables y además son peligrosas para los vehículos que viajan a gran velocidad, y es allí donde surge la necesidad de implantar las curvas verticales constituidas por arcos de parábolas.

Para el diseño balanceado de una carretera, todos sus elementos físicos deben estar determinados, tanto como ello sea económicamente posible, para proporcionar seguridad y continuidad de operación a la velocidad que se haya escogido para proyectar. En este sentido, las relaciones entre velocidad y curvatura son fundamentales para el diseño geométrico.

## Geometría de las curvas circulares.

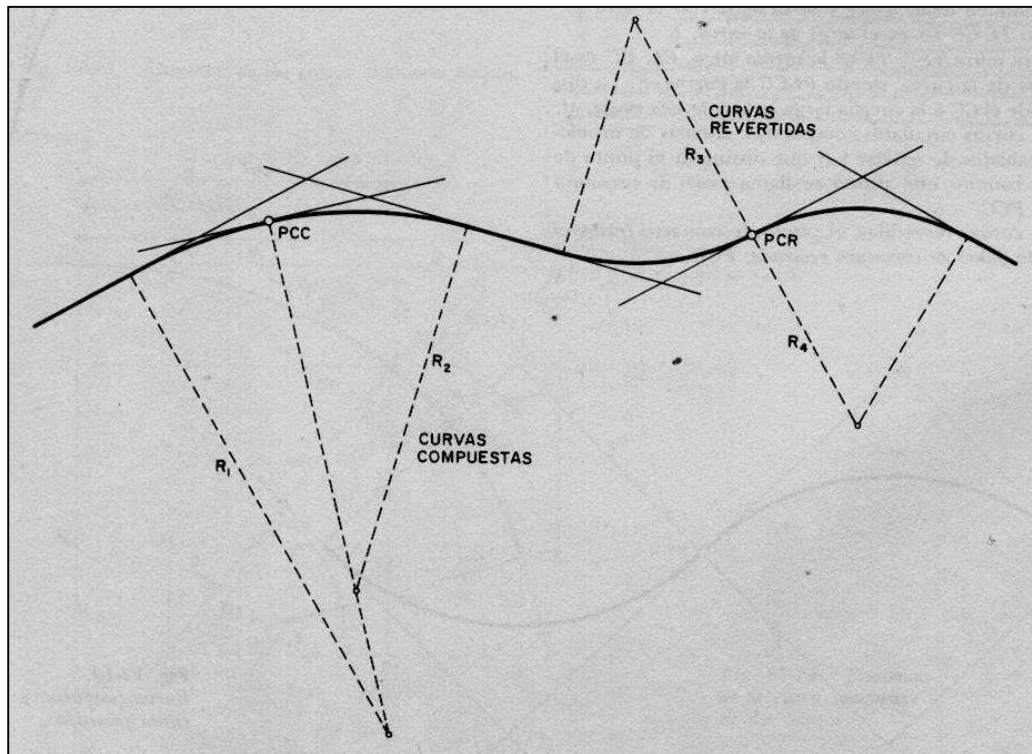
De una manera simplificada según Carciente 1980 nos explica que el alineamiento en planta de una carretera consiste en una serie de tramos rectos (tangentes), conectadas por curvas circulares. Entonces las curvas circulares son los arcos de círculo que forman la proyección horizontal de las curvas empleadas para unir dos tangentes consecutivas. Ver figura 17.



**Figura 17.** Enlace de alineamientos rectos con curvas circulares simples.  
**Fuente:** Carciente 1980.

## Clasificación de los elementos de las curvas circulares

Cuando dos tangentes son enlazadas por una sola curva, esta se llama curva simple. Ver figura 18. Una curva puede doblar hacia la derecha o hacia la izquierda, recibiendo entonces ese calificativo adicional. Cuando dos o más curvas circulares contiguas, de diferentes radios, cruzan hacia el mismo lado, reciben el nombre de curvas compuestas, en tanto que cuando cruzan en sentido opuesto y tienen un punto de tangencia común, siendo sus radios iguales o diferentes, reciben el nombre de curvas revertidas.



**Figura 18.** Enlace de alineamientos rectos con curvas compuestas y revertidas  
**Fuente:** Carciente 1980.

### **Elementos de una curva circular simple**

En una curva circular simple hay que distinguir los siguientes elementos: Ver figura 19.

#### **Tangente de entrada y de salida (TE y TS):**

Los puntos donde los alineamientos son rectos (tangentes) son tangentes a la curva y se llaman tangente de entrada TE, y tangente de salida TS respectivamente.

#### **Angulo de deflexión ( $\Delta$ ):**

La intersección de dos tangentes a la curva se designa punto de intersección PI, el ángulo de deflexión en PI formado por la prolongación de una tangente y la siguiente se designa con la letra  $\Delta$  y tiene por valor el ángulo al centro subtendido por la curva.

**Tangente o semitangente (T):**

El tramo de tangente entre el TE y el PI o entre el PI y el TS se denomina semitangente y se designa con la letra T.

**Largo de la curva (L):**

El arco TE-CC-TS es el largo de la curva, L.

**Cuerda larga (CL):**

La recta entre TE y TS es la cuerda larga, CL.

**CC:**

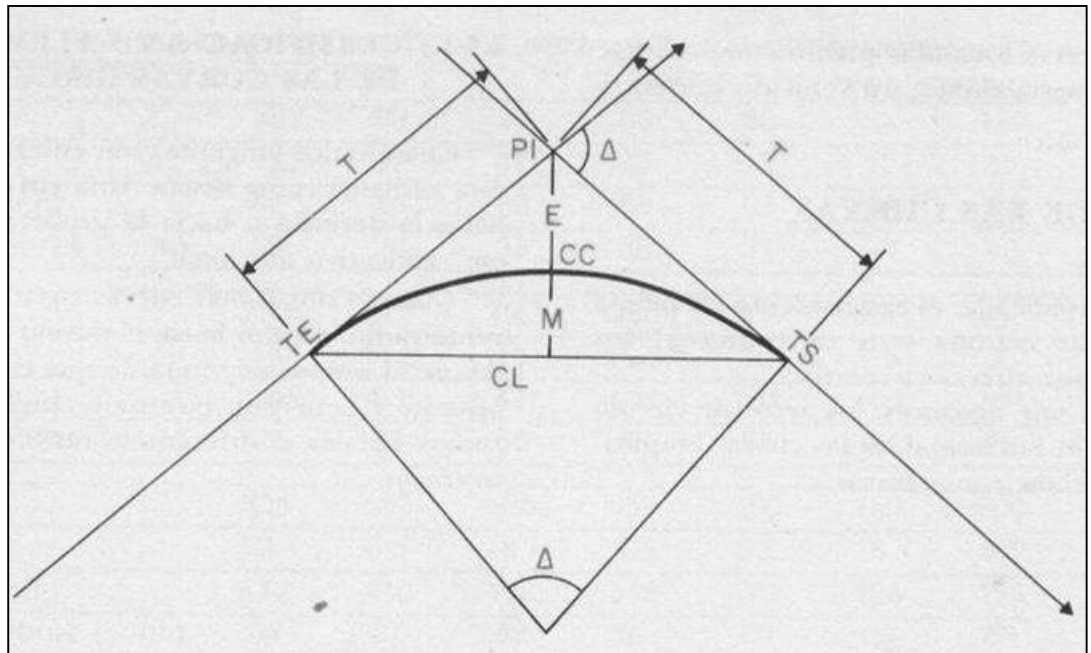
Es el punto medio de la curva.

**Externa (E):**

La distancia entre PI-CC la externa, E.

**Media (M):**

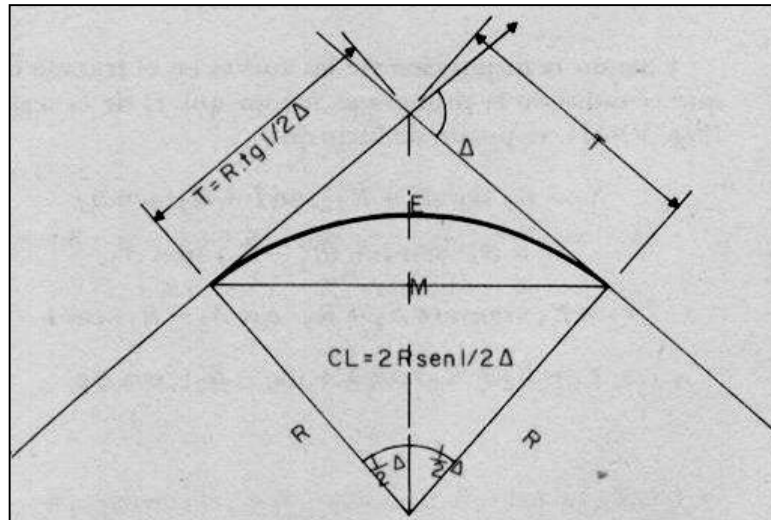
La distancia desde CC a la cuerda larga es la ordenada media, M.



**Figura 19.** Elementos de la curva circular simple  
**Fuente:** Carciente 1980.

### Cálculo de los elementos de las curvas circulares.

Los distintos elementos de una curva circular simple se calculan de las siguientes expresiones, las cuales pueden ser deducidas de la siguiente figura:



**Figura 20.** Cálculo de elementos de la curva circular simple  
**Fuente:** Carciente 1980.

Formula para el cálculo de la semitangente o semitangente

$$T = R_c \times \text{Tg}(\Delta/2)$$

$$R_c \geq 200 \text{ m}$$

$T$  = Semitangente

$R_c$  = Radio de la curva

$\Delta$  = Ángulo de deflexión

Formula para el cálculo de la externa

$$E = R_c \times \text{Sec}(\Delta/2) - 1$$

$E$  = Externa

$R_c$  = Radio de la curva

$\Delta$  = Ángulo de deflexión.



Formula para el cálculo de la Ordenada Media

$$M = R_c \times (1 - \text{Cos} (\Delta/2))$$

$M$  = Media

$R_c$  = Radio de la curva

$\Delta$  = Ángulo de deflexión.

Formula Para Calcular la Cuerda Larga

$$C_L = 2R_c \times \text{Sen} (\Delta/2)$$

$C_L$  = Cuerda larga

$R_c$  = Radio de la curva

$\Delta$  = Ángulo de deflexión.

Formula para Calcular la Longitud de la Curva

$$L_c = \frac{\pi \times R_c \times \Delta}{180^\circ}$$

$L_c$  = Longitud de la cuerda

$R_c$  = Radio de la curva

$\Delta$  = Ángulo de deflexión.

## **Bases Legales**

Para las bases legales, es importante mencionar reglamentos y normas generadas en el país, en la región, y en la localidad que se consideran primordiales en relación al beneficio o bienestar que las obras civiles y en particular las que el sistema vial y la construcción y diseños de puentes causa en la ciudadanía en general.

### **Constitución de la República Bolivariana de Venezuela**

A través de la Constitución se establecieron reglas y procedimientos que regulan o están relacionados con el tema de investigación, porque contiene disposiciones de uso y planes de ordenación del territorio; entre las cuales se pueden mencionar las siguientes:

Titulo III De los Derechos Humanos y Garantías, y de los Deberes.

En el Capitulo IX De los Derechos Ambientales, en los artículos 127, 128, 129, señala que es un derecho y un deber de cada generación proteger y mantener el ambiente en beneficio de si misma y del mundo futuro.

Establece que todas las actividades susceptibles de generar daños a los ecosistemas deben ser previamente acompañados de estudios de impacto ambiental y socio cultural.

Titulo IV Del Poder Público.

En el Capitulo II De la Competencia del Poder Público Nacional, en el artículo 156, señala en el numeral 19 el establecimiento, coordinación y unificación de normas y procedimientos técnicos para obras de ingeniería, arquitectura y de urbanismo, y la legislación sobre la ordenación urbanística.

En el numeral 20, las obras públicas de interés Nacional.

En el numeral 27, el sistema de vialidad y de ferrocarriles nacionales.

### **Ley Orgánica del Ambiente (Abril 2009)**

Es importante para el presente estudio considerar la presente ley, en la que se especifica criterios técnicos, con la consideración de los posibles impactos ambientales que se producen en los ecosistemas, con la aplicación de precaución o medidas preventivas y correctoras para minorarlos o eliminarlos.

Capitulo I en los artículos 1, 2, 3,4

La presente ley establece dentro de la política del desarrollo integral de la nación, los principio rectores para la conservación, defensa y mejoramiento del ambiente en beneficio de la calidad de vida, el control, reducción o eliminación de factores, procesos o componentes del ambiente que puedan ocasionar perjuicios a la vida del hombre y de los demás seres.

### **Ley de Aguas (Noviembre 2004)**

Es elemental considerar esta normativa al hablar de puentes, que se construyen para salvar un obstáculo físico como un río.

Capitulo II en los artículos 12, Y 13 y Capitulo III en el artículo 7

La presente ley prevé la prevención y control de los posibles efectos negativos de las aguas sobre la población y sus bienes. Análisis de riesgos, manejo de aguas y conservación de cuencas.

## **Normas a ser usadas para el Diseño y Análisis de Puentes.**

Para diseñar un puente carretero de concreto ó acero se utiliza la Norma de la **AASHTO LRFD 2005**, denominada “Método de Diseño por Factores de Carga y Resistencia”, la cual toma en cuenta la resistencia media estadística, las cargas medias estadísticas, la dispersión de ambos por medio de la desviación estándar y el coeficiente de variación, también considera los Estados Límites de: resistencia, fatiga, fractura, serviciabilidad, constructibilidad y la existencia de eventos extremos. Por medio de un proceso de calibración de los factores de mayoración de carga y de los de reducción de capacidad garantiza un índice de confiabilidad y a partir de diseños de prueba simulados, dispone de un juego de factores tales que el proceso de diseño luzca como el procedimiento. La intención de los requisitos de la Norma **AASHTO LRFD 2005** es que sean aplicados al diseño, evaluación y rehabilitación de puentes carreteros tanto fijos como móviles. No es la intención de estas Especificaciones reemplazar la capacitación y el criterio profesional del Diseñador; sólo establecen requisitos mínimos necesarios para velar por la seguridad pública. De acuerdo a la versión **LRFD** de las Especificaciones **AASHTO**, los puentes deben ser proyectados para cumplir satisfactoriamente las condiciones impuestas para los Estados Límites previstos en el proyecto, considerando todas las combinaciones de carga que puedan ser ocasionadas durante la construcción y el uso del puente. Asimismo, deben ser proyectados teniendo en cuenta su integración con el medio ambiente y cumplir las exigencias de durabilidad y servicio requeridas de acuerdo a sus funciones, importancia y las condiciones ambientales.

El propósito primario de un puente carretero es llevar con seguridad (geométrica y estructuralmente) los volúmenes necesarios de trabajo y las

cargas. Por lo general, los volúmenes de tráfico presente y futuros determinan el número y ancho de los carriles de tráfico, establecen la necesidad y el ancho de bermas y el peso mínimo del camión de diseño. Estos requerimientos son establecidos usualmente por la sección de planeación y diseño de carretera de la entidad propietaria del puente. Si los anchos de los carriles, las bermas y otras dimensiones pertinentes no son establecidos por la entidad propietaria, las normas de la **AASHTO** deben usarse como guía. Las consideraciones de tráfico en puentes no están necesariamente limitadas a vehículos terrestres. En muchos casos deben ser considerados barcos y equipos de construcción. Requerimientos para el paso seguro de tráfico extraordinario sobre y bajo la estructura pueden imponer restricciones adicionales al diseño que podrían ser muy severas. Norma ASSHTO será afectada Factores de Adecuación para ser aplicados en el ámbito del país, por Norma Venezolana.

### **Sistema de Variables**

Según Arias (2006), Variable es una característica o cualidad; magnitud o cantidad, que puede sufrir cambios, y que es objeto de análisis, medición, manipulación o control en una investigación. Según su función en una relación causal, las variables se clasifican en: variable independiente, son las causas que generan y explican los cambios en la variable dependiente; y variable dependiente, son aquellas que se modifican por la acción de la variable independiente.

Para esta investigación se tienen las siguientes variables:

**Variable Independiente**

Diseño de un Puente carretero como Vía Alternativa.

**Variables Dependientes**

Troncal (T-007), Progresiva 341+700 del Sector los Llanitos de Tabay y la Progresiva 0+000 del Sector la Vega de San Antonio del Municipio Santos Marquina del Estado Mérida.

## Definición de Términos básicos

**Acera:** Elemento de la Superestructura del puente, destinada a la circulación de peatones (Puentes urbanos) (Grattasat1981).

**Aparato de Apoyo:** dispositivo estructural que trasmite las acciones aplicadas y permite la traslación y/o rotación. (Lobo 1987).

**Calzada:** Elemento de la superestructura cuya finalidad, es servir de protección al tablero o Losa del puente.

**Carga:** Es el sistema de fuerzas que, actúan sobre el puente.

**Cimentación:** Es la parte de la infraestructura, cuya función es recibir las cargas de la superestructura y transmitir las al suelo, de manera segura.

**Concreto reforzado:** concreto de alta resistencia al cual por medio de efectos mecánicos se le aplican esfuerzos controlados.

**Empuje de tierra:** Efecto lateral impuesto por el suelo sobre una estructura de retención (Lobo 1987)

**Estribos:** Se denomina estribos a los apoyos de los extremos de un puente, las cuales además de soportar las cargas de las vigas, sirven de transición entre la estructura propiamente dicha y los rellenos de acceso, además están sometidos al empuje de tierra causado por el relleno.( Arnal 2000).

**Infraestructura:** La infraestructura de un puente está formada por los apoyos extremos o estribos con sus correspondientes muros de ala y los apoyos intermedios o pilas, teniendo como objeto soportar la superestructura, transmitiéndolas a las fundaciones de las vigas del puente. (Arnal 2000).

**Pilas:** se denomina pilas a los apoyos intermedios de un puente, sobre los cuales no actúa el empuje de los rellenos de acceso y, generalmente reciben fuerzas horizontales longitudinales de menor magnitud que los estribos. (Grattasat1981).

**Pontones:** Es un puente con luz menor a los 10m. (Andueza, 1999)

**Puente:** Obra de arte especial requerida para atravesar a desnivel un accidente geográfico o un obstáculo artificial por el cual no es posible el tránsito en la dirección de su eje. (Manual de Diseño de Puentes 2003).

**Superestructura:** sistema estructural superior constituido por elementos que soportan el sistema de tráfico. (Lobo 1987).

**Tablero:** En un puente comprende el piso y la parte de estructura sensiblemente horizontal (vigas, vigas-cajón, arcos muy rebajados), dispuestos debajo de la calzada soportada (Grattasat1981).

**Troncal:** Son carreteras que contribuyen a la integración nacional y al desarrollo económico del país; proveen la interconexión regional y la comunicación internacional. Absorbe altos volúmenes de tránsito entre los centros poblados de mayor importancia del país. (Andueza, 1999).



**Vías alternas:** Se refiere aquella vía que garantiza al usuario a transitar libremente sin tener que pagar a cambio contraprestación alguna; así como también, permite ofrecer comunicación entre dos localidades con un origen y un destino igual a la que ofrece esta vía concesionada sin tener que transitar por esta para lograr su recorrido. (Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela, Junio 2007).

**Viaducto:** Es una obra que cruza a gran altura una brecha, o que se compone de gran número de vanos sucesivos. (Grattasat1981)

**CAPITULO III**  
**MARCO METODOLÓGICO**  
**Modalidad de la Investigación**

En la presente investigación se hace una propuesta para el Diseño de un Puente Carretero como Vía Alternativa para la Troncal 007, Progresiva 341+700 y La Progresiva 0+000 del Sector La Vega de San Antonio del Sector Los Llanitos de Tabay del Municipio Santos Marquina del Estado Mérida. Este proyecto se enmarca en la modalidad de investigación proyecto factible, definido por la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (1998), “como la investigación elaboración y desarrollo de una propuesta, de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales; puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos” (p. 7).

Partiendo de ello y atendiendo a esos requerimientos, la actual investigación trata de una propuesta de diseño de un puente carretero como vía alternativa para la Troncal 7 (T-007), progresiva 341+700 y la progresiva 0+000 del Sector la Vega de San Antonio del Sector los Llanitos de Tabay del Municipio Santos Marquina del Estado Mérida, que se puede convertir en una alternativa válida, para mejorar la calidad de vida de la población que se beneficiaría del mismo como vía alternativa, adicionando así, la consolidación de la infraestructura vial, permitiendo la fluidez del flujo vehicular, además de que contribuirá con las mejoras de, así como también las condiciones ambientales con la inclusión dentro de los parámetros del saneamiento del sitio, la construcción de todos los servicios públicos con la integración del mismo a la colectividad.

Así mismo se apoya en la técnica de investigación de campo, así como lo enuncia Sabino (2002),

Las técnicas de campo a la que se refieren los métodos a emplear cuando los datos de interés se recogen en forma directa de la realidad, mediante el trabajo concreto del investigador y sus equipos; estos datos obtenidos directamente de la experiencia empírica, son llamados primarios, denominación que alude al hecho de que son datos de primera mano, originales, producto de investigación en curso sin intermediación de ninguna naturaleza. (p.21)

En esta investigación se realizó el diagnóstico de las condiciones en que se encuentre el área de trabajo y se analizaron las características topográficas, geológicas, e hidráulicas, de la zona en estudio, lo que permitió la recolección de datos en el sitio, para así poder determinar las características geométricas y estructurales de diseño del puente que fue propuesto, por lo tanto la investigación se apoya en la técnica de campo porque engloba diagnóstico y análisis.

De igual forma, la investigación se apoya en la técnica de investigación documental, que según Arias (2006), es un proceso fundado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, los cuales son obtenidos y explorados por otros investigadores en fuentes documentales, ya sean impresas, audiovisuales o electrónicas, teniendo en consideración como en toda investigación que el propósito de este diseño es el aporte de nuevos conocimientos a la investigación (p.27), de esta manera es que la investigación se apoyará en la técnica de investigación documental, puesto que se realizó la recopilación de datos bibliográficos, libros y normas, para sustentar el marco de la misma.

## **Tipo de Investigación**

El tipo de investigación en el que se encuentra enmarcado este trabajo es el estudio descriptivo, que según Sampieri (2004), busca puntualizar las propiedades, características y rasgos importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que se encuentre sometido a un análisis. Es allí donde se ubica la investigación actual porque en ella se realizó una descripción de todos y cada una de las características que fueron relevantes para tomar las decisiones más adecuadas para el diseño del puente.

## **Procedimiento**

En este sentido, para facilitar la ejecución de la investigación se siguieron las siguientes fases, las cuales son imprescindibles para el logro de los objetivos propuestos, y de esta manera aportar juicios certeros acerca del tema con la finalidad de darle confiabilidad y originalidad al mismo, es por ello que las fases serán detalladas a continuación.

### **Fase I: Revisión de la Literatura.**

En esta fase de la investigación se realizó un arqueo bibliográfico, con la finalidad de fundamentar y avalar la investigación actual, realizando revisiones de teorías y de bibliografías de las cuales se hizo una recolección de información a través de un proceso documental que consistió en el análisis de las teorías, para un mayor dominio de la investigación.

## **Fase II: Diagnóstico de la situación actual de la zona en estudio.**

En esta fase se observó todo lo relacionado con la situación en que se encontró la zona en estudio, para llevar a cabo este diagnóstico se procedió de la siguiente manera: se dirigió al lugar donde en el cual se propuso el puente (ponteadero) y se realizó un registro fotográfico, el cual se reflejó en una planilla de informe fotográfico en el Anexo 1. En el cual se observó el estado en el que se encontró el puente colgante que allí existe, detallando las partes más afectadas del mismo. Aunado a ello se realizó una detección de las zonas potenciales de fallas y así se justificó la propuesta del puente, verificando de esta manera el estado en que se encuentra la vía principal Troncal 007 (T-007), y todas las características generales de la zona de influencia. Así mismo, se empleó una lista de cotejo de tallada en el Anexo 2, en la que reflejaron los principales aspectos observados el sitio donde se encuentra el puente colgante.

Se aplicó una encuesta inicial a los usuarios del puente colgante para determinar la importancia y uso, la cual ayudó a la justificación de la propuesta del puente. Esta se observa en el Anexo 3. Luego se procedió con un conteo general de los peatones que hacen uso del puente colgante para fundamentar el trabajo de investigación, tomando para ello en cuenta las personas que se trasladan del Sector La Vega se San Antonio hacia los Llanitos de Tabay, y quienes se dirigen de Los Llanitos de Tabay a La Vega de San Antonio, empleando para ello una planilla detallada en el Anexo 4. De igual manera se realizó un conteo general de vehículos particulares, de tipo carga, y de transporte público en la Troncal 007, (T-007), detallada en el Anexo 5.

### **Fase III: Características topográficas, geológicas e hidráulicas de la zona en estudio.**

En esta fase se realizó el levantamiento topográfico, el cual fue una herramienta vital en el diseño del puente, porque permitió realizar el trabajo de campo del cual se elaboraron los planos topográficos, así como también proporcionó buena información que sirvió de base para los estudios de hidráulica y geología, igualmente mostro los efectos en el medio ambiente, aunado a ello se posibilito la precisa definición de la ubicación de la obra y la geometría de las partes del puente, arrojando así la representación gráfica los posibles puntos de referencia para el replanteo durante la construcción.

Así mismo se hace necesario explicar en esta fase que el puente esta ubicado sobre curso de agua, y se realizo un levantamiento detallado del fondo del mismo, y fue necesario de igual manera indicar en los planos la dirección del curso de agua, y los límites aproximados de la zona inundable en las condiciones de aguas máximas y mínimas, se realizo adicionalmente un levantamiento catastral de las zonas aledañas al puente porque existen edificaciones u otras obras que posiblemente interferirán con el puente o sus accesos y que de ser necesario en ultima instancia requieran ser expropiadas.

Por consiguiente, para seguir con el desarrollo de esta fase se analizaron las características del suelo del área en estudio, una vez realizado el diagnóstico de la situación en que se encuentra la zona, porque de ello dependió el tipo de puente y la envergadura del mismo, para que esto fuese efectivo se realizó una revisión de la información que exista sobre la geología a nivel regional y de la localidad, de igual manera se efectuó una descripción geomorfológica y la zonificación geológica de la zona en estudio, así como también fueron definidas las propiedades físicas y mecánicas de suelos y/o rocas, definiendo del mismo modo zonas de deslizamientos sucedidas en el pasado y de potencial

ocurrencia en el futuro, identificando así fallas geológicas que afecten el diseño del puente. Sin dejar de lado la descripción de los materiales de construcción que puedan ser obtenibles en los alrededores del sitio propuesto.

Así mismo, en esta misma fase se recolectó toda la información necesaria para indicar los niveles de aguas normales y aguas máximas posibles en el sitio del puente, se determinarán los registros de las precipitaciones fluviales de las que se dispongan para el momento, de igual manera se precisaron las características de la hoya hidrográfica aguas arriba del sitio del puente, para de esta manera contar con una real apreciación del comportamiento hidráulico del río que permitió definir los requisitos mínimos del puente y su ubicación óptima en función de los niveles de seguridad o riesgos permitidos o aceptables para las características particulares de la estructura.

#### **Fase IV: Características y diseño geométrico de la vía alterna propuesta**

Para el progreso que se desea en esta investigación, es en esta fase en la que se determinaron las características y diseño geométrico de la vía propuesta, esto dependió del correcto desarrollo de las fases anteriormente mencionadas porque son el pilar fundamental para establecer la geometría y diseño de la vía indicada. Es por esta razón que con toda la información que se recopiló a lo largo de la investigación y luego del diagnóstico, de los análisis de las correspondientes características, se diseñaron los alineamientos horizontales de la vía propuesta, que está formada por líneas rectas y acopladas con arcos de círculos, es decir se realizó un diseño de curvas circulares simples para enlazar la vía principal(T-007) con el puente carretero propuesto como vía alterna para la Troncal 007, Progresiva 341+700 del Sector los Llanitos

de Tabay del Municipio Santos Marquina del Estado Mérida y la Progresiva 0+000 del Sector la Vega de San Antonio del Municipio Libertador del Estado Mérida.

#### **Fase V: Factibilidad del proyecto.**

Para llevar a cabo esta fase fue indispensable determinar si realmente la propuesta que se realizó es factible, por consiguiente se determinó mediante el análisis desde el punto de vista técnico, social y económico, porque estos son aspectos muy importantes que se deben tomar en cuenta al momento de realizar una proyección.

#### **Fase VI: Diseño del puente como vía alterna**

En esta fase se dio a conocer el diseño del puente carretero como vía alterna para la Troncal 007, Progresiva 341+700 y la Progresiva 0+000 del Sector la Vega de San Antonio del Sector los Llanitos de Tabay del Municipio Santos Marquina del Estado Mérida, porque una vez realizadas las fases anteriores, se pudo determinar que tipo de puente es el que se adaptó a las características y se realizó el diseño del puente, con el fin de brindar a la población en general del estado Mérida, a ambos sectores del municipio Santos Marquina del estado Mérida y a los peatones que transitan entre estos sectores una vía alterna segura y confiable que les permita mejorar las condiciones ambientales, la integración de la colectividad, así como también garantizando los servicios básicos de infraestructura entre ambos sectores.



**Cuadro 1.- Operacionalización de Variables**

<b>Objetivo General</b>	<b>Variables</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Indicadores de Medición</b>
Proponer el diseño de un puente carretero como vía alterna para la Troncal 7 (T-007), progresiva 341+700 y la progresiva 0+000 del Sector la Vega de San Antonio del Sector los Llanitos de Tabay del Municipio Santos Marquina .	<p><b>Variable Independiente</b></p> <p>Diseño de un Puente Carretero como Vía Alterna</p>	<p>Dimensiones Largo Ancho Estribo Tablero Vigas Separadores Hacer Topografía Suelo Caudal máximo.</p>	<p>m, m, m, m<sup>2</sup>, m<sup>3</sup> m, m<sup>2</sup>, m<sup>3</sup> m, m<sup>2</sup>, m<sup>3</sup> m, m<sup>2</sup>, m<sup>3</sup> Kg N<sup>a</sup> Planos. % M<sup>3</sup>/Seg.</p>
	<p><b>Variable Dependiente</b></p> <p>Troncal 7 (T-007), progresiva 341+700 y la progresiva 0+000 del Sector la Vega de San Antonio del Sector los Llanitos de Tabay del Municipio Santos Marquina.</p>	<p>Diseño del puente Cálculos estructurales. Planos Especificaciones Técnicas Presupuesto</p>	<p>m, m<sup>2</sup>, m<sup>3</sup>     Bs.F</p>

**Fuente: Propia (2011)**

## Población y Muestra

### Población

La población según Arias (2006). Esta referida a un conjunto finito o infinito de elementos que presentan características comunes para las cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación, y esta quedará delimitada por el problema de investigación y a su vez por los objetivos del mismo estudio.

La población en estudio fue de los puentes existentes en la Carretera Trasandina Troncal (T-007) progresiva 341+700 y la progresiva 0+000 del Sector la Vega de San Antonio del Sector los Llanitos de Tabay del Municipio Santos Marquina del Estado Mérida.

Así mismo se aplicó una encuesta a los peatones que circulan por el puente colgante en estudio, teniendo como población 846 personas que hacen uso del puente colgante, para ello se realizó un conteo peatonal los días martes y jueves comprendido en los siguientes horarios, 7:00am a 11:00 am y de 12:00 a 6:00 pm, porque de acuerdo con estudios estadísticos se establece que estos son los días para realizar estos trabajos de recolección de datos.

### **Muestra**

En cuanto a la muestra se refiere Sampieri (2004), explica que la muestra es esencia un subgrupo de la población. Es por ello que la muestra para la siguiente investigación está constituida por el puente colgante que comunica a los sectores los Llanitos de Tabay del municipio Santos Marquina del Estado Mérida y La Vega de San Antonio del Municipio Libertador del estado Mérida, porque es el único puente colgante que existe.

En relación al conteo peatonal se definió en base a la población obtenida del conteo peatonal realizado los días martes y jueves, de 7:00am a 11:00 am y de 12:00 a 6:00 pm, que la muestra de la población a la que se le aplicó la encuesta fue de 206 personas.

### **Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos**

Se refiere a la selección de las técnicas e instrumentos preestablecidos con el fin de recabar datos pertinentes al objeto de estudio.

Para este estudio de técnicas se define según Hurtado (2001) como medio que sirve al investigador solicitar información para observar datos sobre un problema determinado a través de preguntas directas o indirectas, observaciones sistemáticas y continuas, experimentar

situaciones que permiten seleccionar los instrumentos apropiados a cada caso y garantizar la búsqueda de datos fiables y oportunos.

**Cuadro 2.- Técnicas e Instrumentos**

<b>Técnicas</b>	<b>Instrumentos de Recolección de Datos</b>
Registro fotográfico	Planilla de fotografías
Observación directa	Guía de observación
Encuesta	Cuestionario
Ensayos de laboratorio	Planillas de laboratorio
Revisión documental	fichas

Las técnicas seleccionadas para continuar con el desarrollo de la investigación son la observación directa, el registro fotográfico, la encuesta, la entrevista, el análisis de los ensayos de laboratorio que fueron consultados, cada una tiene identificado los instrumentos, a su vez estos accedieron a determinar las observaciones de cada proceso de la investigación. El registro fotográfico en el que se hizo visible la problemática y poder describir uno a uno cuales son las dificultades presentes en el puente colgante y en la carretera Trasandina Troncal 007 (T-007), para llevar a cabo este registro se reflejo en una planilla de fotografías. (Ver Anexo 1).

Así mismo se usaron las observaciones directas, se registro en los instrumentos con la finalidad de hacer el análisis sistemático, critico y reflexivo en cada una de las actividades a observar, para lograr determinar la efectividad de los mismos, para el desarrollo de la investigación se observaron directamente los datos de la realidad empírica sin intermediarios, verificando que existe un problema. (Ver Anexo 2).

También se usó la encuesta que según Arias (2006), es una técnica que procura obtener información que se suministra a un grupo o muestra de sujetos acerca de sí mismos, o en relación con un tema en particular, para esta encuesta se realizó un cuestionario que fue aplicado a la población de ambos sectores para conocer la importancia y uso del puente colgante. (Ver Anexo 3).

Para continuar con la investigación y para resaltar y dar soporte a la importancia que presenta el puente colgante para ambos municipios se realizó un conteo peatonal, así como también un conteo vehicular que será observado en el Anexo 4 del mismo modo se mostró el resultado del levantamiento topográfico en el Anexo 5, y adicionalmente se tienen presente los ensayos de laboratorio que fueron consultados, porque pertenecen a una zona cercana a la presente zona de estudio, que fueron la indagación de los hechos a través de la operación de variables que intervienen en el proceso, esto se reflejó en planillas de laboratorio. (Ver Anexo 6). Y en relación a la revisión documental, esta se encuentra referida a la revisión de documentos gráficos formales o informales que complementan la investigación por varios autores.

### **Técnicas de Análisis**

El análisis de datos se utiliza para observar información fiable, constituye un proceso que involucra la interpretación de la información obtenida. Hurtado (2001) refiere a la clasificación, transcripción, el procesamiento y la interpretación de la información, con el fin de llegar a conclusiones específicas en relación al objeto de estudio y dar respuestas a las preguntas de investigación. El análisis se realizó a través de descripciones, imágenes y símbolos que expresan un conjunto de

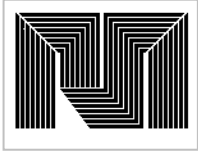
representaciones bajo los criterios preestablecidos por el investigador durante los diferentes ensayos a fin de hacer el análisis interpretativo.

**Cuadro 3.- Técnicas de Análisis.**

<b>Análisis</b>	<b>A través de</b>
Cualitativo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interpretación de los registros fotográficos.</li> <li>• Descripción de la situación actual mediante el uso de la lista de cotejo.</li> <li>• Análisis de la encuesta.</li> </ul>
Cuantitativo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medición de los ensayos de laboratorio.</li> <li>• Levantamiento topográfico.</li> </ul>

Según el análisis se puede decir que es cualitativa porque se amerita de la observación directa para el diagnóstico de la situación tanto del puente colgante como de la Carretera Trasandina Troncal (T-007), así mismo se realizó la interpretación y análisis de los registros fotográficos, que sirvieron de ilustración para reconocer que efectivamente existe una problemática, mientras que los ensayos en el laboratorio permitieron tener un conocimiento exacto de las características de la zona, y así poder dar una solución precisa y bien fundamentada al momento de realizar el diseño geométrico del puente propuesto.

Por otro lado se puede decir que es también cuantitativa por que mide a través de valores numéricos cantidades, en este caso los ensayos que se consultaron para los datos de geología, geotécnicos e hidráulicos, así como del levantamiento topográfico.



**INSTITUTO UNIVERSITARIO POLTECNICO  
"SANTIAGO MARIÑO"  
MÉRIDA**

Instrumento para la validación del Registro Fotográfico que se empleará para realizar un diagnóstico de la zona en estudio, específicamente donde se encuentra el puente colgante entre el sector Los Llanitos de Tabay y la Vega de San Antonio del Municipio Santos Marquina del Estado Mérida.

CRITERIOS	EVALUACIÓN			
	EXCELENTE	BUENO	RÉGULAR	DEFICIENTE
Presentación del instrumento				
Claridad de la redacción del contenido				
Pertinencia de las variables con los indicadores				
Relevancia del contenido				
Factibilidad de aplicación				

Apreciación Cualitativa del Evaluador:

---

---

---

Observaciones:

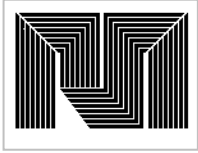
---

Validado por: \_\_\_\_\_ C.I. \_\_\_\_\_

Profesión: \_\_\_\_\_

Lugar de Trabajo: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_



**INSTITUTO UNIVERSITARIO POLTECNICO  
"SANTIAGO MARIÑO"  
MÉRIDA**

Instrumento para la validación de la Lista de Cotejo que se empleará para realizar un diagnóstico de la zona en estudio, específicamente donde se encuentra el puente colgante entre el sector Los Llanitos de Tabay y la Vega de San Antonio del Municipio Santos Marquina del Estado Mérida

CRITERIOS	EVALUACIÓN			
	EXCELENTE	BUENO	RÉGULAR	DEFICIENTE
Presentación del instrumento				
Claridad de la redacción del contenido				
Pertinencia de las variables con los indicadores				
Relevancia del contenido				
Factibilidad de aplicación				

Apreciación Cualitativa del Evaluador:

---

---

---

Observaciones:

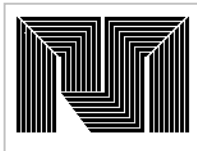
---

Validado por: \_\_\_\_\_ C.I. \_\_\_\_\_

Profesión: \_\_\_\_\_

Lugar de Trabajo: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_



**INSTITUTO UNIVERSITARIO POLTECNICO**  
**“SANTIAGO MARIÑO”**  
**MÉRIDA**

Instrumento para la validación de la Encuesta a ser aplicada a: La población de los sectores Los Llanitos de Tabay y la Vega de San Antonio del Municipio Santos Marquina del Estado Mérida, para conocer la importancia y uso del Puente Colgante.

CRITERIOS	EVALUACIÓN			
	EXCELENTE	BUENO	RÉGULAR	DEFICIENTE
Presentación del instrumento				
Claridad de la redacción del contenido				
Pertinencia de las variables con los indicadores				
Relevancia del contenido				
Factibilidad de aplicación				

Apreciación Cualitativa del Evaluador:

---

---

Observaciones:

---

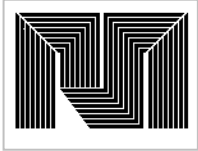
Validado por: \_\_\_\_\_ C.I. \_\_\_\_\_

Profesión: \_\_\_\_\_

Lugar de Trabajo: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_





**INSTITUTO UNIVERSITARIO POLTECNICO  
"SANTIAGO MARIÑO"  
MÉRIDA**

Instrumento para la validación del Conteo Vehicular, en el que se registrara el numero de vehículos que transiten por la carretera Trasandina Troncal 007, específicamente el Sector los Llanitos de Tabay del Municipio Santos Marquina del Estado Mérida en horario comprendido de 6:00am a 9:00am, de 11:00am a 2:00pm y de las 4:00pm a las 7:00pm

CRITERIOS	EVALUACIÓN			
	EXCELENTE	BUENO	REGULAR	DEFICIENTE
Presentación del instrumento				
Claridad de la redacción del contenido				
Pertinencia de las variables con los indicadores				
Relevancia del contenido				
Factibilidad de aplicación				

Apreciación Cualitativa del Evaluador:

---

---

---

Observaciones:

---

Validado por: \_\_\_\_\_ C.I. \_\_\_\_\_

Profesión: \_\_\_\_\_

Lugar de Trabajo: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS**

#### **Presentación y Análisis de Resultados**

En este capítulo se presentan los resultados alcanzados con la aplicación de las técnicas de recolección de datos, a través de los instrumentos mencionados en el capítulo anterior, por ser fundamentales en el desarrollo de la investigación y va de acuerdo a lo especificado en cada uno de los objetivos.

Se trata de Proponer el diseño de un puente carretero como vía alterna para la Troncal 7 (T-007), progresiva 341+700 Sector los Llanitos de Tabay y la progresiva 0+000 de la Vega de San Antonio del Municipio Santos Marquina.

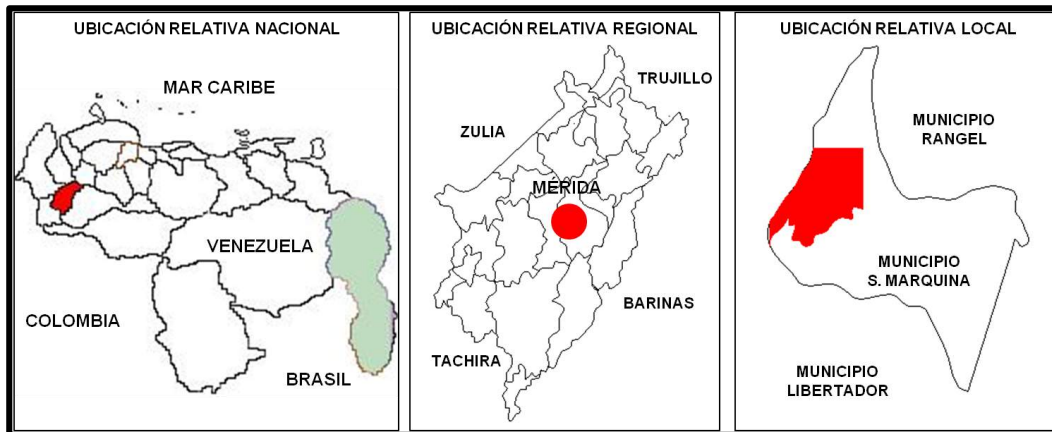
Para tal fin se procede a efectuar un diagnostico de la situación en que se encontraba la zona; para ello se hizo uso de un reporte fotográfico, el cual permitió evidenciar las condiciones de la zona en estudio y de las vías principales; Troncal 007 (T-007), y la vía del sector La Vega de San Antonio, siguiendo con la aplicación de una lista de cotejo contestada por el investigador que reflejo las características de la zona y de la estructura allí existente. Así mismo se aplicó una encuesta a los usuarios de la vía la cual ayudo a determinar la importancia y desarrollo de la propuesta.

De igual manera se evidenció las características de servicio y tráfico de la vía principal Troncal 007 (T-007), y la vía del sector La Vega de San Antonio, y del uso del puente colgante peatonal allí existente, para comparar la capacidad y estado general de las dos vías a las que se hace referencia,

esto por medio de un conteo vehicular al trafico que circula por las mismas, y un conteo peatonal a las personas que hacen uso del puente colgante.

### **Fase de Diagnóstico de la Situación Actual de la zona en Estudio**

En principio resulta de gran importancia dar a conocer la localización relativa de la zona en estudio, porque es una medida dinámica, en cuanto a que define la posición de un lugar en el espacio tomando como referencia otros lugares de naturaleza semejante sobre la superficie de la tierra. Ver figura 21.

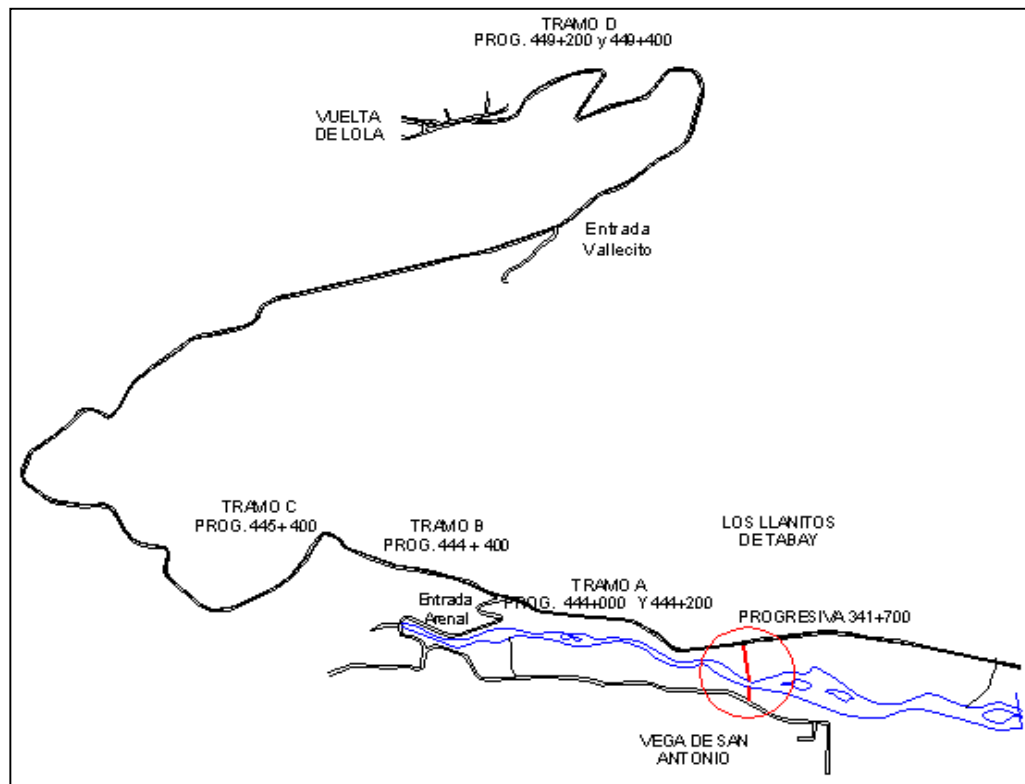


**Figura 21. Ubicación Relativa**  
**Fuente: Propia 2011**

### **Descripción Fotográfica:**

Para el desarrollo de la fase de diagnóstico, se comenzó con el análisis del registro fotográfico tomado a la vía trasandina Troncal 007 (T-007) y el lugar donde se encuentra el puente colgante, realizando para ello una descripción de cada una de las fotografías tomadas en las distintas visitas de campo, las cuales permitieron obtener registros certeros y confiables que evidenciaron la situación actual de la zona en estudio.

Para ello se realizó una ruta de la carretera trasandina (T-007), identificando cada tramo con las progresivas donde se encuentran las principales fallas que podrían ocasionar problemas con el tránsito vehicular. Ver figura 22.



**Figura 22.** Ruta Carretera Trasandina y Principales Fallas  
**Fuente:** Avendaño 2011.

En cuanto al registro fotográfico, se pudo evidenciar que efectivamente en la carretera trasandina T-007, existen una serie de fallas que ocasionan el cierre temporal de la vía, y que de igual manera provoca que el Municipio Libertador (Capital del Estado) y el Municipio Santos Marquina queden incomunicados, además de ello esta vía trasandina es de gran importancia porque comunica los estados Mérida, Trujillo y Barinas.

Del mismo modo es importante resaltar que con el registro fotográfico realizado en la zona, se verifica la existencia de un puente colgante con un alto nivel de deterioro; y aunque ha sido reparado por sus mismos usuarios para prolongar su vida útil, no es el mantenimiento adecuado para el mismo y no representa seguridad a los usuarios. A continuación se presentan las fotografías con su respectiva descripción y ubicación según los daños señalados en la ruta.

## Registro Fotográfico

**Proyecto:** Diseño De Un Puente Carretero Como Vía Alternativa Para La Troncal 007, Progresiva 341+700 y La Progresiva 0+000 Del Sector La Vega De San Antonio Del Sector Los Llanitos De Tabay Del Municipio Santos Marquina.

**Ubicación:** Troncal 007, Tramo A Progresiva 444+000 Del Sector Las Calaveras Del Municipio Santos Marquina.



**Foto 1:** Descripción Fotográfica de la Vía Trasandina Troncal 007 (T-007)

**Descripción:** Quebrada ubicada en la progresiva 444+000 del Municipio Santos Marquina del Estado Mérida, la cual en épocas de lluvias presenta un estado de emergencia por desbordamiento, provocando así el colapso del tránsito de la vía trasandina.

**Fuente:** Avendaño (2011).

**Proyecto:** Diseño De Un Puente Carretero Como Vía Alternativa Para La Troncal 007, Progresiva 341+700 y La Progresiva 0+000 Del Sector La Vega De San Antonio Del Sector Los Llanitos De Tabay Del Municipio Santos Marquina

**Ubicación:** Troncal 007, Tramo A Progresiva 444+200 Del Sector Las Calaveras Del Municipio Santos Marquina.



**Foto 2:** Descripción Fotográfica de la Vía Trasandina Troncal 007 (T-007)

**Descripción:** Quebrada ubicada en la progresiva 444+200 del Municipio Santos Marquina del Estado Mérida, presentando desbordamientos para épocas de lluvias, provocando así el cierre de la vía trasandina mientras se remueven sus sedimentos.

**Fuente:** Avendaño (2011).

**Proyecto:** Diseño De Un Puente Carretero Como Vía Alterna Para La Troncal 007, Progresiva 341+700 y La Progresiva 0+000 Del Sector La Vega De San Antonio Del Sector Los Llanitos De Tabay Del Municipio Santos Marquina.

**Ubicación:** Troncal 007, Tramo B Progresiva 444+400 Del Sector Del Sector Las Calaveras Del Municipio Santos Marquina.



**Foto 3:** Descripción Fotográfica de la Vía Trasandina Troncal 007 (T-007)

**Descripción:** Fuertes Deslizamientos ubicados en la progresiva 444+400 del Municipio Santos Marquina del Estado Mérida, la cual presenta constantes deslaves en época de lluvia, lo que ocasiona el colapso del tránsito en la vía trasandina, porque los sedimentos ocupan el ancho completo de la vía.

**Fuente:** Avendaño 2011.

**Proyecto:** Diseño De Un Puente Carretero Como Vía Alternativa Para La Troncal 007, Progresiva 341+700 y La Progresiva 0+000 Del Sector La Vega De San Antonio Del Sector Los Llanitos De Tabay Del Municipio Santos Marquina

**Ubicación:** Troncal 007, Tramo C Progresiva 445+400 del Municipio Libertador Del Estado Mérida.



**Foto 4:** Descripción Fotográfica de la Vía Trasandina Troncal 007 (T-007)

**Descripción:** Otros deslizamientos recientes en la vía trasandina, ubicado en la progresiva 445+400 los cuales traen consigo abundantes sedimentos y piedras que pasan a ser obstáculos en la vía impidiendo así un tránsito seguro.

**Fuente:** Avendaño 2011.



**Proyecto:** Diseño De Un Puente Carretero Como Vía Alternativa Para La Troncal 007, Progresiva 341+700 y La Progresiva 0+000 Del Sector La Vega De San Antonio Del Sector Los Llanitos De Tabay Del Municipio Santos Marquina

**Ubicación:** Troncal 007, Tramo D Progresiva 449+200 y 449+400 del Municipio Libertador Del Estado Mérida.



**Foto 5:** Descripción Fotográfica de la Vía Trasandina Troncal 007 (T-007)

**Descripción:** En la siguiente fotografía se pueden apreciar hundimientos en la Progresiva 449+200 y 449+400 de la troncal T-007, en lo ancho de toda la calzada, que de una a otra forma afectan la fluidez del tránsito vehicular. Los cuales fueron subsanados con una inadecuada carpeta asfáltica.

**Fuente:** Avendaño 2011.

**Proyecto:** Diseño De Un Puente Carretero Como Vía Alternativa Para La Troncal 007, Progresiva 341+700 y La Progresiva 0+000 Del Sector La Vega De San Antonio Del Sector Los Llanitos De Tabay Del Municipio Santos Marquina.

**Ubicación:** Troncal 007, Tramo D Progresiva 449+200 y 449+400 del Municipio Libertador Del Estado Mérida.



**Foto 6:** Descripción Fotográfica de la Vía Trasandina Troncal 007 (T-007)

**Descripción:** En la siguiente fotografía se pueden apreciar hundimientos en la Progresiva 449+200 y 449+400 de la troncal T-007, en lo ancho de toda la calzada, que de una a otra forma afectan la fluidez del tránsito vehicular. Deformaciones que a futuro pudiese continuar, ocasionando mayor deterioro.

**Fuente:** Avendaño 2011.

**Proyecto:** Diseño De Un Puente Carretero Como Vía Alternativa Para La Troncal 007, Progresiva 341+700 y La Progresiva 0+000 Del Sector La Vega De San Antonio Del Sector Los Llanitos De Tabay Del Municipio Santos Marquina.

**Ubicación:** Troncal 007, Tramo D Progresiva 449+200 y 449+400 del Municipio Libertador Del Estado Mérida.



**Foto 7:** Descripción Fotográfica de la Vía Trasandina Troncal 007 (T-007)

**Descripción:** En la siguiente fotografía se puede apreciar como existe constantemente agua sobre la vía lo que ha provocado los hundimientos en las Progresivas 449+200 y 449+400 de la troncal T-007, afectando así la fluidez del tránsito vehicular.

**Fuente:** Avendaño 2011.

**Proyecto:** Diseño De Un Puente Carretero Como Vía Alternativa Para La Troncal 007, Progresiva 341+700 y La Progresiva 0+000 Del Sector La Vega De San Antonio Del Sector Los Llanitos De Tabay Del Municipio Santos Marquina.

**Ubicación:** Troncal 007, Tramo D Progresiva 449+200 y 449+400 del Municipio Libertador Del Estado Mérida.



**Foto 8:** Descripción Fotográfica de la Vía Trasandina Troncal 007 (T-007)

**Descripción:** En la siguiente fotografía para el Tramo D que esta comprendido por las Progresivas 449+200 y 449+400 de la troncal T-007, en el círculo rojo se puede observar como del talud se desliza agua, que drena hasta la calzada, provocando así los hundimientos en la misma.

**Fuente:** Avendaño 2011.

**Proyecto:** Diseño De Un Puente Carretero Como Vía Alternativa Para La Troncal 007, Progresiva 341+700 y La Progresiva 0+000 Del Sector La Vega De San Antonio Del Sector Los Llanitos De Tabay Del Municipio Santos Marquina.

**Ubicación:** Troncal 007, Tramo D Progresiva 449+200 y 449+400 del Municipio Libertador Del Estado Mérida.



**Foto 9:** Descripción Fotográfica de la Vía Trasandina Troncal 007 (T-007)

**Descripción:** en el Tramo D entre las Progresivas 449+200 y 449+400 se puede evidenciar que el hundimiento que existe en la calzada cada vez es mayor, que es un problema real y que existe, por las constantes aguas que se deslizan por el talud, que afectan significativamente este tramo tan importante por ser la entrada y salida principal del estado Mérida.

**Fuente:** Avendaño 2011.

**Proyecto:** Diseño De Un Puente Carretero Como Vía Alternativa Para La Troncal 007, Progresiva 341+700 y La Progresiva 0+000 Del Sector La Vega De San Antonio Del Sector Los Llanitos De Tabay Del Municipio Santos Marquina.

**Ubicación:** Puente colgante peatonal que comunica el sector Los Llanitos de Tabay con el sector la Vega de San Antonio del Municipio Santos Marquina.



**Foto 10:** Descripción Fotográfica del puente colgante

**Descripción:** En la fotografía 10 se puede apreciar el puente colgante peatonal que comunica los sectores, Los Llanitos De Tabay y el Sector La Vega de San Antonio del Municipio Santos Marquina del Estado Mérida.

**Fuente:** Avendaño 2011.

**Proyecto:** Diseño De Un Puente Carretero Como Vía Alternativa Para La Troncal 007, Progresiva 341+700 y La Progresiva 0+000 Del Sector La Vega De San Antonio Del Sector Los Llanitos De Tabay Del Municipio Santos Marquina.

**Ubicación:** Puente colgante peatonal que comunica el sector Los Llanitos de Tabay con el sector la Vega de San Antonio del Municipio Santos Marquina.



**Foto 11:** Descripción Fotográfica del puente colgante

**Descripción:** En esta fotografía se puede observar como el deterioro del puente colgante existente para comunicar ambos sectores está presente y ha tratado de ser solucionado por los habitantes y peatones que hacen uso del mismo, uniendo los cables que se han dañado con alambre. Y se puede apreciar en los círculos rojos, que la mayoría de los cables que sirven de soporte no están cumpliendo su función.

**Fuente:** Avendaño 201

**Proyecto:** Diseño De Un Puente Carretero Como Vía Alternativa Para La Troncal 007, Progresiva 341+700 y La Progresiva 0+000 Del Sector La Vega De San Antonio Del Sector Los Llanitos De Tabay Del Municipio Santos Marquina

**Ubicación:** Puente colgante peatonal que comunica el sector Los Llanitos de Tabay con el sector la Vega de San Antonio del Municipio Santos Marquina.



**Foto 12:** Descripción Fotográfica del puente colgante

**Descripción:** En la siguiente fotografía se observó que el deterioro del puente no afecta solo los soportes, sino que los cables o tensores que se encuentran en la parte inferior del puente también presentan corrosión, y ya que no se le aplica un mantenimiento pues es inseguro para la población que hace uso del mismo.

**Fuente:** Avendaño 2011.



**Proyecto:** Diseño De Un Puente Carretero Como Vía Alternativa Para La Troncal 007, Progresiva 341+700 y La Progresiva 0+000 Del Sector La Vega De San Antonio Del Sector Los Llanitos De Tabay Del Municipio Santos Marquina.

**Ubicación:** Puente colgante peatonal que comunica el sector Los Llanitos de Tabay con el sector la Vega de San Antonio del Municipio Santos Marquina.



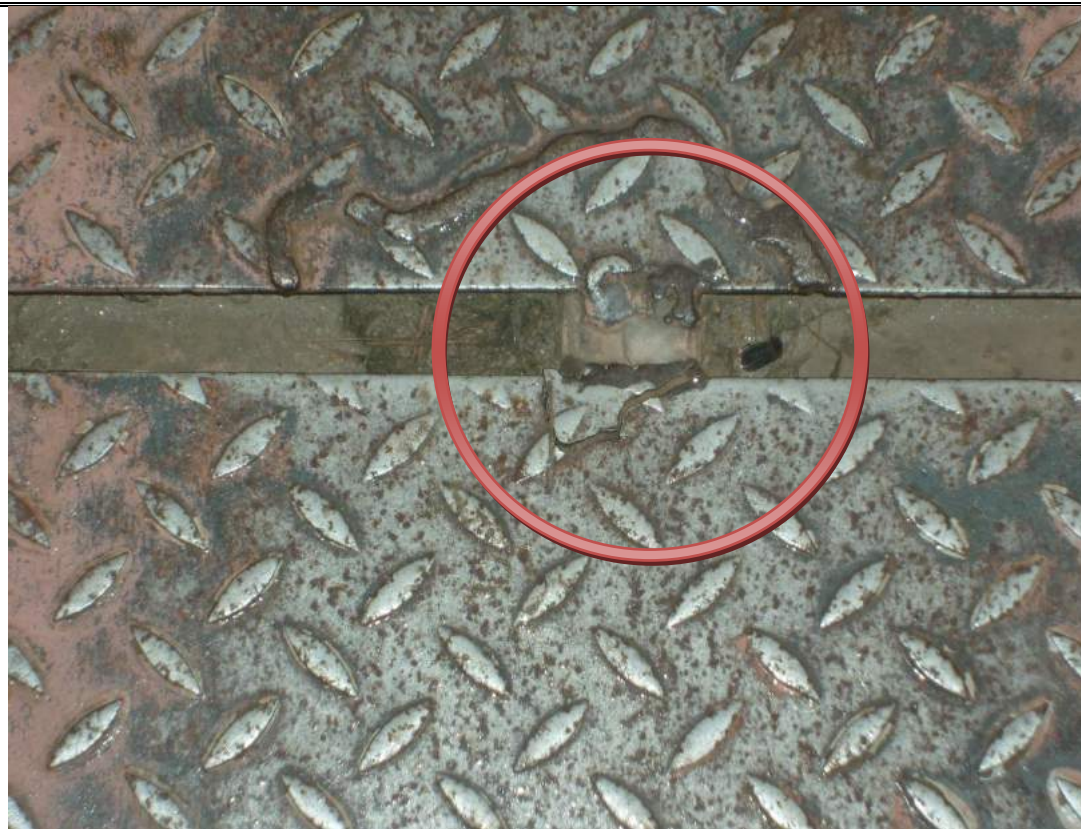
**Foto 13:** Descripción Fotográfica del puente colgante

**Descripción:** En la siguiente fotografía se puede observar nuevamente como la población ha improvisado en cuanto al mantenimiento del puente colgante, colocando cabillas para amarrar los soportes verticales del puente colgante, y como la vegetación también hace parte del puente.

**Fuente:** Avendaño 2011.

**Proyecto:** Diseño De Un Puente Carretero Como Vía Alternativa Para La Troncal 007, Progresiva 341+700 y La Progresiva 0+000 Del Sector La Vega De San Antonio Del Sector Los Llanitos De Tabay Del Municipio Santos Marquina.

**Ubicación:** Puente colgante peatonal que comunica el sector Los Llanitos de Tabay con el sector la Vega de San Antonio del Municipio Santos Marquina.



**Foto 14:** Descripción Fotográfica del puente colgante

**Descripción:** En el círculo rojo se puede observar como el tablero del puente colgante que está constituido por laminas de acero, se encuentra fracturada en los puntos de soldadura, causando así inseguridad para la población que hace uso del puente.

**Fuente:** Avendaño 2011.

**Proyecto:** Diseño De Un Puente Carretero Como Vía Alternativa Para La Troncal 007, Progresiva 341+700 y La Progresiva 0+000 Del Sector La Vega De San Antonio Del Sector Los Llanitos De Tabay Del Municipio Santos Marquina.

**Ubicación:** Puente colgante peatonal que comunica el sector Los Llanitos de Tabay con el sector la Vega de San Antonio del Municipio Santos Marquina.



**Foto 15:** Descripción Fotográfica del puente colgante

**Descripción:** En la siguiente Fotografía se puede observar como la misma población hace uso indebido del puente colgante, pasando por el mismo las motos, que presentan un peso significativo para él, provocando así un deterioro acelerado.

**Fuente:** Avendaño 2011.

### **Análisis de la Lista de Cotejo:**

Continuando con la fase II de la presente investigación, se procedió a la aplicación de la lista de cotejo, (Ver Anexo 2) en la que fueron planteadas unas preguntas, para unas respuestas rápidas y concretas sobre la situación actual de la zona en estudio, específicamente del puente colgante, con los aspectos señalados en dicha lista de cotejo se pudo identificar el nivel de deterioro del mismo, y la importancia que presenta para la población de ambos sectores.

Es por ello que en las diferentes visitas de campo se pudo evidenciar que efectivamente el puente colgante es considerado como una vía de acceso frecuente para la población de ambos sectores, siendo más utilizado por la población que se dirige del sector de la vega de San Antonio al sector Llanitos de Tabay. Por otra parte se pudo apreciar que el puente colgante ayuda a la población de ambos sectores y a la comunidad en general en cuanto al factor tiempo al usarla como una vía alterna para la realización de sus actividades diarias. Así mismo se estimo que no existe mantenimiento del puente colgante por parte de autoridades regionales ni locales, y es por ello que el puente colgante no cuenta con un mantenimiento adecuado para poder seguir siendo usado por la población, sin embargo es la misma población la que realiza el mantenimiento superficial del puente colocando amarres con alambres y candados, para prolongar la vida útil del mismo.

Es imprescindible hacer mención de que el nivel del río en ningún momento podría afectar o alcanzar la altura del puente colgante, por la topografía existente, aunado a ello es de importancia resaltar que no existe otra vía rápida para comunicar estos dos municipios, que les brinde fácil acceso a los usuarios de ambos sectores, porque la vía más cercana se encuentra en la entrada del arenal, para lo cual tendrían que hacer uso del transporte público. De igual manera la población que se beneficia de este

puente colgante esta realmente consiente del mal estado en que se encuentra el puente, pero siguen haciendo uso del mismo.

También es de relevancia destacar que el uso desmedido que la población le da al puente es causante del deterioro del mismo, porque pasan por el puente con motos, bicicletas, materiales y herramientas pesadas para la construcción de viviendas, lo que es causante del deterioro acelerado del mismo.

Finalmente se pudo evidenciar que realmente es conveniente la construcción de un puente carretero para comunicar estos sectores, y que definitivamente el diseño de un puente como vía alterna es la solución para que la población pueda contar con una comunicación segura entre ambos sectores.

### **Análisis de la Encuesta**

Para proseguir con la investigación y en continuación con la fase II, se aplico la encuesta a la muestra representativa de la población, que hace uso del puente colgante, en la cual se realizaron una serie de preguntas. (Ver Anexo 3) con el fin de tener conocimiento de la importancia que este tiene para la población, así como también el estado en que la población sabe que se encuentra el puente colgante, y las necesidades de la construcción de un puente que cubra las mismas, dando como resultado las respuestas que se verán reflejadas a continuación.

**Cuestionario de la encuesta:**

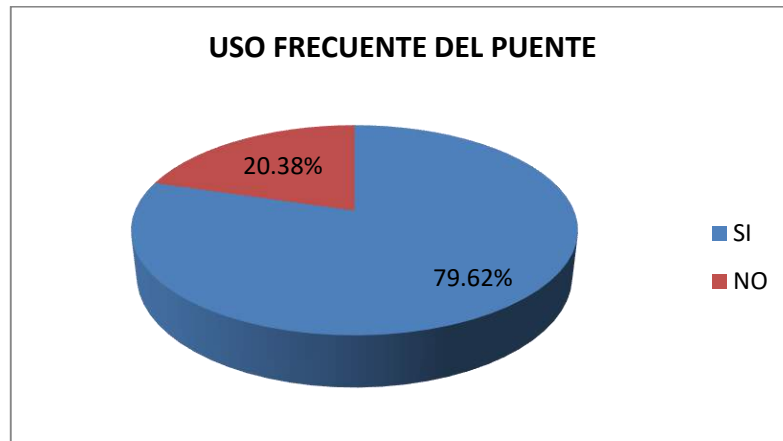
1. ¿Usa con frecuencia el Puente Colgante?

**Tabla: 5.** Uso Frecuente del Puente.

ITEMS 1	FRECUENCIA OBSERVACION	PORCENTAJE	FRECUENCIA ACUMULADA
SI	164	79,62%	164
NO	42	20,38%	206
<b>TOTAL</b>	206	100%	206

Fuente: Avendaño 2011.

**Grafico: 1.** Uso Frecuente del Puente



**Fuente:** Encuesta realizada a los peatones que usan el puente colgante que comunica los sectores Llanitos de Tabay y La Vega de San Antonio del Municipio Santos Marquina del Estado Mérida

**Fuente:** Avendaño 2011.

**Análisis:** En la encuesta realizada a los peatones que usan el puente colgante para comunicarse entre ambos sectores, se quiso saber cuantas personas usaban con frecuencia dicho puente, y se obtuvo que un 79.62% de las personas que usan el puente dijo que si lo usaban con frecuencia, por el contrario el 20.38% de las personas encuestadas contestaron que no usan con frecuencia el puente colgante.

2. ¿Considera usted al puente colgante como una vía de acceso importante?

**Tabla: 6.** Vía de Acceso Importante.

ITEMS 2	FRECUENCIA OBSERVACION	PORCENTAJE	FRECUENCIA ACUMULADA
SI	195	94,67%	195
NO	11	5,33%	11
<b>TOTAL</b>	206	100%	206

**Fuente:** Avendaño 2011.

**Grafico: 2.** Vía de Acceso Importante.



**Fuente:** Encuesta realizada a los peatones que usan el puente colgante que comunica los sectores Llanitos de Tabay y La Vega de San Antonio del Municipio Santos Marquina del Estado Mérida

**Fuente:** Avendaño 2011.

**Análisis:** En cuanto a la consideración del puente colgante como una vía de acceso importante, el 94.67% de la población contestó que si es de importancia este puente, mientras que el 5.33% de la población no considero importante esta vía, entendiendo de esta manera que la mayor parte de la población hace referencia a que realmente es de gran concurrencia este puente.

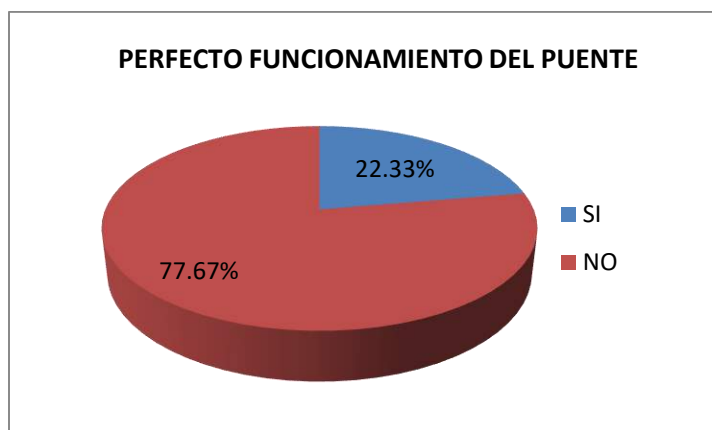
3. ¿Cree usted que el puente Colgante se encuentre en perfecto funcionamiento?

**Tabla: 7.** Perfecto Funcionamiento del Puente

ITEMS 3	FRECUENCIA OBSERVACION	PORCENTAJE	FRECUENCIA ACUMULADA
SI	46	22,33%	46
NO	160	77,67%	160
<b>TOTAL</b>	206	100%	206

Fuente: Avendaño 2011.

**Grafico: 3.** Perfecto Funcionamiento del Puente



**Fuente:** Encuesta realizada a los peatones que usan el puente colgante que comunica los sectores Llanitos de Tabay y La Vega de San Antonio del Municipio Santos Marquina del Estado Mérida

**Fuente:** Avendaño 2011.

**Análisis:** Cuando se hizo referencia en cuanto al perfecto funcionamiento en el que se encuentra el puente el 22.33% de la población coincidió en que el puente estaba funcionando correctamente por estar cumpliendo con el fin para el cual estaba allí, el de comunicar ambos sectores, pero por el contrario el 77.67% de las personas encuestadas consideró que el puente colgante no se encuentra en perfecto funcionamiento a pesar de cumplir con su objetivo.



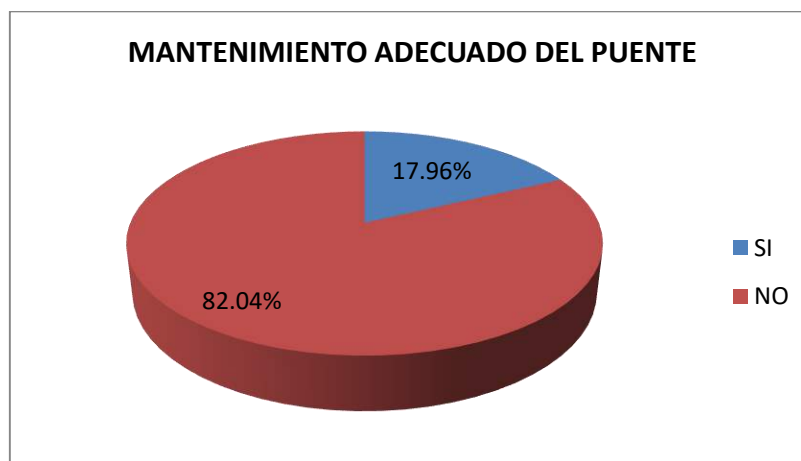
4. ¿Ha sido usted testigo de que se haya realizado un mantenimiento adecuado al puente colgante?

**Tabla: 8.** Mantenimiento Adecuado del Puente

ITEMS 4	FRECUENCIA OBSERVACION	PORCENTAJE	FRECUENCIA ACUMULADA
SI	37	17,96%	37
NO	169	82,04%	169
<b>TOTAL</b>	<b>206</b>	<b>100%</b>	<b>206</b>

Fuente: Avendaño 2011.

**Grafico: 4.** Mantenimiento Adecuado del Puente.



**Fuente:** Encuesta realizada a los peatones que usan el puente colgante que comunica los sectores Llanitos de Tabay y La Vega de San Antonio del Municipio Santos Marquina del Estado Mérida

**Fuente:** Avendaño 2011.

**Análisis:** En esta oportunidad se le pregunto a la población que hace uso del puente colgante si en algún momento fue testigo de que se haya realizado un mantenimiento adecuado al puente colgante, el 17.96% de la población contesto si haber presenciado el adecuado mantenimiento del puente, mientras que el 82.04% de las personas que usan este puente menciona no haber presenciado un correcto mantenimiento en el puente.

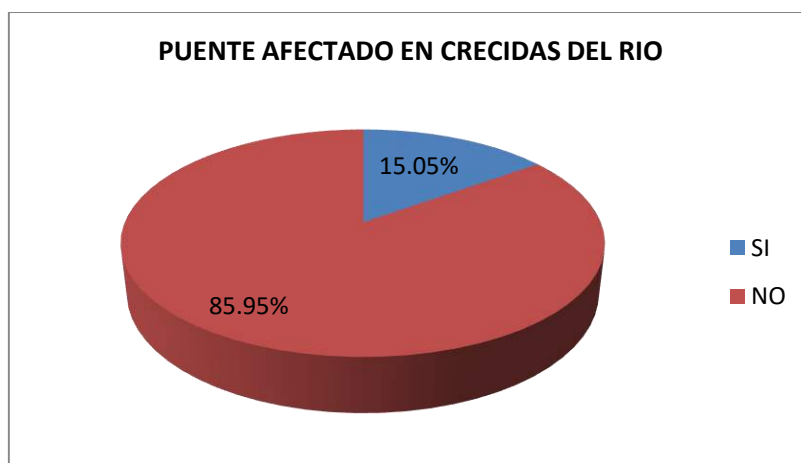
5. ¿El puente actual es afectado por las crecidas del río en épocas de lluvia?

**Tabla: 9.** Puente Afectado en Crecidas del Río.

ITEMS 5	FRECUENCIA OBSERVACION	PORCENTAJE	FRECUENCIA ACUMULADA
SI	31	15,05%	31
NO	175	84,95%	175
<b>TOTAL</b>	<b>206</b>	<b>100%</b>	<b>206</b>

**Fuente:** Avendaño 2011.

**Grafico: 5.** Puente Afectado en Crecidas del Río.



**Fuente:** Encuesta realizada a los peatones que usan el puente colgante que comunica los sectores Llanitos de Tabay y La Vega de San Antonio del Municipio Santos Marquina del Estado Mérida

**Fuente:** Avendaño 2011.

**Análisis:** Al preguntar a la población que usa el puente colgante como vía de acceso entre los dos sectores del Municipio Santos Marquina, si el puente actual es afectado por las crecidas del río en épocas de lluvia, el 15.05% consideró que en épocas de lluvias el puente si se ve afectado por las crecidas del río, por el contrario el 85.95% de la población contestó que no se ve afectado el puente en épocas de lluvia, porque el río en las crecidas toma un caudal considerable pero no le afecta al mismo.

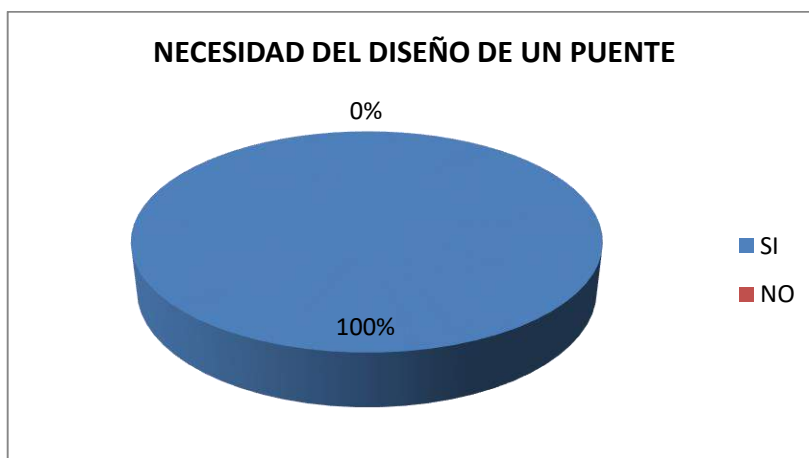
6. ¿Cree usted que es necesario el diseño de un puente que se corresponda con las necesidades que presenta la población?

**Tabla: 10.** Necesidad del Diseño de un Puente.

ITEMS 6	FRECUENCIA OBSERVACION	PORCENTAJE	FRECUENCIA ACUMULADA
SI	206	100,00%	206
NO	0	0,00%	0
<b>TOTAL</b>	206	100%	206

**Fuente:** Avendaño 2011.

**Gráfico: 6.** Necesidad del Diseño de un Puente.



**Fuente:** Encuesta realizada a los peatones que usan el puente colgante que comunica los sectores Llanitos de Tabay y La Vega de San Antonio del Municipio Santos Marquina del Estado Mérida

**Fuente:** Avendaño 2011.

**Análisis:** El 100% de la población que usa el puente colgante como vía de comunicación entre ambos sectores esta seguro que es necesario el diseño de un puente que se corresponda con las necesidades que presenta la población del Municipio Santos Marquina.

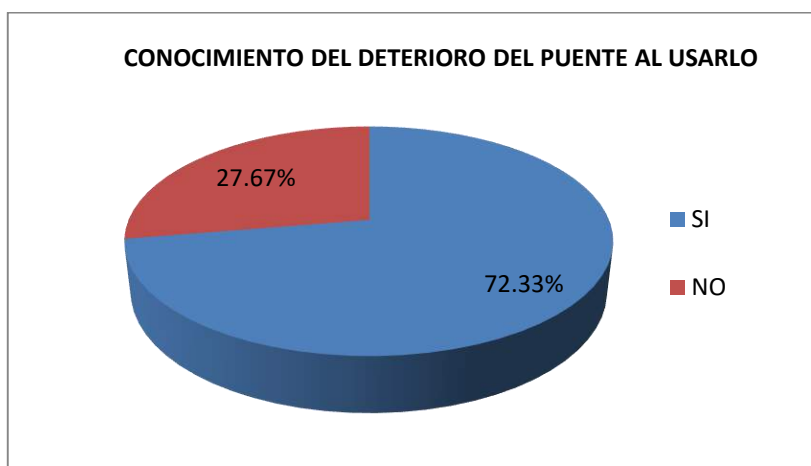
7. ¿Considera usted el deterioro del puente al momento de hacer uso del mismo?

**Tabla 11.** Conocimiento del Deterioro del Puente al Usarlo.

ITEMS 7	FRECUENCIA OBSERVACION	PORCENTAJE	FRECUENCIA ACUMULADA
SI	149	72,33%	149
NO	57	27,67%	57
<b>TOTAL</b>	<b>206</b>	<b>100%</b>	<b>206</b>

Fuente: Avendaño 2011.

**Grafico: 7.** Conocimiento del Deterioro del Puente al Usarlo.



**Fuente:** Encuesta realizada a los peatones que usan el puente colgante que comunica los sectores Llanitos de Tabay y La Vega de San Antonio del Municipio Santos Marquina del Estado Mérida

**Fuente:** Avendaño 2011.

**Análisis:** Al preguntar a las personas que usan el puente colgante si Consideraban o no el deterioro del puente al momento de hacer uso del mismo, el 27.67% de ellos dijo que no consideraban el daño al momento de usarlo, mientras que el 72.33% de la población esta consiente del deterioro del puente, pero de igual manera hacen uso de él por ser la vía de acceso mas fácil y rápida.

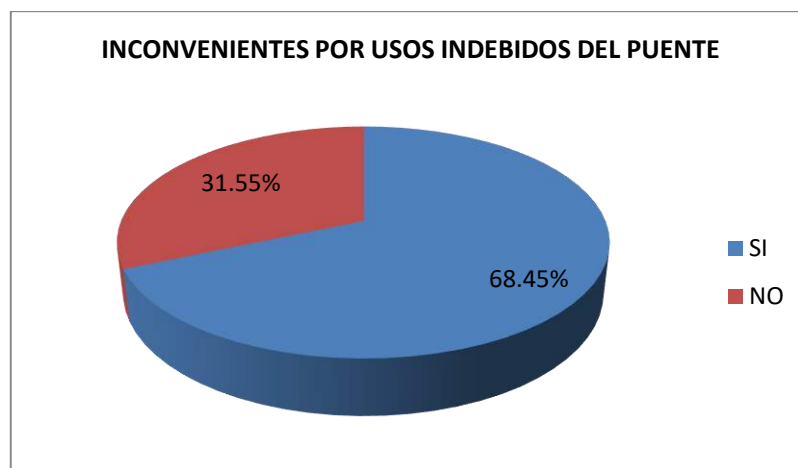
8. ¿Ha tenido algún inconveniente al momento de usar el puente por el uso indebido de motocicletas u otros?

**Tabla 12.** Inconvenientes por usos Indebidos del Puente

ITEMS 8	FRECUENCIA OBSERVACION	PORCENTAJE	FRECUENCIA ACUMULADA
SI	141	68,45%	141
NO	65	31,55%	65
<b>TOTAL</b>	206	100%	206

Fuente: Avendaño 2011.

**Grafico: 8.** Inconvenientes por usos Indebidos del Puente



**Fuente:** Encuesta realizada a los peatones que usan el puente colgante que comunica los sectores Llanitos de Tabay y La Vega de San Antonio del Municipio Santos Marquina del Estado Mérida

**Fuente:** Avendaño 2011.

**Análisis:** El 31.55% de la población negó haber tenido algún inconveniente al momento de usar el puente por el uso indebido de motocicletas u otros, por su parte el 68.45% de las personas encuestadas aseguro que si se presentan inconvenientes al momento de usar el puente pues deben esperar primero el paso de las motos u otros para luego ello si pasar con mas seguridad por el puente.

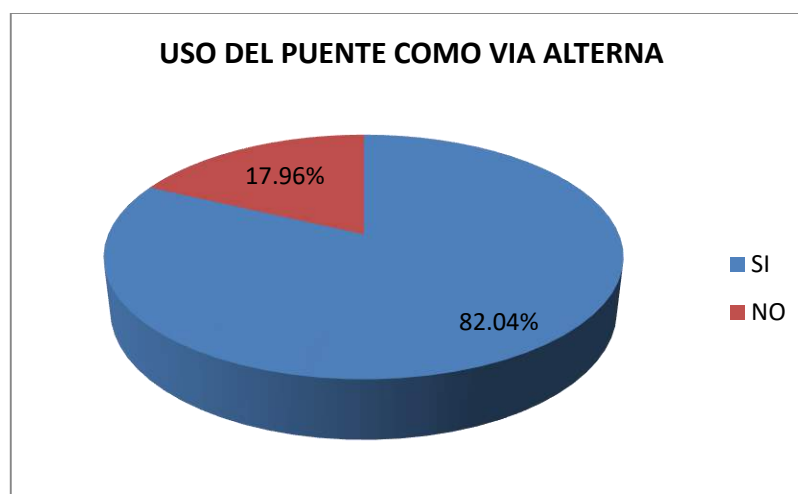
9. ¿Ha usado usted el puente colgante como vía alterna al quedar incomunicada la carretera trasandina del Municipio Libertador y los demás Municipios?

**Tabla: 13.** Uso del Puente Como Vía Alterna.

ITEMS 9	FRECUENCIA OBSERVACION	PORCENTAJE	FRECUENCIA ACUMULADA
SI	169	82,04%	169
NO	37	17,96%	37
<b>TOTAL</b>	<b>206</b>	<b>100%</b>	<b>206</b>

Fuente: Avendaño 2011.

**Gráfico: 9.** Uso del Puente Como Vía Alterna.



**Análisis:** Al preguntar a los peatones sobre si ha usado el puente colgante como vía alterna al quedar incomunicada la carretera trasandina del Municipio Libertador y los demás Municipios el 17.96% de ellos dijo no usar este puente al quedar incomunicados, mientras que el 82.04% de los usuarios coincidieron en que si hacen uso del mismo al quedar incomunicada las trasandina de los demás municipios del estado Mérida como vía alterna.

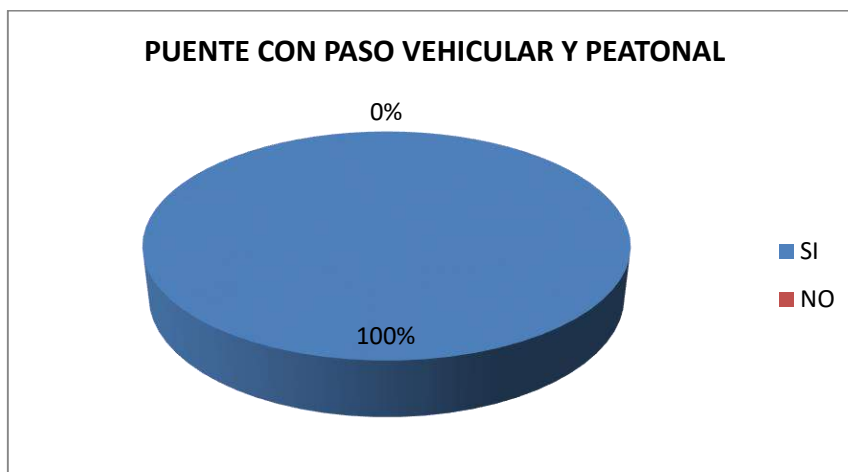
10. ¿Estaría usted de acuerdo con la construcción de un puente para comunicar estos sectores?

**Tabla 14.** Puente con paso vehicular y peatonal.

ITEMS 10	FRECUENCIA OBSERVACION	PORCENTAJE	FRECUENCIA ACUMULADA
SI	206	100,00%	206
NO	0	0,00%	0
<b>TOTAL</b>	206	100%	206

Fuente: Avendaño 2011.

**Grafico: 10.** Puente con paso vehicular y peatonal.



**Análisis:** El 100% de la población coincidió en que efectivamente Estarían de acuerdo con la construcción de un puente para comunicar los sectores Llanitos de Tabay y la Vega de San Antonio del Municipio Santos Marquina del Estado Mérida.

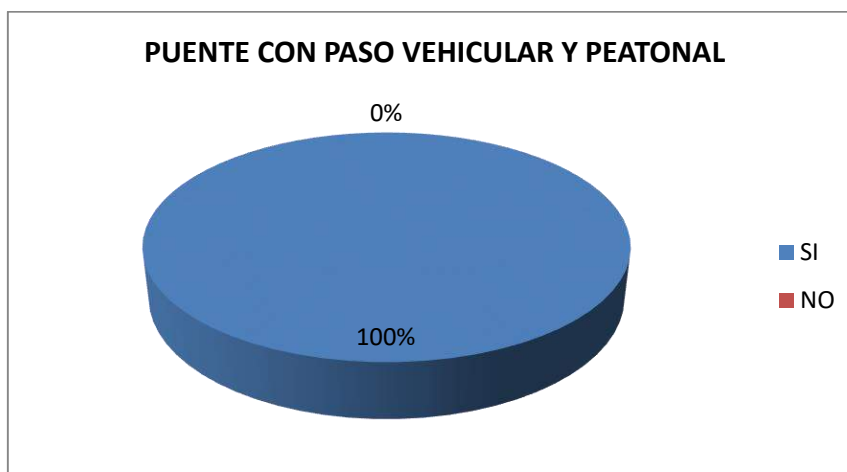
11. ¿Considera usted que el puente propuesto debe contener la vía para el paso vehicular y peatonal?

**Tabla 15.** Puente con Paso Vehicular y Peatonal.

ITEMS 11	FRECUENCIA OBSERVACION	PORCENTAJE	FRECUENCIA ACUMULADA
SI	206	100,00%	206
NO	0	0,00%	0
<b>TOTAL</b>	206	100%	206

Fuente: Avendaño 2011.

**Grafico: 11.** Puente con Paso Vehicular y Peatonal.



**Análisis:** Así mismo la población con un 100% manifestó que el puente propuesto debe contener la vía para el paso vehicular y peatonal.



12. ¿Este le sería de ayuda le garantizaría seguridad?

**Tabla 16.** Ayuda y Seguridad.

ITEMS 12	FRECUENCIA OBSERVACION	PORCENTAJE	FRECUENCIA ACUMULADA
SI	206	100,00%	206
NO	0	0,00%	0
<b>TOTAL</b>	206	100%	206

Fuente: Avendaño 2011.

**Grafico: 12.** Ayuda y Seguridad.



**Análisis:** para dar continuación y culminar con la lista de preguntas el 100% de la población ratificó que efectivamente con la construcción de un puente que disponga de vía para vehículos y peatones les sería de ayuda le garantizaría seguridad al momento de hacer uso del puente.

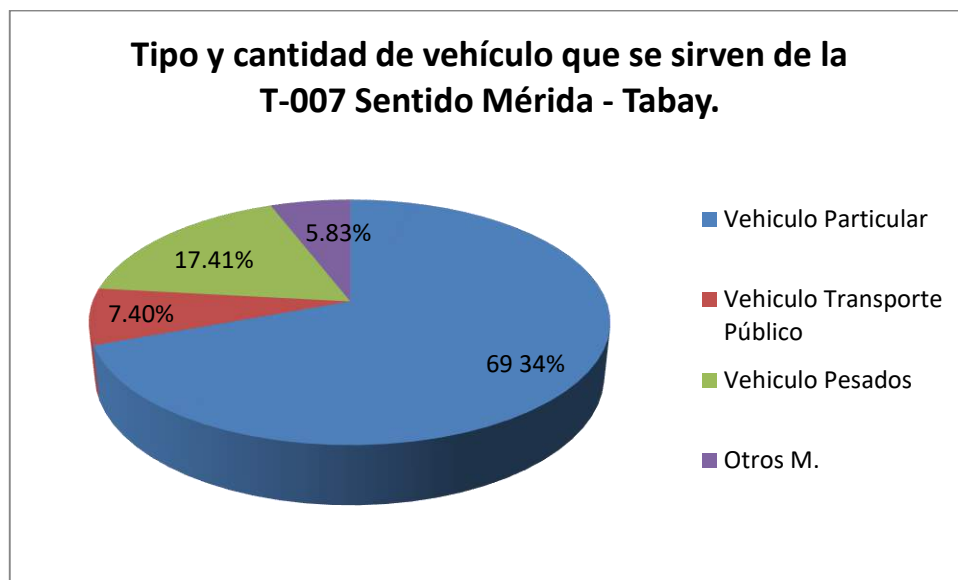
## Análisis del Conteo Vehicular

**Tabla 17.** Tipo y cantidad de vehículo que se sirven de la T-007 Sentido Mérida - Tabay

DESCRIPCIÓN	NÚMERO	PORCENTAJE
VEHÍCULO PARTICULAR	665	69.34%
VEHÍCULO TRANSPORTE PÚBLICO	71	7.40%
VEHÍCULO PESADOS	167	17.41%
OTROS M.	56	5.83%
TOTAL	959	100%

Fuente: Avendaño 2011.

**Grafico: 13.** Tipo y cantidad de vehículo que se sirven de la T-007 Sentido Mérida - Tabay.



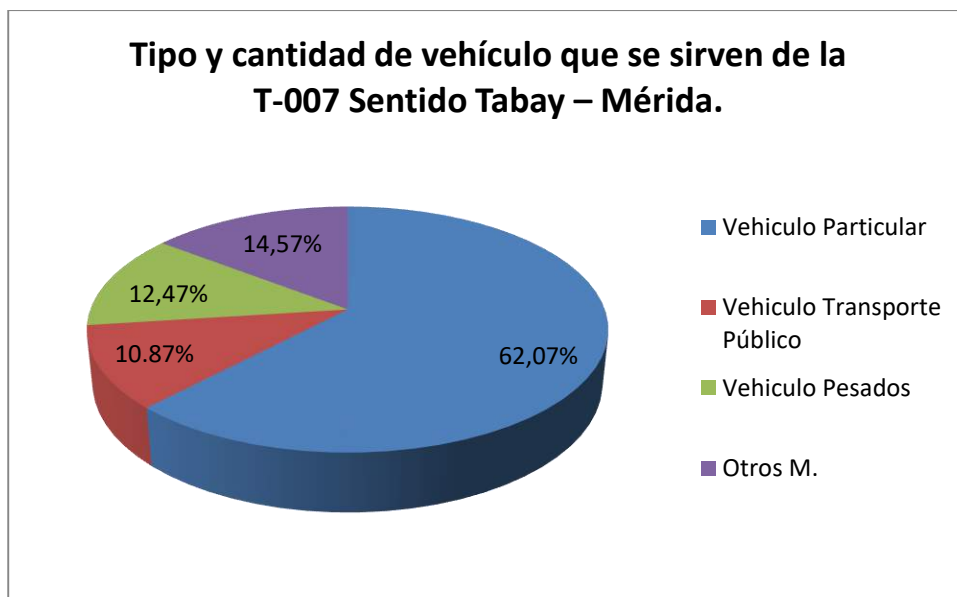
**Análisis:** como se observa en el gráfico de tipo cantidad de vehículo que se sirven de la T-007 en el sentido Mérida –Tabay, encontramos que el 63.34% es de uso particular, mientras que 17.41% es de vehículo de carga pesada, siendo el 7.40% del transporte público, para culminar con el 5.83% que es de otros vehículos o medios de transporte como lo son las motos, que hacen uso de esta vía tan importante.

**Tabla 18.** Tipo y cantidad de vehículo que se sirven de la T-007 Sentido Tabay – Mérida.

DESCRIPCIÓN	NÚMERO	PORCENTAJE
VEHÍCULO PARTICULAR	622	62,07%
VEHÍCULO TRANSPORTE PÚBLICO	109	10,87%
VEHÍCULO PESADOS	146	12,47%
OTROS M.	125	14,57%
<b>TOTAL</b>	<b>1,002</b>	<b>100%</b>

Fuente: Avendaño 2011.

**Grafico: 14.** Tipo y cantidad de vehículo que se sirven de la T-007 Sentido Tabay – Mérida.



**Análisis:** Tal como lo muestra el gráfico de tipo cantidad de vehículo que se sirven de la T-007 en el sentido Tabay- Mérida, encontramos que el 62.07% es de uso particular, mientras que 112.47% es de vehículo de carga pesada, siendo el 10.87% del transporte público, para culminar con el 14.57% que es de otros vehículos o medios de transporte como lo son las motos, que hacen uso de esta vía tan importante.

## **Levantamiento Topográfico**

Para continuar con el desarrollo de la presente investigación se procedió a llevar a cabo la fase III en el que se realizó un levantamiento topográfico, el cual, ha constituido una herramienta vital para la realización del diseño de este puente carretero, porque ha proporcionado datos necesarios para la determinación de las partes constitutivas del puente, permitiendo conocer la sección del río.

El equipo utilizado fue el siguiente:

- 1 Estación Total
- 1 Cinta métrica de 50 m
- 1 mira de 4 m
- 2 jalones

Del levantamiento se realizaron los siguientes planos:

Plano de curvas de nivel, perfil longitudinal y secciones transversales, (Ver Anexo 5).

## **Características Geológicas**

Además del levantamiento topográfico y continuando con el desarrollo de la fase III se procedió a investigar si ya existía un previo estudio geológico a nivel local, así como también una descripción geomorfológica y la zonificación geológica de la zona en estudio, el cual se tomo de Laguado P. (2009) de su Estudio de Susceptibilidad Ante Movimientos en Masa en La Poligonal Urbana del Municipio Santos Marquina, Estado Mérida, del cual se extrajo la información más relevante de la geología de la zona en estudio.

## **Marco Geológico Local.**

### **Geología Estructural:**

El municipio Santos Marquina, está dominado por dos bloques montañosos, el de la Sierra Nevada y el de El Escorial (pertenece a la Sierra de La Culata), separadas entre sí por una importante fosa tectónica longitudinal que sigue la línea general del eje andino, por donde discurre el Valle del río Chama. así mismo se destacan rasgos morfoestructurales tales como: Ensiaduras, Lineamientos de Quebradas, Fracturamiento y Diaclasamiento intenso.

El rasgo tectónico más importante esta representado por dos trazas principales del sistema de fallas de Boconó que atraviesan el área en dirección NE-SO. Su expresión topográfica esta claramente representada por una gran fosa tectónica, drenajes desplazados y una profunda tectonización de las rocas del área que son cortadas tanto por el fallamiento principal como por el fallamiento secundario paralelo a las trazas principales, creando de esta manera desniveles topográficos y estableciendo contactos litológicos entre los sedimentos de unidades cuaternarias. Se destaca un intenso fallamiento en sentido perpendicular a éste, que cortan y pliegan las unidades geológicas.

### **Asociación Sierra Nevada: Precámbrico Superior**

Las rocas que conforman unidades geológicas Precámbricas que corresponden al basamento o unidad más antigua en Los Andes Merideños, definida estratigráficamente como Asociación Sierra Nevada. Esta Asociación exhibe litologías características representadas por secuencias de esquistos micáceos cuarzo-feldespáticos, gneis granítico y anfibolítico. Localmente la unidad presenta cambios abruptos en cuanto a su litología, pues se observan zonas de transición entre granito y gneis o granito y esquisto, afloramientos de intrusiones graníticas.

### **Granodiorita Del Carmen: Paleozoico**

En la vía que conduce Tabay – Mérida se destacan litologías típicas relacionadas con la Granodiorita del Carmen (sector Capilla del Carmen), que se define como un cuerpo granítico intrusivo equigranular con composición mineral cuarzo-feldespático-micácea. El contacto intrusivo con la Asociación Sierra Nevada se presenta de manera gradacional, la roca es de color gris claro moteada de biotita, muy alterada, tamaño de grano medio con sistemas de diaclasas muy frecuentes.

### **Sedimentos Recientes: Pleistoceno- Holoceno.**

Sedimentos recientes ubicados cronológicamente en el Pleistoceno Holoceno se exhiben en las quebradas a lo largo de la cuenca del río Chama y sus subcuencas: La Mucuy, Ño Leon, Las Calaveras, Desbarrancadero, Muñoz, Mucunutan, Agua Caliente, El Cucharito, Minubas.

Al analizar la sedimentación reciente en el área de estudio se infiere la variabilidad de los sedimentos que provienen de procesos erosivos, descargas sedimentarias relacionadas a gravedad, depositación fluvial y aluvial, concentración rápida de descargas sedimentarias por crecidas súbitas y violentas.

Es común conseguir en los sectores conocidos como Tabay, Los Llanitos de Tabay y La Mucuy, variabilidad en la altura topográfica de estos depósitos interpretándose como sedimentaciones de tiempo distintos. Las evidencias en el análisis de perfiles y disposiciones de los litoclastos, la geometría de los cuerpos y dirección de paleocorrientes establecen depósitos del Pleistoceno característicos de terrazas y abanicos aluviales.

Los depósitos ubicados en La Mucuy baja y los Llanitos (Nivel de Abanico 1) corresponden a gravas grano-soportadas por matriz areno arcillosa y distribución desordenada de los litoclastos.

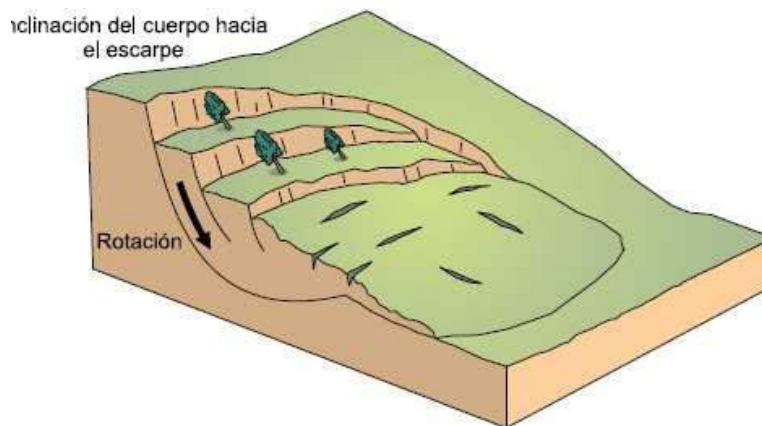
En el mismo sector se confinan perfiles con niveles de depositación variable en cuanto a espesor de acumulación y disposición de las partículas, algunos abanicos muestran cierta organización en su sedimentación; a diferencia de otros depósitos de sedimentación caótica, desordenada e inmadurez textural. Se designo, por el razonamiento antes expuesto sedimentaciones holocénicas relacionadas a un nivel de terraza T3, caracterizada por gravas de bloques y guijarros soportados en matriz arenosa, con intercalación de niveles de arena. Conos de deyección y niveles de Abanico 3 con gravas de bloques y guijarros soportados en matriz arenosa, intercalación de niveles areno-limosos y presencia de materia orgánica. Es característico localizar desniveles topográficos de 5 a 4 metros con diámetros granulométricos que varían de 76mm hasta 6.35mm, intercalándose sedimentos menores a los 2mm granos soportados de matriz arenosa.

El proceso erosivo que origina la velocidad de las corrientes del río Chama y sus quebradas, dejan a través de su recorrido sedimentos tipo cantos, bloques, guijas y guijarros con matriz areno-limosa que unido a el traslado de árboles y tallos caracterizan la sedimentación. En la actualidad continua el proceso de sedimentación-acumulación de estos afluentes dando lugar a grandes acumulaciones recientes que forman parte de barras, planicies, llanuras de inundación, sedimentación de canal, bancos areno-guijarrosos comunes de ríos recientes en zonas montañosas.

## Descripción Geomorfológica

En cuanto a la descripción geomorfológica de igual manera Laguado (2009) explica que en la región Andina Venezolana y particularmente en el estado Mérida se han desencadenado innumerables eventos naturales que están directamente relacionados con los procesos geomorfológicos y los efectos hidrometeorológicos, motivo por el cual es de interés para esta investigación determinar su ubicación, tipo y área que ocupan. Se debe acotar, que los movimientos en masa constituyen uno de los principales factores que intervienen en el modelado de las laderas en la poligonal urbana del municipio Santos Marquina.

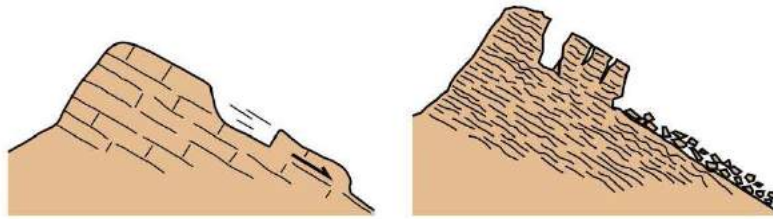
El área investigada ha sido modelada por procesos muy variados a lo largo del tiempo geológico. En los Llanitos de Tabay se logran visualizar deslizamientos tipo rotacional (Figura. 23) el cual se define como el movimiento del terreno o roca a lo largo de una superficie de falla curva o cóncava.



**Figura 23.** Esquema de un deslizamiento Rotacional.  
**Fuente:** GEMMA, 2007

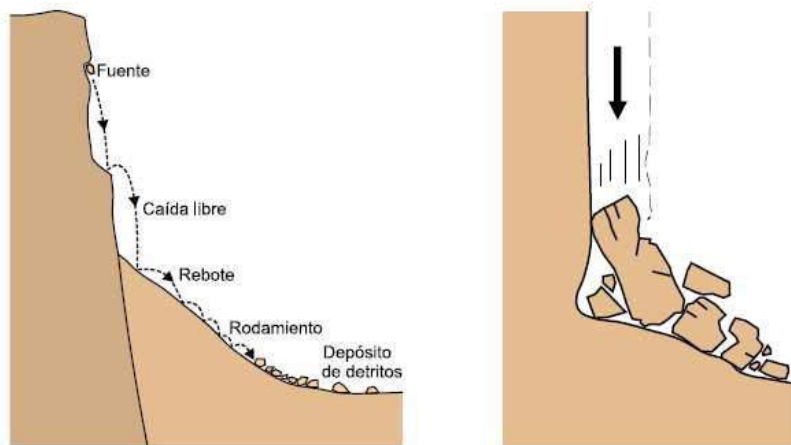
En este mismo sector otro tipo de deslizamientos es típico, conocido como deslizamiento traslacional (figura 24) el cual es referido al movimiento de la masa rocosa a través de una superficie de falla plana.





**Figura.24** Esquema de un Deslizamiento Traslacional.  
**Fuente:** GEMMA, 2007.

En la vertiente conocida como serranía o fila de El Escorial, donde existen elevadas pendientes, la morfología cambia en comparación con el área anteriormente mencionada. Aquí se observan movimientos tipo *Caída de Roca* (figura 25) relacionado al desprendimiento de suelos o rocas laderas sin que a lo largo de esta superficie ocurra un desplazamiento cortante (sector Las Calaveras, Capilla de El Carmen, Sector La Mucuy, Mucunután).

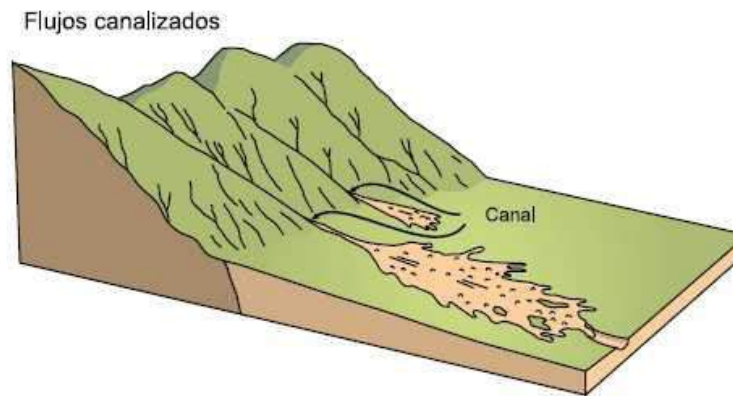


**Figura 25.** Esquema de Caída de Rocas.  
**Fuente:** de GEMMA, 2007.

Los fragmentos de roca se desprenden desde las laderas escarpadas y se acumulan al pie de las mismas. El tamaño de los fragmentos rocosos que componen estos depósitos está relacionado con el espaciado de las

discontinuidades, así como con el grado de fracturación que éste sufre durante el transporte.

Hacia los sectores conocidos como Llanitos de Tabay, Mucuy baja y Tabay se aprecia la confluencia de dos movimientos distintivos designados como *caída de roca* y *flujo de detritos* (flujos muy rápidos o extremadamente rápidos de detritos saturados no plásticos generalmente confinados a un canal fluvial o cauces con pendientes pronunciadas) un esquema de este tipo de movimiento se puede observar en la (Figura 26).



**Figura 26.** Esquema de un Flujo Canalizado.

**Fuente:** de GEMMA, 2007

El recurso físico-natural y la necesidad de desarrollos urbanísticos, conllevan a la intervención de ambientes creados por caídas de roca, flujo de detritos y aludes torrenciales, paisajes frágiles que tienen forma de abanicos aluviales y/o conos de deyección. La intervención de estas geoformas con el desconocimiento de su historia genética y la interrelación de sus elementos, acarrea graves consecuencias en virtud de la naturaleza torrencial, capacidad de acarreo y velocidad en las corrientes fluviales que dan lugar a grandes depósitos de bloques que superan dimensiones métricas. En

referencia a los movimientos de masa se localizan en los sectores Ño León, La Mucuy, Mucunután, Tabay, abanicos coalescentes, abanicos individualizados, y conos de deyección.

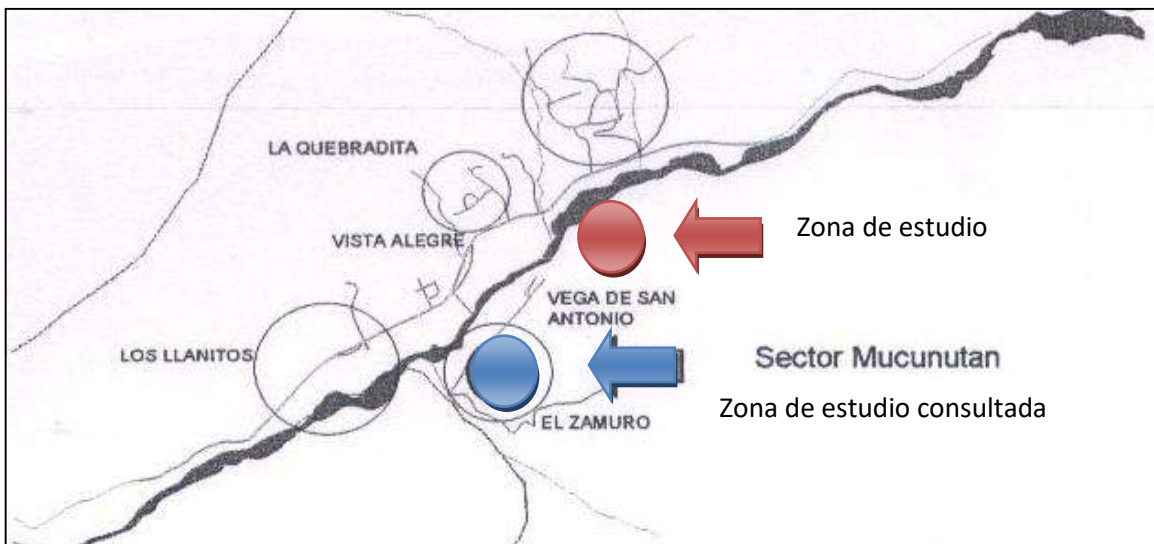
En la Serranía El Escorial los movimientos en masa tienen relación intrínseca con el rasgo estructural más prominente como lo es la Falla de Boconó, la cual ha cortado y diaclasado afloramientos rocosos de la Asociación Sierra Nevada y Granodiorita del Carmen, dando lugar al aumento en el volumen sedimentario que es libremente transportado y posee relación con procesos fluviales e hidrometeorológicos. En el Municipio Santos Marquina los deslizamientos activos están conjugados con las características morfoestructurales que unidas al mosaico litológico deteriorado dan pie a deslizamientos de grandes masas.

En resumen en cuanto al proceso geomorfológico, se presenta el Mapa de Inventario de Movimientos en Masa, (ver anexo 6. Mapa 1). En el cual se puede notar que en el área de estudio estamos en presencia por el sector la Vega de San Antonio del Municipio Santos Marquina de deslizamientos rotacionales inactivos y por el sector los llanitos de Tabay estamos en presencia de deslizamientos compuestos inactivos, teniendo en cuenta que la mayoría de los procesos inactivos están representados por Deslizamientos rotacionales de roca, esta condición de inactividad le confiere un peso menor en cuanto a susceptibilidad se refiere, sin embargo, se les determina un carácter latente con posible reactivación. El movimiento tiene estabilidad aparente hasta que un determinado elemento altere su equilibrio actual. Los procesos activos guardan estrecha relación con el elevado grado de alteración de las unidades litológicas involucradas.

### Características geotécnicas

Para continuar con la fase III de la investigación, se procedió a consultar el estudio geotécnico cercano a la zona en estudio, el cual tuvo como objetivo determinar y configurar la capacidad portante del subsuelo. Con los datos de sondeos realizados en el terreno, de las observaciones efectuadas en sitio y de la interpretación de los resultados de campo y laboratorio, se ha obtenido información la cual será reflejada en el Anexo 7. A continuación se presenta una imagen que evidencia la ubicación del estudio consultado y la cercanía del la zona en estudio (ver figura 27).

Del estudio de suelos consultado, del mismo se concluyó y recomendó apoyar los estribos del puente directamente con una capacidad de carga de máxima de  $2,50 \text{ Kg/cm}^2$  y una profundidad de fundación mínima de 2,50 m por debajo de la superficie conformada del terreno.



**Figura 27.** Ubicación de estudio de suelo consultado y cercanía de la zona de estudio.

**Fuente:** Avendaño 2012.

## **Características Hidráulicas**

En cuanto a la hidráulica que afecta el sitio de estudio se consultó de un estudio realizado por Naranjo 2002, titulado Estimación de la Oferta de Agua Superficial y Conflictos de Uso en la Cuenca Alta del Río Chama, Mérida, Venezuela, que la producción de agua en una cuenca es variable, en tiempo, espacio y calidad, pues esta sujeta a problemas de exceso durante los periodos de lluvia que pueden generar inundaciones, y a problemas de déficits durante los periodos de sequía, causando pérdidas agrícolas, materiales y humanas, según (Silvestre y Ruiz sin fecha consultado por Naranjo 2002), explica que la cantidad de distribución de agua que produce una cuenca depende de las lluvias dentro del área de drenaje y su distribución, así como de los procesos de almacenamiento y transferencia del agua antes de la salida. Dentro de este proceso tiene gran importancia a la vegetación, ya que tiene influencia en el ciclo hidrológico y es de las variables naturales más afectadas por el hombre.

La cuenca alta del río Chama ver figura 28 ubicada en los Andes venezolanos, ocupa una superficie aproximada de 50000ha, enmarcada en una franja altitudinal de 1600 a 4400msnm, con una diferencia de 2800m de altitud entre las tierras más altas y las más bajas. Hacia ambos márgenes del río así como del fondo del valle existe ocupación de conos y abanicos de deyección, que ofrecen condiciones de pendiente y fertilidad adecuadas para la agricultura. Es en las tierras de mayores pendientes en las que se conserva mejor la vegetación original, particularmente la representada por páramo, que se distribuye en una franja ancha y continua bordeando la parte superior de la cuenca.



de entrada. La simulación permite obtener información estimada sobre caudales medios mensuales, volúmenes mensuales y/o anuales de escorrentía y caudales máximos instantáneos, teniendo tres áreas básicas para su aplicación, el diseño hidrológico, la operación de sistemas hidrológicos y el manejo de cuencas (Duque 1999 citado por Naranjo 2002).

En este caso y por la falta de información como se menciono anteriormente se obtuvo información de un estudio realizado por Freites de la cuenca de la quebrada La Mucuy, la cual indica que esta cuenca, tiene como característica especial el ser una cuenca de pequeño a mediano tamaño cubierta de bosques, un cauce principal de características de rocas medianas y grandes y una pendiente única marcada por el gran desnivel que existe entre la Mucuy Alta y la divisoria de aguas del pico Humboldt y el Bolívar.

Por su característica de pendiente extremadamente elevada, las aguas bajan a velocidades supercríticas y por lo tanto su almacenamiento en la cuenca es muy bajo lo cual implica que en los períodos de sequía el caudal disminuya de manera notable.

Por falta de Plan Regulador de la misma en los últimos diez años la cuenca boscosa se ha talado y se ha permitido el fraccionamiento de las parcelas en áreas pequeñas para ser urbanizadas lo cual ha agravado la capacidad de retención de agua de la misma.

La velocidad promedio del agua de la quebrada es de 2,28 m/s (9,19 pies por segundo) lo que indica que en época de crecida, el caudal puede mover con facilidad piedras de peso superior a los 80 kilogramos.

Durante esta de época (2010) de grandes inundaciones no se registraron en La Mucuy Alta precipitaciones elevadas, salvo en la cuenca cercana de la quebrada La Leona de la Mucuy Baja, que generó una creciente que se llevó el puente peatonal existente, ubicado a una altura aproximada de 2,50 m sobre el lecho del río.

Por la descripción anterior nos encontramos ante un cauce muy sensible a las diferencias de precipitación.

En las simulaciones matemáticas que hemos realizado encontramos lo siguiente: Lluvias inferiores a 30mm (1,1811 in) no producen caudal alguno

Lo antes señalado indica que el caudal ecológico del río depende en gran parte de los deshielos del pico Humboldt y si tomáramos en cuenta que el aumento mundial de la temperatura de la tierra amenaza este glaciar, como se puede observar con lo ocurrido con los deshielos de La Patagonia. Dentro de unos diez años se pudieran presentar situaciones graves en el suministro de agua para mantener la población de La Mucuy y La Vega así como los sistemas de riego de la zona y en mantenimiento de la truchicultura, además del caudal básico del río que debe mantener su fauna y flora fluvial.

El caso contrario es que la quebrada por su estructura es propicia a grandes crecientes, como ocurrió cuando la lluvia fue de 60 mm y el cauce se desbordó por la carretera principal del sector, lo cual significa que el ancho de la parte superior del cauce superó los 30 metros

De lo anteriormente descrito se sugiere fundar por debajo de 2,50m, en relación con el cauce. Aun cuando el ancho total del cauce es de 68 m, el cauce activo es de 35 m. Sin embargo, se recomienda construirse sistemas de protección del Río Chama hacia el sector La Vega de San Antonio y debido a que el cauce tiene poca profundidad se recomienda por condiciones hidráulicas del sitio de ponteadero colocar un puente de 40 m de luz.



## **Características Geométricas y Diseño Geométrico de la Vía.**

Para el progreso de la investigación se procede con el desarrollo de la fase IV en el que se definieron las características y el diseño geométrico de la vía alterna propuesta. Para ello fue necesario el uso de la topografía porque a través de la misma se realizó el diseño geométrico el cual esta constituido por tres curvas circulares simples, de las cuales dos curvas se encontraran en comunicación con la T-007, en la entrada al puente propuesto como vía alterna, y la tercera curva estará ubicada en la salida del puente propuesto como vía alterna el cual quedara en comunicación con la vía de la Vega de San Antonio.

El diseño geométrico vial que servirá de enlace para el correcto y fluido transito vehicular y peatonal para complementar el diseño de un puente carretero como vía alterna para la Troncal 7 (T-007), progresiva 341+700 y la progresiva 0+000 del Sector la Vega de San Antonio del Sector los Llanitos de Tabay del Estado Mérida será observado en el Anexo 8.



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
INSTITUTO UNIVERSITARIO POLITECNICO  
"SANTIAGO MARIÑO"  
EXTENSIÓN MÉRIDA  
INGENIERIA CIVIL**

**PUENTE CARRETERO COMO VÍA ALTERNA PARA LA TRONCAL 007,  
PROGRESIVA 341+700 DEL SECTOR LOS LLANITOS DE TABAY DEL  
MUNICIPIO SANTOS MARQUINA Y LA PROGRESIVA 0+000 DEL  
SECTOR LA VEGA DE SAN ANTONIO DEL MUNICIPIO LIBERTADOR  
DEL ESTADO MÉRIDA**

Autora: Avendaño Karina

Mérida, Noviembre de 2011.

## INDICE GENERAL

	<b>P.p.</b>
Introducción	135
Objetivos del Diseño del Puente Carretero	137
Objetivo General	137
Objetivo Específicos	137
Desarrollo del diseño del puente carretero como Vía Alternativa para la Troncal 007	138
Ubicación, límites y Reseña de la Zona en Estudio	139
Análisis y diseño del puente.	143
Planteamiento geométrico (planimetría) entrada y salida del puente.	193
Presupuesto	200
Factibilidad de la propuesta	201
Conclusiones	203
Recomendaciones	204
Bibliografía	205
Anexos	208

## Introducción

La Propuesta del puente carretero Los Llanitos de Tabay objeto de este estudio, se encuentra ubicado en la localidad de Los Llanitos de Tabay y comunica esta población con el sector denominado La Vega de San Antonio del mismo Municipio. El mismo atraviesa el Río Chama. Este puente permitirá la comunicación entre la Trocal T-007 y el Sector La Vega de San Antonio, donde se presenta una alta fluencia de personas mediante un puente peatonal colgante. En este sector se desarrolla un comercio intensivo.

El puente propuesto se construirá con estructura metálica tipo PMET, conformado por cuatro vigas de acero sobre las que se apoya una losa de concreto armado de 20 cm de espesor. Se opta por una solución con vigas metálicas debido a varios factores que las hacen una alternativa favorable como son: menor peso y rapidez de ejecución, pues las vigas metálicas son más fácil de construir que vigas de concreto armado y más fáciles de transportar que vigas de concreto presforzado y debido a que el ambiente no es especialmente agresivo no requerirá de medidas extraordinarias de mantenimiento. Por su ubicación y el uso peatonal, el puente se considera urbano de allí que se haya incluido en su diseño la presencia de aceras.

El estudio de suelos en el sitio de ponedero, el mismo concluyó y recomendó apoyar los estribos del puente directamente con una capacidad de carga de máxima de  $2,50 \text{ Kg/cm}^2$  y una profundidad de fundación mínima de 2,50 m por debajo de la superficie conformada del terreno.

El estudio hidráulico, sugiere fundar por debajo de 2,50m, en relación con el cauce. Aun cuando el ancho total del cauce es de 68 m, el cauce activo es de 35 m. Sin embargo, se recomienda construirse sistemas de protección del Río Chama hacia el sector La Vega de San Antonio y debido a que el cauce

tiene poca profundidad se recomienda por condiciones hidráulicas del sitio de ponteadero colocar un puente de 40 m de luz.

Para contener el derrame de relleno en los terraplenes de entrada y salida al puente, se hace necesaria la construcción de estructuras de retención de tierras consistentes en muros aletas en voladizo fundadas directamente. Estas estructuras tienen unas dimensiones previstas en el proyecto, sin embargo se ajustarán de ser necesario a las condiciones del terreno.

## **Objetivos del Diseño del Puente Carretero**

### **Objetivo General**

Garantizar y asegurar el flujo vehicular y el desplazamiento de la población de forma confiable por la vía alterna para la Troncal 7 (T-007), progresiva 341+700 y la progresiva 0+000 del Sector la Vega de San Antonio del Sector los Llanitos de Tabay del Estado Mérida.

### **Objetivos Específicos**

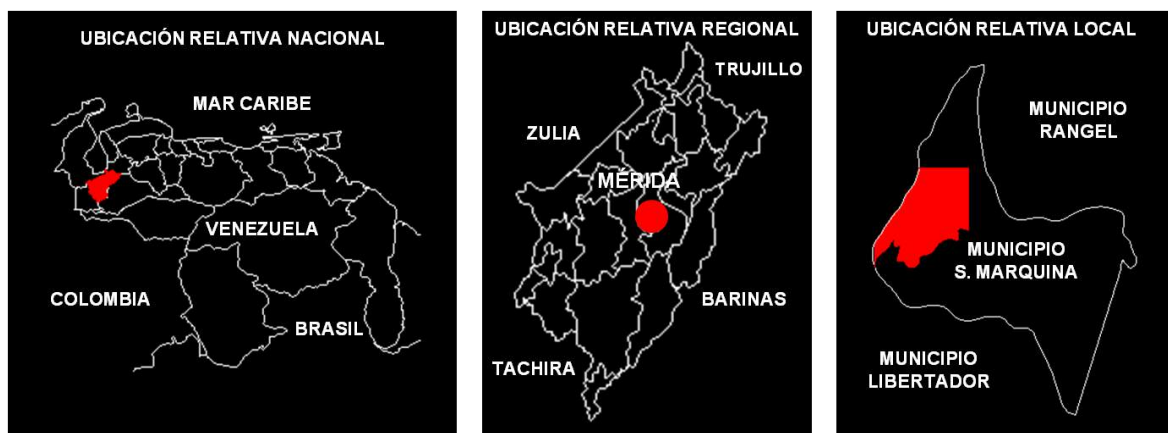
- Resguardar la seguridad de los usuarios.
- Mejorar la transitabilidad de la vía.

## Desarrollo del diseño del puente carretero como Vía Alternativa para la Troncal 007

El puente carretero es una vía alternativa, que favorecerá la situación de riesgo latente que presenta la comunidad de los Llanitos de Tabay y La Vega de San Antonio del Municipio Santos Marquina del Estado Mérida, al momento de hacer uso del puente colgante peatonal allí existente, porque el mismo no se encuentra en las mejores condiciones como se evidencio anteriormente.

Es de gran importancia señalar que el puente carretero a parte de ser una vía alternativa para cubrir la situación de riesgo que presenta en puente colgante, también esta destinado para el uso de vía alternativa al quedar incomunicados los municipios Santos Marquina y Libertador del Estado Mérida por deslizamientos y derrumbes presentes en la carretera trasandina.

En consecuencia se llevará a cabo el desarrollo de la propuesta, en la cual se describirán los criterios y especificaciones que se tomaron en cuenta para el diseño de puente como vía alternativa, mostrando su ubicación relativa. (Ver figura 29).



**Figura 29** Ubicación Relativa  
Fuente: Avendaño (2011)

## Ubicación, límites y Reseña de la Zona en Estudio

### Ubicación:

Situado al Este del Estado Mérida, entre las coordenadas geográficas 8° 24' 12" y 8° 44' 20" de latitud Norte y 71° 49' 20" y 71° 07' 36" de longitud Oeste.

### Límites:

Norte: Municipio Libertador.

Este: Municipio Rangel.

Sur: Municipio Libertador.

Oeste: Municipio Libertador.

### Superficie:

La superficie del Municipio Santo Marquina es de **429,49 Km<sup>2</sup>**

### Población:

El Municipio Santos Marquina, de acuerdo con cifras preliminares suministradas por el **Instituto Nacional de Estadística (INE)**, **contaba para el año 2001** con una población total de **13.795 habitantes**. En el lapso de 11 años la población residente en la entidad se había incrementado casi en un 50%, concentrada principalmente en tres centros urbanos: **San Rafael de Tabay** (4.165 habitantes), **Tabay** (2.890 habitantes) y **Los Llanitos de Tabay** (2.681 habitantes), que agrupan aproximadamente el 70,6% de la población y lideran el eje de poblamiento principal del Municipio, el cual totaliza 9.736 habitantes, cuyo crecimiento ha sido de forma moderada.

### ***Provincias Fisiográficas***

El Municipio Santos Marquina está localizado en la Cordillera de Mérida, su territorio está constituido, por áreas montañosas con altitudes desde los 4.400 - 4.300 m.s.n.m. (Laguna Verde - Sierra Nevada) hasta los 1.500 m.s.n.m. en el Valle del Chama y los 800 m.s.n.m. en el Valle del Río Bum-Bum (vertiente que mira hacia los llanos), con pendientes superiores a 20%.



Sólo una pequeña porción comprende áreas planas (acumulaciones aluviales y coluvio aluviales de los fondos de los valles) con pendientes que oscilan entre 0 y 20%.

### **Clima**

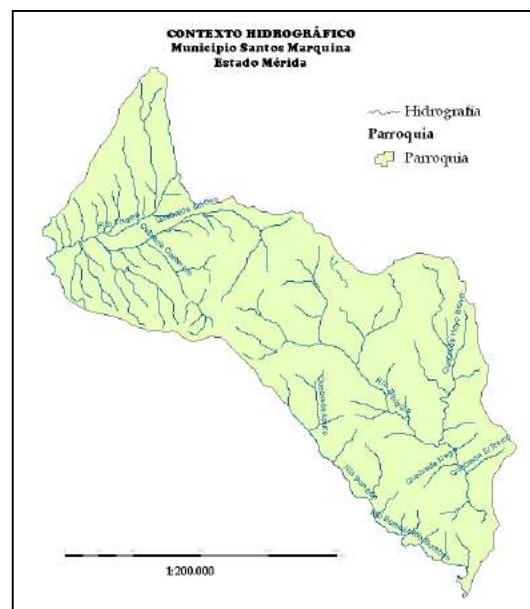
Tomando como referencia los registros de temperatura de las dos estaciones más cercanas al Municipio, se estimó que la temperatura media anual del centro poblado de Tabay es de aproximadamente 17,5° C. Temperatura Promedio Anual: 17.5° C, con una precipitación promedio anual de 1.540mm.

Tipo de clima: Húmedo.

### **Contexto Hidrográfico**

El Municipio se localiza en la Cuenca de los ríos Chama, Siniguis y Bum Bum; y sus afluentes son: Quebradas: La Mucuy, El Loro, León, La Fría, La Virgen, Barrancadero, La Joya, Coromoto, Aranguren.

**Lagunas:** Parte de la Laguna del Santo Cristo, Verde, Coromoto, Suero.



**Figura 30.** Mapa 2. Contexto Hidrográfico Municipio Santos Marquina del Estado Mérida  
**Fuente:** Hojas de Cartografía Nacional 2011.

## **Hidrografía y oferta hídrica**

En lo concerniente a la disponibilidad de agua superficial, la red hidrográfica del Municipio está bien definida y los cursos de agua son, por lo general, de cortos recorridos a través de fuertes pendientes, siendo caudalosos y torrenciales en algunas microcuencas. El río Chama es el principal curso de agua y en él desembocan por la margen derecha las quebradas La Sucia, La Fría, La Muñoz, El Cucharito, Aguas Calientes y La Perica; mientras que por su margen izquierda desembocan las quebradas La Mucuy, Minubás, Mucunután, Monsalve y El Zamuro.

El Municipio posee un número satisfactorio de fuentes hídricas que brindan un potencial considerable de agua en cuanto a su disponibilidad inmediata, figurando entre las fuentes más relevantes las quebradas El Loro, La Fría, Mucunután, La Leona y La Coromoto. Además, las características climáticas locales favorecen el confort ambiental, representando una ventaja para el desarrollo de actividades turísticas y de condiciones aptas para el desarrollo de actividades agropecuarias, entre otras.

## **Zonas Biogeográficas**

### **Flora**

De acuerdo a los pisos climáticos predomina vegetación de páramo arbustiva, gramíneas y pastizales, cobertura vegetal paramera en las partes más elevadas. En las vertientes inmediatas al río Chama entre Mucurubá y Mérida presenta un bosque alto. Igualmente se observan áreas cubiertas de matorral y bosque bajo.

### **Fauna**

- Cachicamo montañoso (*Dacipus novencintus*)
- Lapa ( *Agouti paca*) Picure ( *Dasiprocta variegata*)
- Rabi pelao (*Didelphys marsupialis*) Ponchita (*Criptideilus soui*)

- Ardillas (*Sciuros granatensis*)
- Conejo de monte (*Sylvilagus brasiliensis*)
- Oso frontino (*Tremarctos ornatus*).

En la figura 31 se puede observar la ubicación Nacional Estatal y Regional de la ubicación del puente.



**Figura 31.** Ubicación Nacional Estatal y Regional del puente

**Fuente:** Avendaño 2012.

## Análisis Diseño del Puente

### Características generales del Tablero:

El tablero del puente tendrá un ancho mínimo de 11,00 m correspondiente a:

Dos canales de 3,60 m de ancho c/u..... 7,20 m

Dos aceras de 1,20 m c/u..... 2,40 m

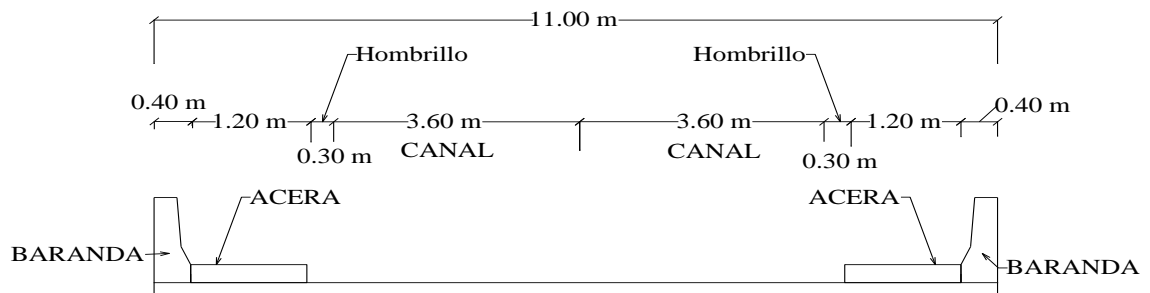
Dos barandas laterales de 0,40 m c/u..... 0,80 m

Dos hombrillos de 0,30 m c/u..... 0,60 m

---

Ancho Total Calzada: 11,00 m

### Sección Transversal de un Tablero del Puente



**Figura 32.** Sección Transversal de un Tablero del Puente

**Fuente:** Avendaño 2012.

### Puente con Vigas Metálicas

El puente se proyecta construirlo en un tramo de 40 m de longitud, constituido por una losa de concreto armado que se apoya sobre vigas metálicas de alma llena, con un ángulo de esviaje de 0°. La infraestructura esta conformada por dos estribos de concreto armado apoyados directamente.

La calzada del puente esta conformada por una losa de concreto armado de 20 cm. de espesor, apoyada sobre cuatro vigas metálicas de alma llena, de altura variable entre 1,269 y 2,069 metros, separadas 3,00 m centro a centro (**Sv**) y con dos volados de 1,00 m cada uno (**V**), el ancho total de la calzada es de 11,00 m. La cota de la rasante será 569,319 de levantamiento topográfico.

Las vigas longitudinales, se arriostraran con otras transversales o separadores, que proporcionan rigidez y aumentan la resistencia del puente a la torsión originada por las cargas vivas. Longitudinalmente el puente tendrá dos separadores externos y cuatro separadores internos.

El puente se apoyará en dos estribos extremos de concreto armado en voladizo, de 9 m de altura, fundados directamente.

Los estribos del puente tendrán losas de acceso que controlarán el problema del asentamiento del terraplén en la parte posterior del muro.

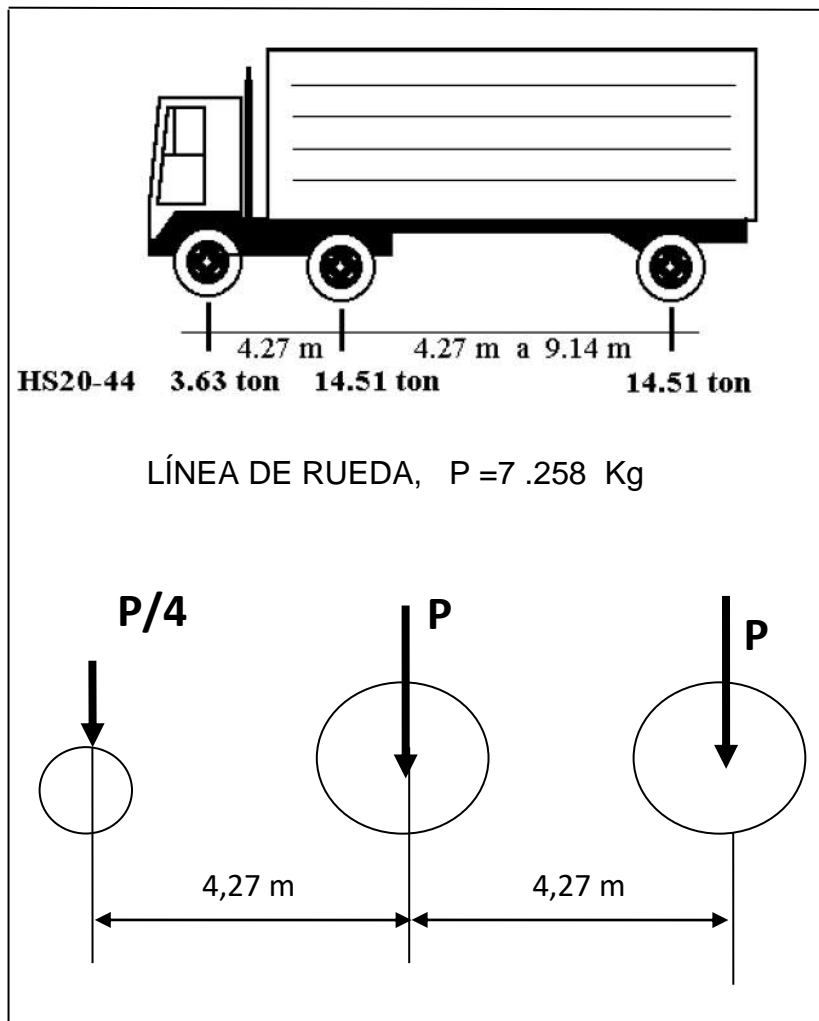
Se colocará cuatro aletas, dos aguas arriba y dos aguas abajo de los estribos que servirán de protección en los extremos del puente, estos a su vez contendrán el derrame del terraplén que conforma la calzada y le proporcionan confinamiento. Las aletas serán de concreto armado, de dos tipos, el primer tipo será de retorno, las cuales se construyen monolíticamente con los estribos, el segundo tipo será en voladizo.

**Los rellenos de los accesos se harán con material granular debidamente seleccionado y vibro compactado hasta obtener un 95% de la densidad máxima seca del proctor modificado.**



### Carga Viva: norma AASHTO

La sobrecarga de diseño del puente, será la indicada por las normas americanas, AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials), las cuales prescriben el tren de carga HS20 incrementado por un factor venezolano del 20%. El tren de carga empleado HS20+20%, se tomó en cuenta considerando que los vehículos que circularán sobre el puente, pueden llegar a pesar hasta 40 toneladas. (Ver figura 34).

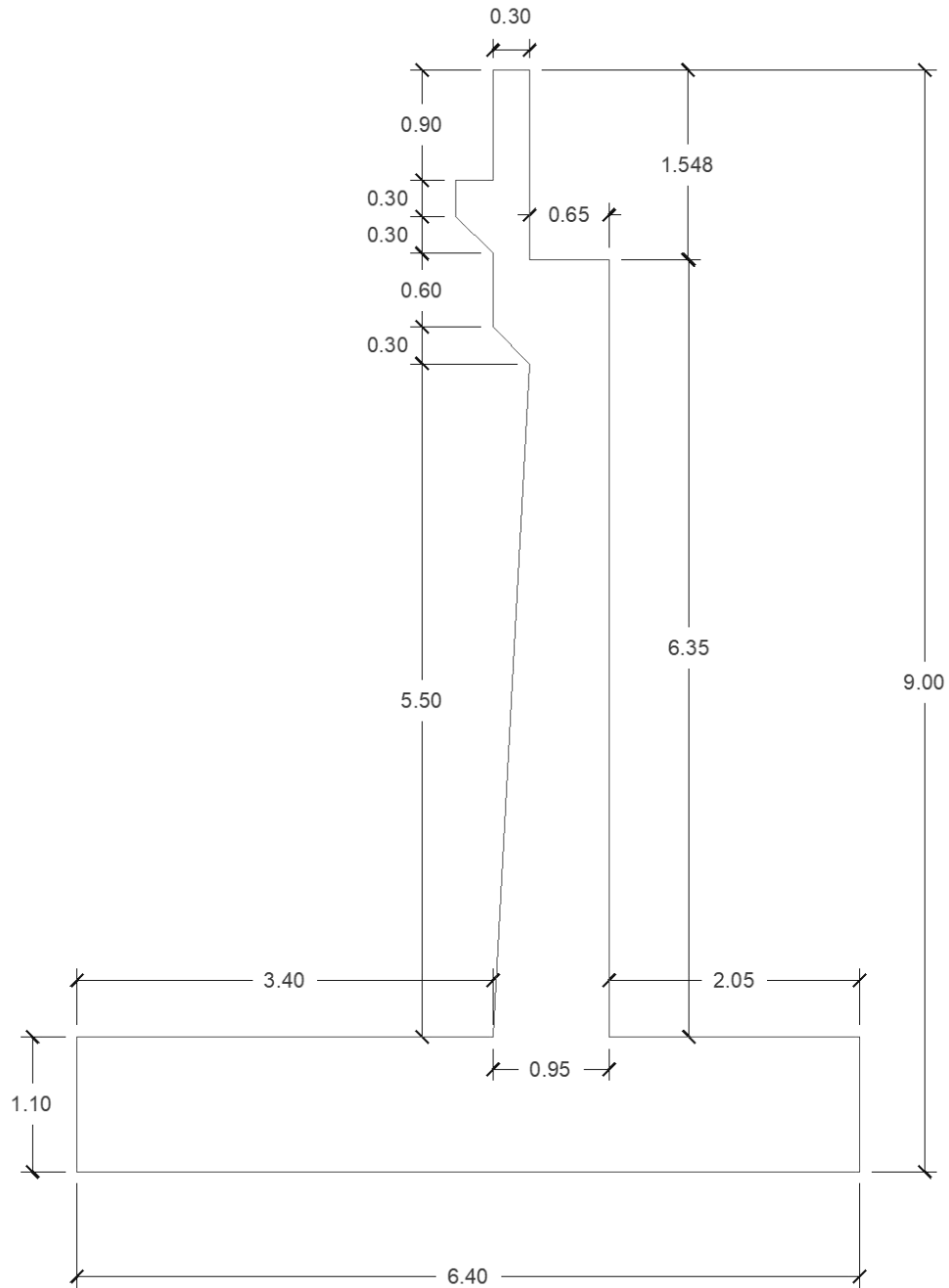


**Figura 34.** Carga Viva: norma AASHTO  
Fuente: Avendaño (2012)..

## Sección típica Estribos

SECCIÓN TRANSVERSAL ESTRIBO  
CORTE EN EL PLANO DE LA VIGA  
UBICADA A MAYOR ALTURA

ESC: 1/50



**Figura 35.** Sección transversal estribo  
**Fuente:** Avendaño (2012).



## Especificaciones de Materiales

Concreto:

**Aletas laterales y muros,  
Losas de acceso y Aceras.....**  $f'c = 210$   
**Kg/cm<sup>2</sup>**

**Estribos, Losa del Tablero y Barandas.....**  $f'c = 250$   
**Kg/cm<sup>2</sup>**

Concreto Ciclópeo:

**Protecciones hidráulicas.....**  $f'c = 180$   
**Kg/cm<sup>2</sup>**

Acero de refuerzo:

**Límite de Fluencia.....**  $Fy = 4.200$   
**Kg/cm<sup>2</sup>**

Acero Estructural (ASTM A-36: 36.000 psi):

**Límite de Fluencia.....**  $Fy = 2.500$   
**Kg/cm<sup>2</sup>**

Recubrimiento Neto:

**Estribos, Muros y Aletas de Retorno.....**  $r_n = 5 \text{ cm}$   
**Losa del Tablero y Barandas.....**  $r_n = 3 \text{ cm}$

Aparatos de Apoyo: **Neoprene Dureza 60**

Sobrecarga de Diseño: AASHTO HS20+20%=HS30, **Peso: 40.000 Kg**

Pavimento: **5 cm de espesor.**

Angulo de esviaje:  $\alpha_e = 0^\circ$

Los rellenos de los accesos: **se harán con material granular debidamente seleccionado y vibro compactado hasta obtener un 95% de la densidad máxima seca del ensayo proctor modificado.**

## Superestructura del puente

Diseño de la Losa de Calzada del Puente:

Espesor de la Losa (Norma AASHTO):

$$e \text{ losa} = (s + 3,05) / 30 \geq 0,165 \text{ m}$$

$s = \text{longitud libre entre vigas} = 2,75 \text{ m}$

Resulta:  $e \text{ losa} = 0,19 \text{ m}$

$e \text{ losa} = 20 \text{ cm}$
----------------------------------

Carga Muerta:

Losa.....	0,20 m * 2.500 Kg/m <sup>3</sup>	= 500 Kg/m <sup>2</sup>
Pavimento .....	0,05 m * 2.400 Kg/m <sup>3</sup>	= 120 Kg/m <sup>2</sup>
Acera.....	0,25 m * 2.400 Kg/m <sup>3</sup>	= 600 Kg/m <sup>2</sup>
Barandas.....		= 770 Kg/ml

Momento por Carga Muerta en tramos y apoyos:

$$(M \text{ cm})_{\text{tramos (+)}} = 315 \text{ Kg-m/m}$$

$$(M \text{ cm})_{\text{apoyos (-)}} = 397 \text{ Kg-m/m}$$

$$(M \text{ cm})_{\text{volados (-)}} = 1.005 \text{ Kg-m/m}$$

Carga Viva:

Momento por Carga Viva en tramos y apoyos centrales de la Losa del Puente:

$$(M \text{ cv})_{\text{tramos } (\pm)} = \pm 0,80 * [(s + 0,60) / 9,75] * P$$

$$P = 7.258 \text{ Kg. (H20)}$$

Factor Impacto:

$$F.I. = 1 + [ 15 / (s+38) ] = 1,30$$

**Factor Norma Venezolana:**

**Se incrementa la carga de la norma AASHTO en un 20%.**

**F.N.V. = 1,20**

**Momento por Carga Viva tramos y apoyos centrales de la Losa del Puente:**

$$(M_{cv})_{\text{tramos } (\pm)} = \pm 0,80 * [ ( 2,75 + 0,60 ) / 9,75 ] * 7.258 = 2.001 \text{ Kg-m/ml}$$

**Momento por Carga Viva en los volados de la Losa del Puente, impacto de vehículo constituido por una fuerza de 10.000 Libras (4.536 Kg) aplicada a 0,81 m de la superficie de rodamiento:**

**Momento por Carga Viva Volados del Puente:**

$$(M_{cv})_{\text{volados}} = (B * P) / E$$

**B = brazo de la fuerza = 0,81 m + 0,05 m + 0,20/2 m = 0,96 m**

**E = ancho de distribución = (0,80 X + 1,524) m = 2,096 m**

**X = Distancia del centro de la baranda a la cara de la viga = 0,715 m**

**P = Fuerza de Impacto = 10.000 Lb = 4.536 Kg**

$$(M_{cv})_{\text{volados}} = 0,96 \text{ m} * 4.536 \text{ Kg} / 2,096 \text{ m} = 2.078 \text{ Kg-m/m}$$

**Momentos Últimos:**

$$M_u = 1,3 * [ M_{cm} + 5/3 * M_{cv} * F.I. * F.N.V. ]$$

**Momentos Últimos tramos y apoyos internos:**

$$M_u (+) = 1,3 * [ 315 \text{ Kg-m/m} + 5/3 * 2.001 \text{ Kg-m/m} * 1,3 * 1,20 ] = 7.173 \text{ Kg-m/m}$$

$$M_u (-) = 1,3 * [ 397 \text{ Kg-m/m} + 5/3 * 2.001 \text{ Kg-m/m} * 1,3 * 1,20 ] = 7.280 \text{ Kg-m/m}$$

**Momentos Últimos volados: con el F.I. = 1 (el momento proviene de impacto sobre barandas)**

$$M_u = 1,3*[1.005 \text{ Kg-m/m} + 5/3 * 2.078 \text{ Kg-m/m} * 1,0 * 1,20] = 6.709 \text{ Kg-m/m}$$

Acero de Refuerzo:

**Concreto:**  $f'c = 250 \text{ Kg/cm}^2$

**Acero de Refuerzo:**  $F_y = 4.200 \text{ Kg/cm}^2$

**Ancho:**  $b = 100 \text{ cm}$

**Altura útil.**  $d = (20 - 3 - 1) \text{ cm} = 16 \text{ cm}$

$$A_s (+/-) \text{ req. losa.} = 13,09 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

$$A_s (-) \text{ req. Volados} = 11,98 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

Acero de refuerzo en losa (+/-):  $\phi 5/8'' \text{ c}/15 \text{ cm}$

**Acero de retracción y temperatura:**

$$A_s \text{ temp.} = 0,002 * b * t = 0,002 * 100 \text{ cm} * 20 \text{ cm} = 4,00 \text{ cm}^2$$

$$A_s \text{ temp.} = \phi 3/8'' \text{ c}/15 \text{ cm.}$$

**Acero de repartición de carga:**

$$A_s \text{ rep.} = 121 / \sqrt{s} < 67\%$$

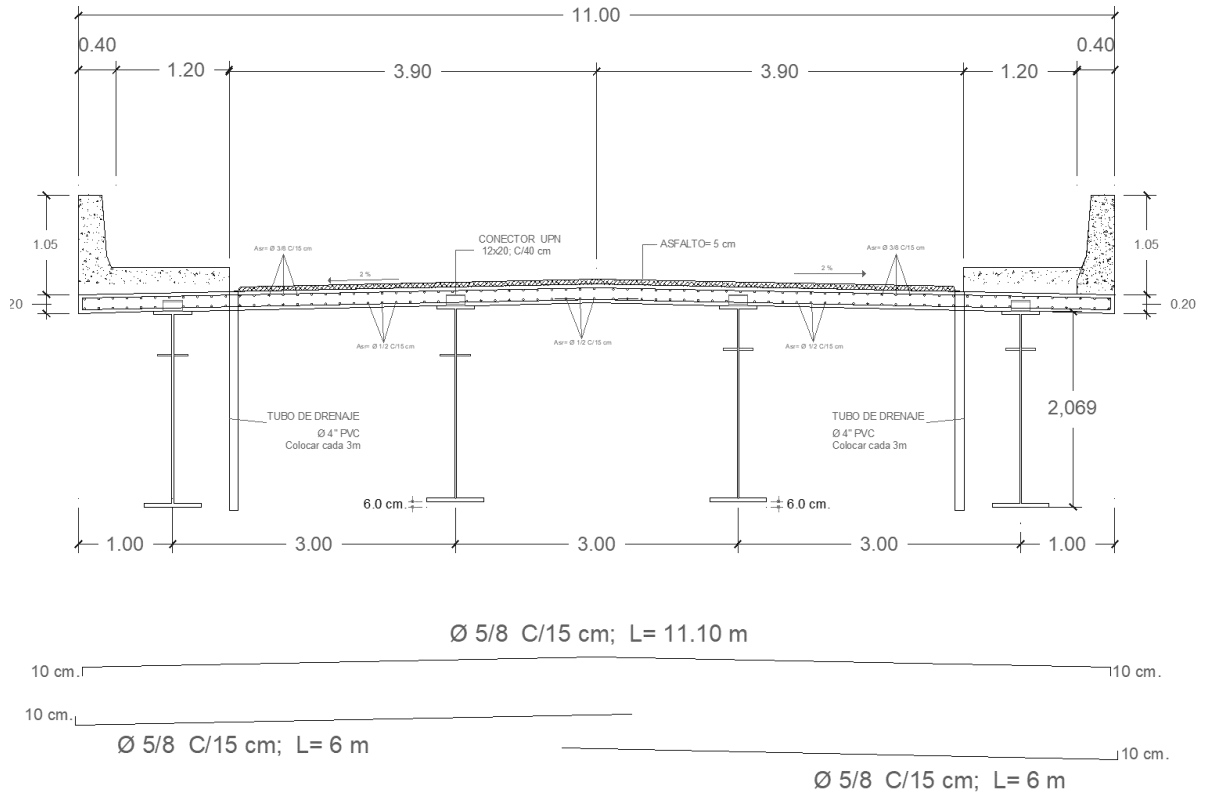
$$A_s \text{ rep.} = 121 / \sqrt{2,75} = 73,27\% \dots\dots\dots A_s \text{ rep.} = 67\%$$

$$A_s \text{ rep.} = 13,09 \text{ cm}^2/\text{ml} * 0,67 = 8,77 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

$$A_s \text{ rep.} = \phi 1/2'' \text{ c}/15 \text{ cm}$$

# DESPIECE DE LOSA

Esc. 1:50



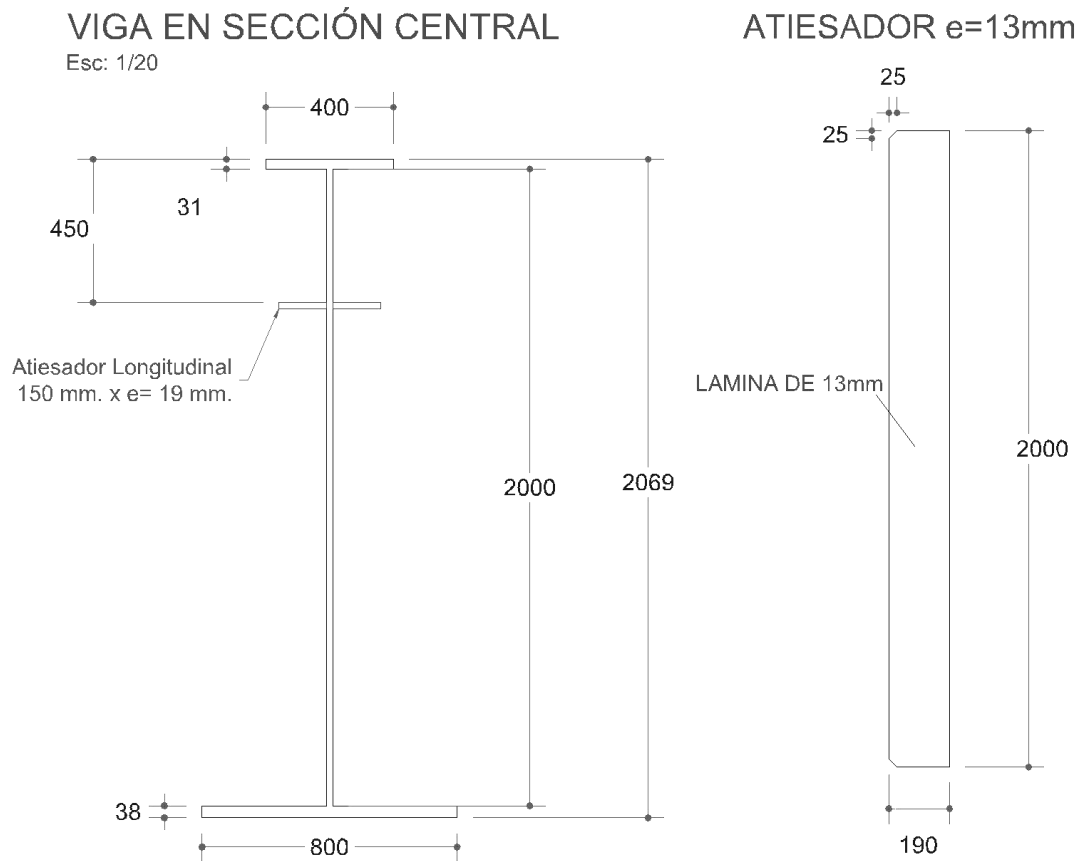
**Figura 36.** Despice de losa  
**Fuente:** Avendaño (2012).

## Diseño de las Vigas del Puente: Tramo de 40 m

Altura de la viga en sección compuesta debe ser aproximadamente el 5% de la luz de cálculo del puente **L<sub>c</sub>**:

$$H_v \approx 0,05 * 40 \text{ m} \geq 2,00 \text{ m}$$

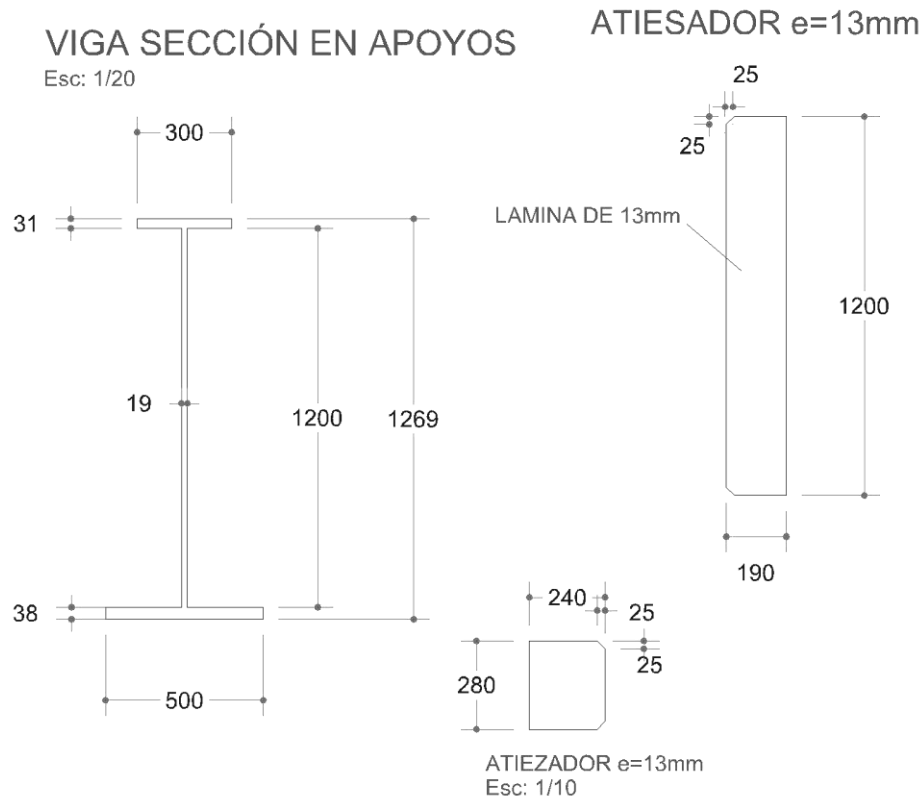
El espesor de la losa es de 20 cm, en sección sencilla las vigas se proyectan con altura variable en forma poligonal, con 126,9 cm en los extremos y 206,9 cm de altura en el centro.



**Figura 37.** Viga en sección central  
Fuente: Avendaño (2012).

En total cuatro vigas separadas centro a centro 3 m, con cinco separadores metálicos internos y dos externos.

**La altura de las vigas es variable, el tramo central (80 % de L, 32 m) tendrá una altura constante de 2,069 m y en los extremos (10% a cada lado de L, 4 m) de altura variable de 1,269 m hasta 2,469 m.**



**Figura 38.** Viga sección en apoyos  
**Fuente:** Avendaño (2012).

**Tabla 19.** Indica la altura de las vigas, ancho de las alas y espesores.

X (m)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ALTURA VIGA	1.269	1.269	1.542	1.814	2.069	2.069	2.069	2.069	2.069	2.069	2.069	2.069	2.069	2.069	2.069	2.069	2.069	2.069	2.069	2.069	2.069
ANCHOALA SUPERIOR	300	300	300	300	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
ANCHOALA INFERIOR	500	500	500	500	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	800	800	800	800

ESPESORES DE VIGA  
TRAMO L=40m

ALA SUPERIOR: 31 mm

ALA INFERIOR: 38 mm

ALMA: 19mm

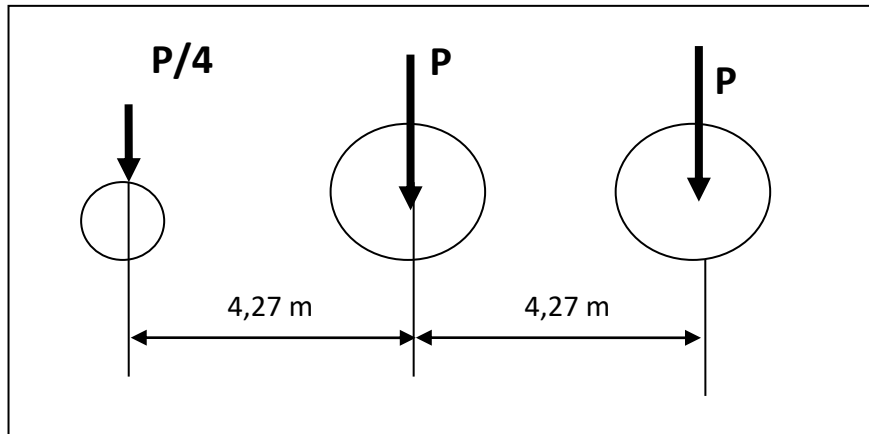
ATIESADORES  
VERTICALES: 13mm

ATIESADORES  
HORIZONTALES: 19mm

**Fuente:** Avendaño (2012).

Carga Viva AASHTO: Camión HS20

Línea de rueda,  $P = 7.258 \text{ kg}$



**Figura 39.** Línea de Rueda  
**Fuente:** Avendaño (2012).

Momento Máximo por Carga Viva:

$$M_{cv} = \frac{2,25 \cdot P}{L_c} \left( \frac{L_c}{2} + 0,71 \right)^2 - 4,27 \cdot P$$

$$M_{cv} = \frac{2,25 \cdot 7258 \text{ Kg}}{40} \left( \frac{40}{2} + 0,71 \right)^2 - 4,27 \cdot 7.258 \text{ Kg} = 144.114 \text{ Kg-m}$$

**Factor Impacto:**

$$\text{F.I.} = 1 + [ 15 / (Lc+38) ] = 1,19$$

**Factor Rueda:**

$$\text{F.R.} = Sv/1,67 = 1,80$$

**Factor Norma Venezolana:**

**Se incrementa la carga de la norma AASHTO en un 20%:**

$$\text{F.N.V.} = 1,20$$



## TREN DE CARGA

Camión Norma Americana HS20:

Datos:

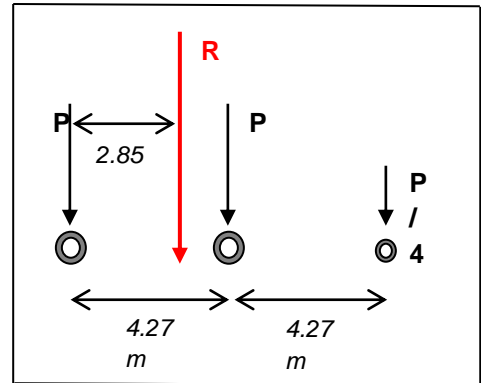
$$L_c = 40,00 \text{ m}$$

$$P = 7.258 \text{ kg}$$

$$R = 2.25P = 16.330,50 \text{ kg}$$

**Caso 1**

$$\text{Rango: } 0 \leq x \leq L_c - 8.54$$



**Figura 40.** Diagrama Tren de Carga  
Fuente: Avendaño (2012).

Reacción: 
$$R_A = \frac{R}{L_c} (L_c - x - 2.85)$$

Ecuación de Momento: 
$$M(x) = R_A \cdot x$$

**Caso 2**

$$\text{Rango: } 4.27 \leq x \leq L_c - 4.27$$

Reacción:

$$R_A = \frac{R}{L_c} (L_c - x + 1.42)$$

$$M(x) = R_A \cdot x - P \cdot 4.27$$

Ecuación de Momento:

### Caso 3

Rango:  $4.27 \leq x \leq L_c - 4.27$

Reacción: 
$$R_A = \frac{R}{L_c}(L_c - x - 1.42)$$

Ecuación de Momento:

$$M(x) = R_A \cdot x - \frac{P}{4} \cdot 4.27$$

### Caso 4

Rango:  $8.54 \leq x \leq L_c$

Reacción: 
$$R_A = \frac{R}{L_c}(L_c - x - 2.85)$$

Ecuación de Momento:

$$M(x) = R_A \cdot x - P \cdot 4.27 - \frac{P}{4} \cdot 8.54$$

Carga Muerta:

**Pesos aproximados por viga:**

**Peso Propio de la Viga = 635 Kg/m**

**Peso de la Losa =  $0,20 \text{ m} \cdot 2.500 \text{ Kg/m}^3 \cdot 3,00 \text{ m} = 1.500 \text{ Kg/m}$**

**Peso de Separadores/viga = 300 Kg (puntual)**

**Peso de Barandas/viga =  $2 \cdot 770 \text{ Kg/m} / 4 \text{ vigas} = 385 \text{ Kg/m}$**

**Peso de Pavimento/viga =  $9,40 \text{ m} \cdot 0,05 \text{ m} \cdot 2400 \text{ Kg/m}^3 / 4 \text{ vigas} = 285 \text{ Kg/m}$**

**Peso Acera =  $2 \cdot (0,20 \text{ m} \cdot 2.400 \text{ Kg/m}^3 \cdot 1,20 / 4 \text{ vigas}) = 288 \text{ Kg/m}$**

Los momentos flectores actuarán sobre sección sencilla y sección compuesta atendiendo el proceso constructivo.

## Envolventes de Corte y Momentos

### Camión Norma Americana HS20

#### Datos:

$P = 7.258 \text{ kg}$	$Lc = 40,00 \text{ m}$
$R = 2.25P = 16.330,50 \text{ kg}$	$Ps = 300 \text{ kg}$
$R / Lc = 408,26 \text{ kg/m}$	$w \text{ cm} = 3.098 \text{ kg/m}$
$e = 1,42 \text{ m}$	$R \text{ cm} = 61.860 \text{ kg}$

#### Factores:

$$FI = 1,19$$

$$FR = 1,80$$

$$FNV = 1,2$$

#### Ecuaciones de Corte:

$$V(x)_{CM} = R - \omega \cdot x$$

$$V(x)_{CV} = \frac{2.25 \cdot P}{Lc} (Lc - x - 2.85)$$

$$V_{Total} = V_{CM} + V_{CV} * FI * FR * FNV$$

**Ecuaciones de Momento:**

$$M(x)_{CM} = R \cdot x - \omega \cdot \frac{x^2}{2}$$

$$M(x)_{CV} = \text{según el Caso}$$

$$M_{Total} = M_{CM} + M_{CV} * FI * FR * FNV$$

**Camión Norma AASHTO : HS20+20%**

**Datos:**

$$\begin{aligned} P &= 7.258 \text{ kg} \\ R &= 2.25P = 16.330,50 \text{ kg} \\ R / Lc &= 408,26 \text{ kg/m} \\ e &= 1,42 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Lc &= 40,00 \text{ m} \\ Ps &= 300 \text{ kg} \\ w1 &= 2.135 \text{ kg/m} \\ RVE 1 &= 42.700 \text{ kg} \\ w2 &= 958 \text{ kg/m} \\ RVE 2 &= 19.160 \text{ kg} \end{aligned}$$

**Factores:**

$$FI = 1,19$$

$$FR = 1,80$$

$$FNV = 1,2$$

**W1 = carga muerta en sección sencilla**

**W1 = peso losa + peso propio viga**

**W2 = carga muerta en sección compuesta**

**W2= peso pavimento+peso baranda+ peso acera**

Reacción Máxima por (Carga Muerta) / Viga:

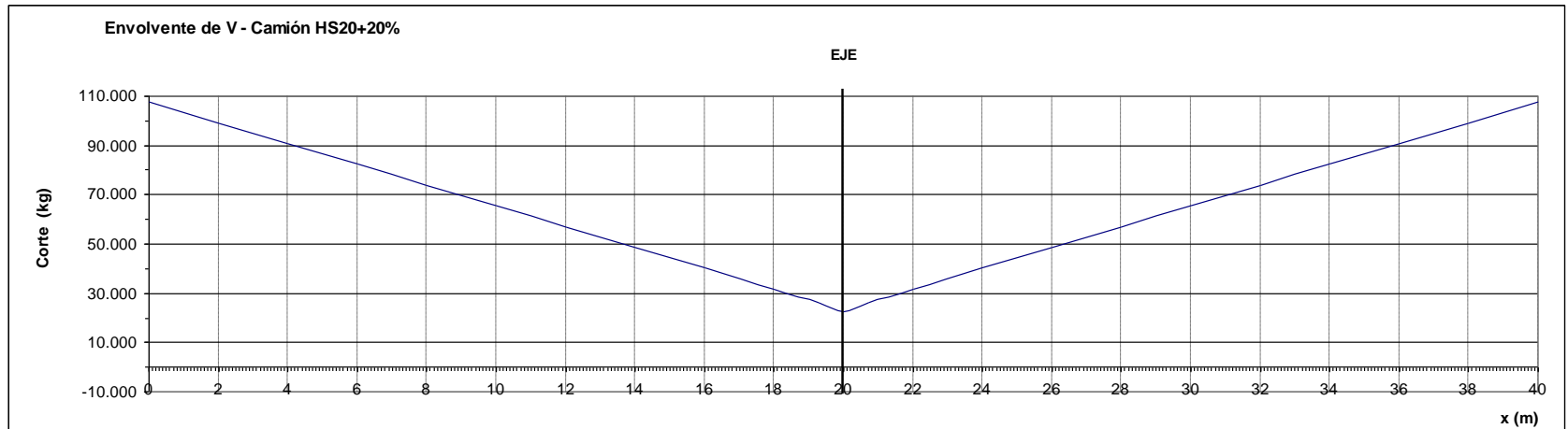
$$R_{cm} = \frac{3.093 \text{ Kg/m} * 40 \text{ m}}{2} + \frac{300 \text{ Kg} * 7}{2} = 62.910 \text{ Kg}$$

**Tabla 20.**Tabla de Fuerzas Cortantes

Caso \ x	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	19,29	20	20,71	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
$V_{CM}$	60900	54900	48900	42900	36900	30900	24900	18900	12900	6900	3030	0	3030	6900	12900	18900	24900	30900	36900	42900	48900	54900	60900
$V_{CV}$	15167	14350	13534	12717	11901	11084	10268	9451	8635	7818	7292	7002	7292	7818	8635	9451	10268	11084	11901	12717	13534	14350	15167
$V_{total}$	109631	101008	92384	83761	75137	66514	57890	49267	40643	32020	26458	22496	26458	32020	40643	49267	57890	66514	75137	83761	92384	101008	109631

Fuente: Chirino (2012)

**Diagrama de Fuerzas Cortantes**



**Figura 41.** Diagrama fuerza cortante  
Fuente: Chirino (2012)

**Tabla 21.** Tabla de Momentos Flectores

Caso \ x	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	19,29	20	20,71	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	
M <sub>CM ss</sub>	0	81.13 0	153.72 0	217.77 0	273.28 0	320.25 0	358.68 0	388.57 0	409.92 0	422.73 0	426.46 2	427000	426.46 2	422.73 0	409.92 0	388.57 0	358.68 0	320.25 0	273.28 0	217.77 0	153.72 0	81.13 0	0	
M <sub>CM sc</sub>	0	36.40 4	68.976	97.716	122.62 4	143.70 0	160.94 4	174.35 6	183.93 6	189.68 4	191.32 3	191.60 0	191.32 3	189.68 4	183.93 6	174.35 6	160.94 4	143.70 0	122.62 4	97.716	68.976	36.40 4	0	
1	0	28701	54136	76304	95207	11084 3	12321 4	13231 8	138156	140728	140654	140034	139002	136074	128848	11835 5	10459 7	87572						
2				55772	78161	97284	11314 1	12573 2	135057	141115	143291	143908	144114	143434	139695	13268 9	12241 7	10887 9	92075	72005				
3				72059	92129	10893 4	12247 1	13274 3	139749	143489	144168	143962	143345	141170	135111	12578 7	11319 6	97339	78216	55827				
4						87627	10465 1	11841 0	128902	136128	139057	140088	140709	140783	138210	13237 2	12326 8	11089 8	95261	76359	54190	28755	0	
M <sub>cv</sub>	0	28701	54136	76304	95207	11084 3	12321 4	13274 3	139749	143489	144168	143962	144114	143434	139695	13268 9	12326 8	11089 8	95261	76359	54190	28755	0	
M <sub>total</sub>	0	20801 6	39353 8	55656 6	69709 9	81513 9	91068 5	98510 4	103941 4	107123 0	107981 7	108055 1	108092 0	107465 5	104643 9	99573 0	92526 0	83331 4	71887 4	58194 0	42251 3	24059 1	0	

Fuente: Chirino (2012)

## Diagrama de Momentos Flectores

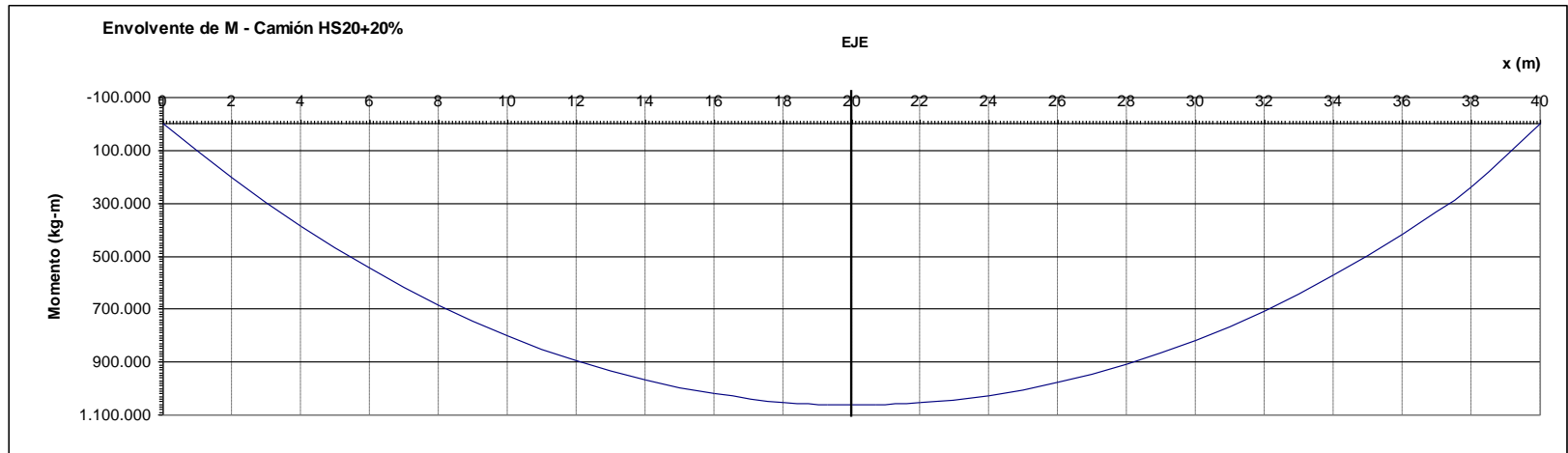


Figura 42. Diagrama de Momentos Flectores  
Fuente: Chirino (2012)



**Propiedades Geométricas en cetro de la viga: X = 20 m**

Propiedades Geométricas Sección Sencilla:

Centroide:  $Y_c ss = 81,046 \text{ cm}$

Área:  $A = 808 \text{ cm}^2$

Inercia XX  $I_{xx ss} = 5.284.142 \text{ cm}^4$

Módulo de Sección XX inferior:  $S_{xx i} = 65.199 \text{ cm}^3$

Módulo de Sección XX superior:  $S_{xx s} = 41.986 \text{ cm}^3$

Propiedades Geométricas Sección Compuesta "n":

Centroide:  $Y_c sc = 136,64 \text{ cm}$

Área:  $A = 1.407,4 \text{ cm}^2$

Inercia XX  $I_{xx sc} = 11.327.184 \text{ cm}^4$

Módulo de Sección XX inferior:  $S_{xx i} = 82.899 \text{ cm}^3$

Propiedades Geométricas Sección Compuesta Diferida "3n":

Centroide:  $Y_c sd = 108,89 \text{ cm}$

Área:  $A = 1.045,8 \text{ cm}^2$

Inercia XX  $I_{xx sd} = 8.180.354 \text{ cm}^4$

Módulo de Sección XX inferior:  $S_{xx i} = 75.127 \text{ cm}^3$

Esfuerzos admisibles para el acero y concreto:

Esfuerzo admisible para el acero:

$$\sigma_{adm} = 0,57 \cdot F_y = 0,57 \cdot 2.500 \text{ Kg/cm}^2 = 1.425 \text{ Kg/cm}^2$$

Esfuerzo admisible para el concreto en compresión:

$$\sigma_{adm} = 0,40 \cdot f'c = 0,40 \cdot 250 \text{ Kg/cm}^2 = 100 \text{ Kg/cm}^2$$

Esfuerzos actuando en la sección central (X=20m):

**Momento Carga Permanente (Peso Propio+Losa) = 427.000 Kg-m**

**Momento Carga Permanente (Pavimento+Barandas+Acera) = 195.600 Kg-m**

**Momento Carga Variable (1 línea de rueda) = 144.144 Kg-m**

**Factor Impacto = 1,19**

**Factor Rueda = 1,80**

**Factor Norma Venezolana = 1,20**

**Momento Carga Variable = 143.962 Kg-m\*1,19\*1,80\*1,20 = 372.065 Kg-m**

**Momento total=448.000Kg-m+170.000Kg-m+462.550Kg-m=1.062.478 Kg-m**

Esfuerzos Sección Sencilla fibra inferior:

$$\sigma_i = \frac{M_{cm,ss}}{S_{xx_i}} = \frac{(427.000) \cdot 100 \text{ Kg/cm}^2}{65.199 \text{ cm}^3} = 655 \text{ Kg/cm}^2$$

Esfuerzos Sección Sencilla fibra superior:

$$\sigma_s = \frac{M_{cm,ss}}{S_{xx_s}} = \frac{(427.000) \cdot 100 \text{ Kg/cm}^2}{41.986 \text{ cm}^3} = 1.017 \text{ Kg/cm}^2$$

Esfuerzos Sección Compuesta (n) fibra inferior:

$$\sigma_i = 655 \text{ Kg} / \text{cm}^2 + \frac{M_{cm+cv.sc}}{Sxx_i}$$

$$\sigma_i = 655 \text{ Kg} / \text{cm}^2 + \frac{(195.600 + 372.075) \cdot 100 \text{ Kg} - \text{cm}}{82.899 \text{ cm}^3} = 1.340 \text{ Kg} / \text{cm}^2$$

Esfuerzos Sección Compuesta (3n) fibra inferior:

$$\sigma_i = \frac{M_{ct.sd}}{Sxx_i}$$

$$\sigma_s = \frac{(1.062.478) \cdot 100 \text{ Kg} - \text{cm}}{75.127 \text{ cm}^3} = 1.414 \text{ Kg} / \text{cm}^2$$

Los esfuerzos calculados en la sección sencilla, compuesta “n” y compuesta “3n” (diferida) son menores que los admisibles, la sección propuesta es aceptable.



### Cálculo de los separadores externos:

Su función cumple dos objetivos:

- Servir de soporte transversal al extremo de las vigas longitudinales impidiendo su rotación.
- Servir de apoyo a un sistema de gatos hidráulicos que servirán para levantar el puente en caso de ser necesario cambiar los apoyos de las vigas.

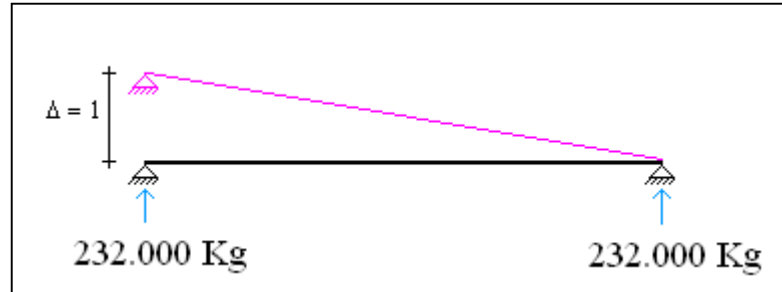
Se supone que, debido a que su relación altura/luz es grande, funcionan como **vigas rígidas**.

#### ***Peso del tablero***

■ Baranda	$2 \cdot 770 \text{ kg/m} \cdot 40 \text{ m} =$	61.600 Kg
■ Pavimento	$9,00\text{m} \cdot 40 \text{ m} \cdot 0,05\text{m} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 =$	43.200 Kg
■ Losa	$0,20\text{m} \cdot 40 \text{ m} \cdot 11 \text{ m} \cdot 2500\text{Kg/m}^3 =$	220.200
	Kg	
■ Vigas	$4 \cdot 650 \text{ Kg/m} \cdot 40 \text{ m} =$	104.000
	Kg	
■ Separadores	$7 \cdot 300 \text{ Kg} \cdot 3 =$	6.300
	Kg.	
■ Acera	$1,20 \text{ m} \cdot 0,25 \text{ m} \cdot 2400 \text{ K/m}^3 \cdot 40 \text{ m} =$	28.800 Kg
		<hr/>
		463.900
		Kg.

Según el análisis de carga realizado el puente pesa aproximadamente 464 ton

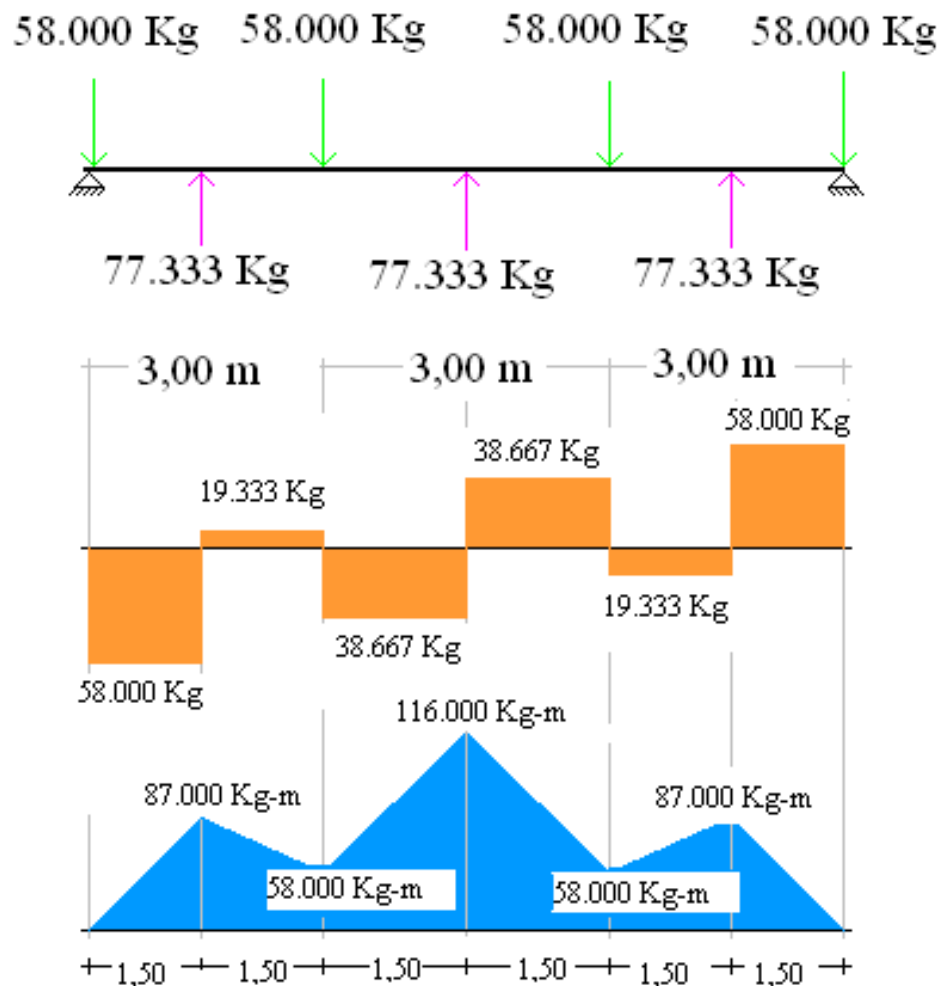
$$\frac{464.000 \text{ Kg}}{2} = 232.000 \text{ Kg}$$



**Figura 44.** Análisis de Carga  
**Fuente:** Chirino (2012)

$$F_{GATO} = \frac{232.000 \text{ Kg}}{3 \text{ Gatos}} = 77.333 \text{ Kg}$$

$$F_{VIGAS} = \frac{232.000 \text{ Kg}}{4 \text{ Vigas}} = 58.000 \text{ Kg}$$



**Figura 45.** Diagrama de Corte y momento  
**Fuente:** Chirino (2012)

Solicitaciones Máximas en separador externo:

**V max = 58.000 Kg**

**M max = 116.000 Kg-m**

### Diseño de la sección del separador externo:

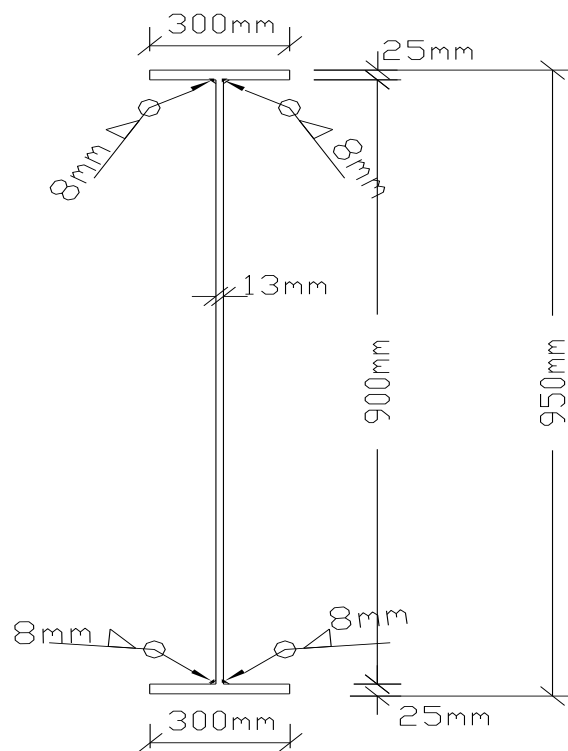
Se requiere un módulo de sección de:

$$S_x = \frac{116.000 \text{ Kg-m} \cdot 100 \text{ cm/m}}{1.400 \text{ Kg/cm}^2} = 8.286 \text{ cm}^3$$

La altura del separador no debe exceder del 75% de la altura de la viga para poder colocar gatos hidráulicos en caso de reparaciones o mantenimiento de los apoyos del puente.

$$H_s = 0,75 * H_v = 0,75 * 126,9 \text{ cm} = 95 \text{ cm}$$

### SECCION SEPARADOR EXTERNO



**Figura 46.** Sección Separador Externo  
**Fuente:** Avendaño (2012).



## Propiedades Geométricas Sección Sencilla:

Centroide:  $Y_c \text{ ss} = 47,50 \text{ cm}$

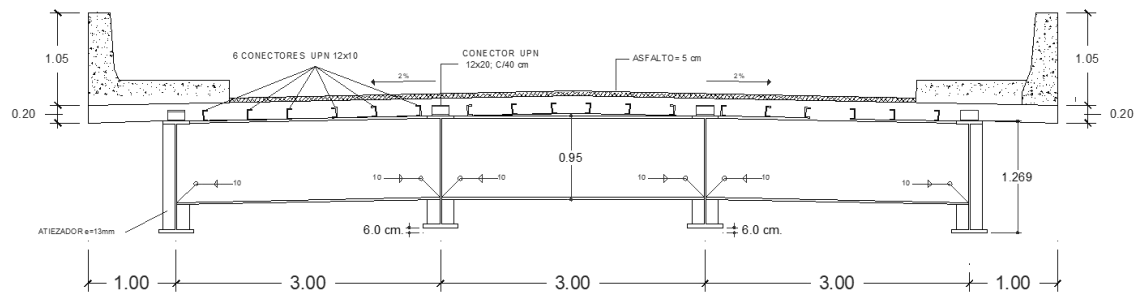
Área:  $A = 267 \text{ cm}^2$

Inercia XX  $I_{xx} \text{ ss} = 399.913 \text{ cm}^4$

Módulo de Sección XX inferior:  $S_{xx} i = 8.419 \text{ cm}^3$

Módulo de Sección XX superior:  $S_{xx} s = 8.419 \text{ cm}^3$

## SEPARADORES EXTERNOS



**Figura 47.** Separador Externo  
**Fuente:** Avendaño (2012).

## Cálculo de los separadores internos

Combinación de diseño:

$$\text{Capacidad} = CP + CV * FI * FNV * FL$$

Donde:

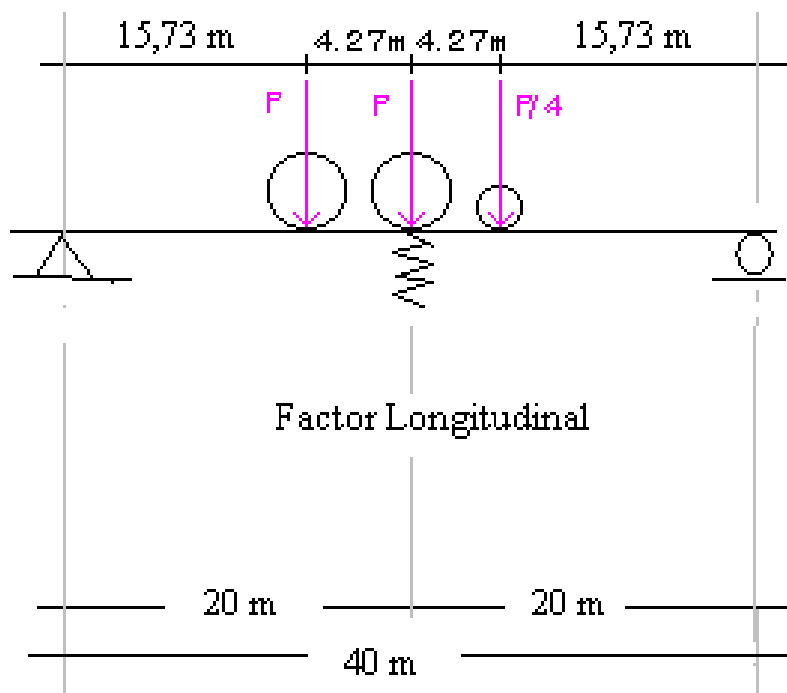
CP = Carga Permanente

CV= Carga Variable

FI = Factor Impacto

FNV = Factor Norma Venezolana

FL = Factor longitudinal



**Figura 48.** Diagrama Combinación de diseño  
**Fuente:** Chirino (2012)

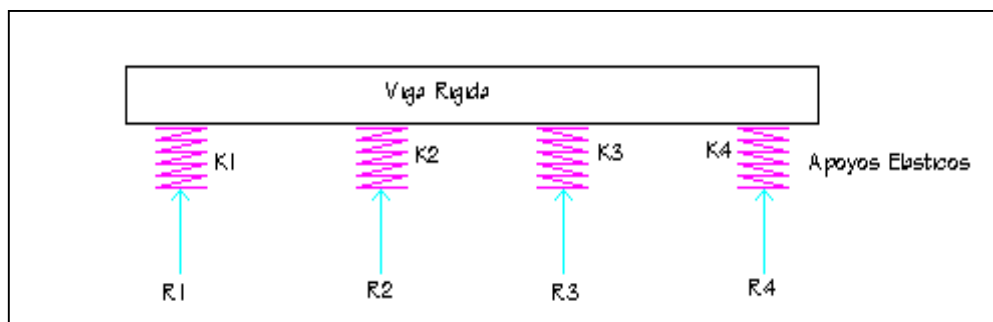
$$FL = P + \frac{P * 15,73}{20} + \frac{P}{4} * \frac{15,73}{20} = 1,98P$$

$$FI = 1,30 \quad (L < 12m)$$

$$FNV = 1,20$$

$$V = V_{CP} + 3,09 * V_{CV}$$

$$M = M_{CP} + 3,09 * M_{CV}$$

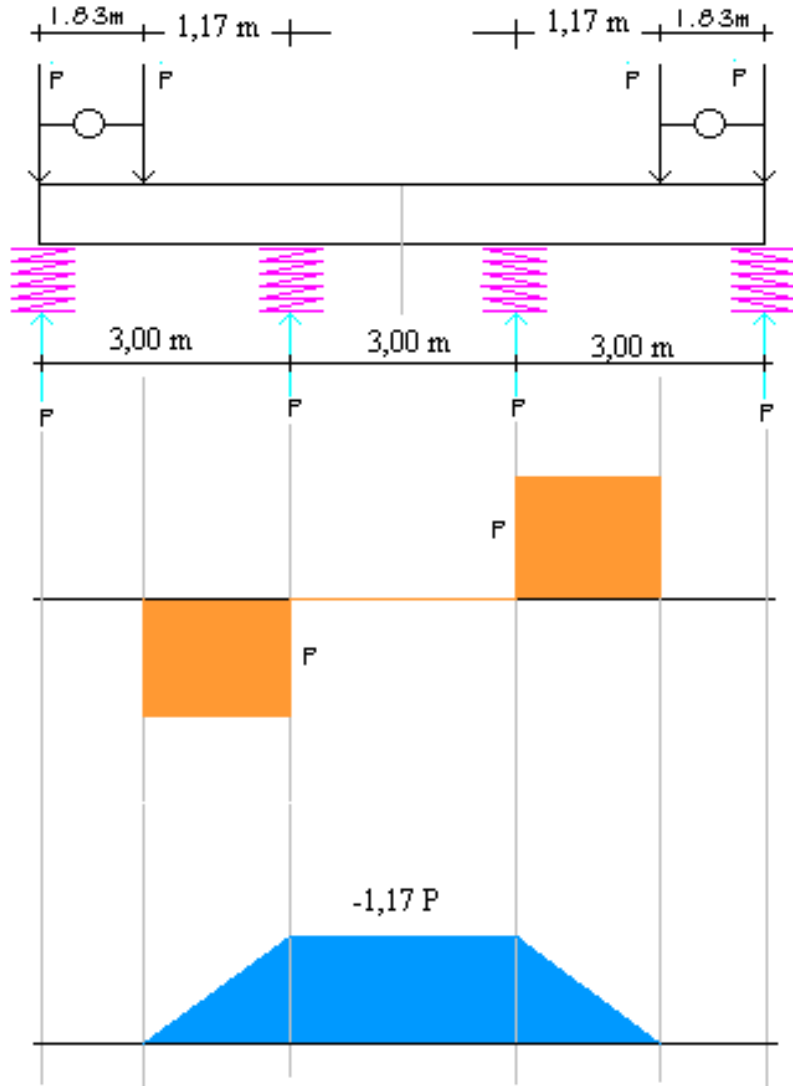


**Figura 49.** Modelo matemático (Viga Rígida sobre apoyos elásticos)  
**Fuente:** Chirino (2012)

### Cortes y momentos por carga variable:

Se plantean dos casos simétricos de carga viva.

1. Dos vehículos lo mas próximo a las barandas



**Figura 50.** Diagrama de cortes y momentos por cargas variables  
**Fuente:** Chirino (2012)

$$V_{MAX} = P$$

$$M_{MAX}^{(-)} = 1,17 P$$

2. Dos vehículos lo mas cercanos entre si centrados

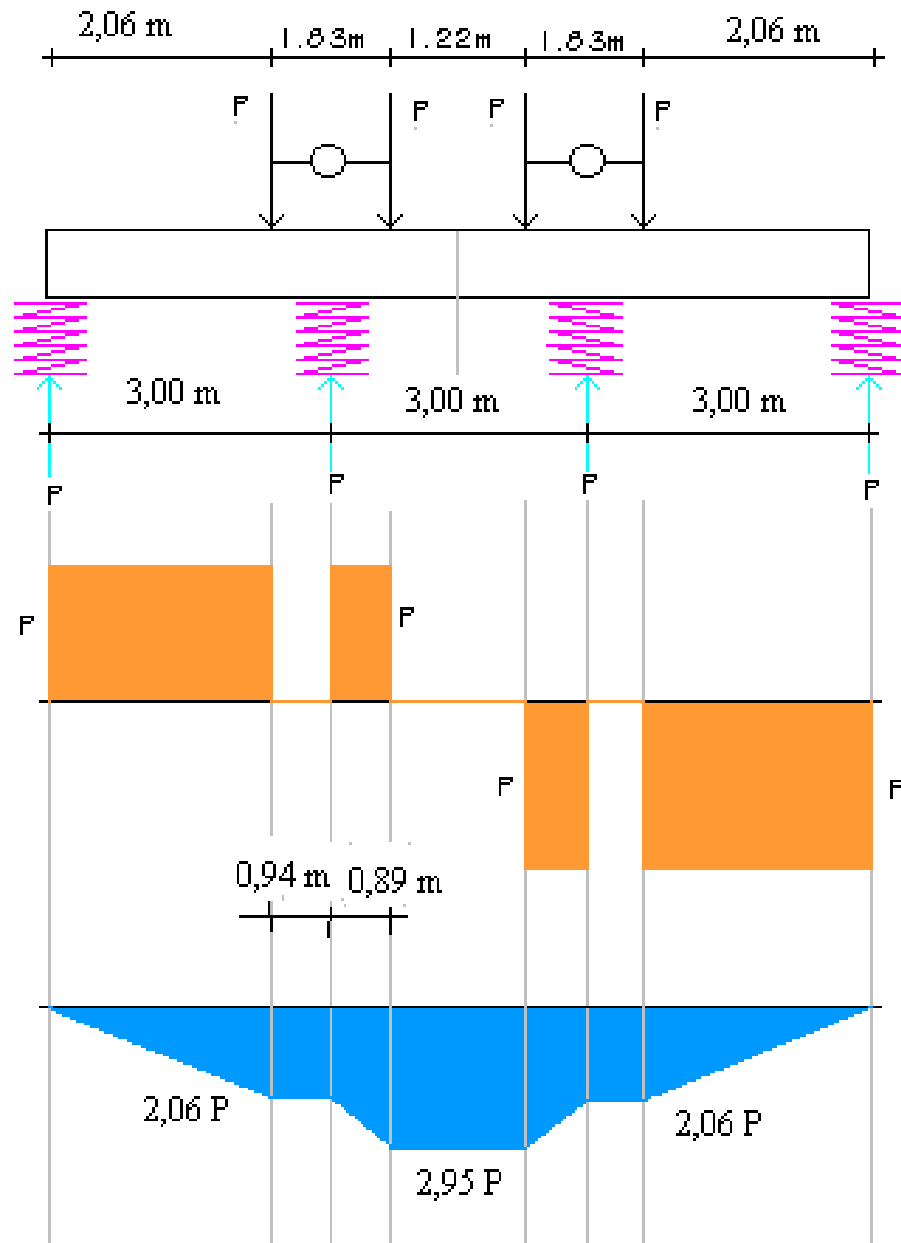
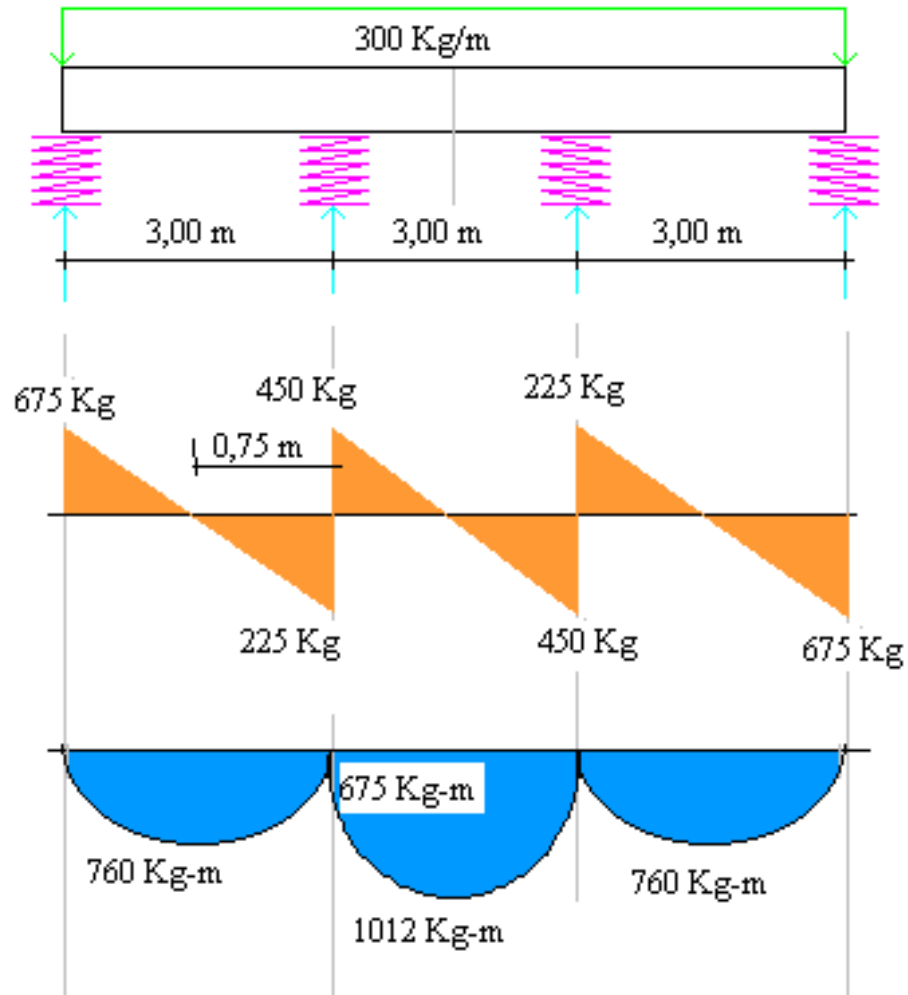


Figura 51. Diagrama de cortes y momentos por cargas variables  
Fuente: Chirino (2012)

$$V_{MAX} = P$$

$$M_{MAX}^{(+)} = 2,95 P$$

Momentos por carga permanente  
 $W = 300 \text{ Kg/m}$



**Figura 52.** Diagrama de cortes y momentos por cargas permanentes  
**Fuente:** Chirino (2012)

## **Solicitaciones máximas**

### **Carga Variable:**

$$M_{CV}^{(+)} = 2,95 P = 2,95 * 7258 \text{ Kg} = 21.411 \text{ Kg} - \text{m}$$

$$M_{CV}^{(-)} = 1,17 P = 1,17 * 7258 \text{ Kg} = 8.492 \text{ Kg} - \text{m}$$

$$V_{CV} = P$$

$$V_{CV} = 7.258 \text{ Kg}$$

### **Carga Permanente:**

$$M_{CP(+)} = 1.012 \text{ Kg} - \text{m}$$

$$V_{CP} = 675 \text{ Kg}$$

### **Corte de diseño :**

$$V = V_{CP} + 3,09 * V_{CV}$$

$$V = 675 \text{ Kg} + 3,09 * 7.258 \text{ Kg}$$

$$V = 23.094 \text{ Kg}$$

### **Momento de diseño:**

$$M = M_{CP} + 3,09 * M_{CV}$$

$$M^{(+)} = 1.012 + 3,09 * 21.411$$

$$M^{(+)} = 67.172 \text{ Kg} - \text{m}$$

$$M^{(-)} = 1.012 - 3,09 * 8.492$$

$$M^{(-)} = -25.228 \text{ Kg} - \text{m}$$

Los separadores internos serán armaduras, el momento flector determinado será resistido por un par T=C. La altura de los separadores internos será similar al de las vigas en el alma en el tramo central, es decir,  $H_s = 2,00$  m.

$$T = C = \frac{67.172 \text{ Kg-m}}{2,00 \text{ m}} = 33.586 \text{ Kg}$$

Miembro en compresión,  $L=300$  cm.:

$$\frac{K*L}{r} = \frac{1*300 \text{ cm}}{3,04 \text{ cm}} = 99$$

$$F_{adm} = 928 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A_{req} = \frac{33.586 \text{ Kg}}{928 \text{ Kg/cm}^2} = 36,19 \text{ cm}^2$$

Seleccionamos: 2L100\*10\*100 resulta un área de:

$$A = 2*19,20 \text{ cm}^2 = 38,20 \text{ cm}^2 > A_{req} \quad O.K.$$

## SEPARADORES INTERNOS

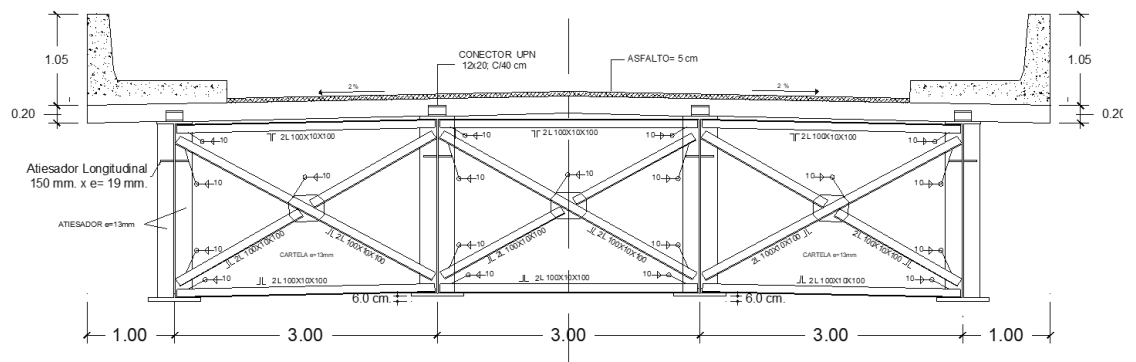
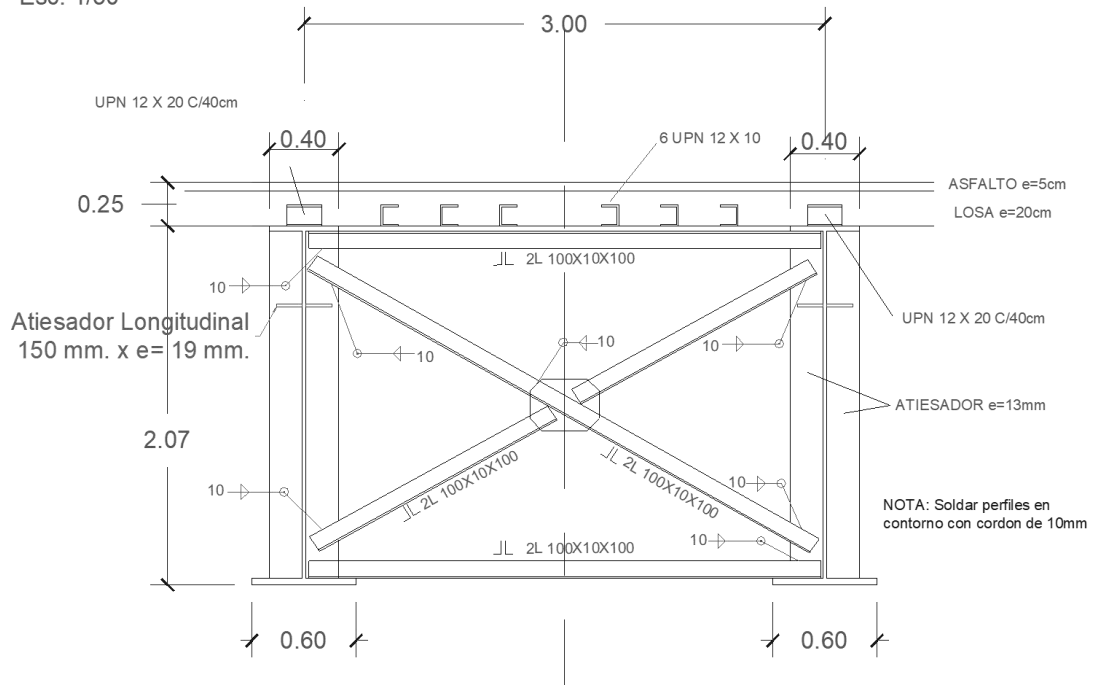


Figura 53. Separadores internos  
Fuente: Avendaño (2012).



SECCION SEPARADOR INTERNO

Esc: 1/50



**Figura 54.** Sección de Separador Interno  
**Fuente:** Avendaño (2012).

**Estribos:**

El estudio de suelos recomienda apoyar los estribos directamente en el suelo conformado a 2,50m de profundidad. Allí la capacidad de carga admisible es de 2.50 Kg./cm<sup>2</sup>.

Para prevenir la socavación se recomienda fundar a 2,50 m por debajo del lecho del cauce del río.

**Las bases de los estribos se fundarán en la cota 560,269 del levantamiento topográfico.**

**La dimensión de las bases de los estribos corresponden a 71,11% de la altura.**

$$B = 0,711 * 9,00 \text{ m} = 6,40 \text{ m}$$

**El espesor de las bases de los estribos será de 110 cm.**

**El ancho mínimo para apoyo de vigas (a), recomendado por la norma para diseño sismorresistente de puentes es:**

$$a > 40 + \frac{1}{4} * L + H = 40 + \frac{1}{4} * 40 + 9 = 59 \text{ cm.}$$

**Sin embargo se colocará un acho de apoyo de vigas con la siguiente dimensión:**

$$a = 65 \text{ cm.}$$

**El ancho de apoyo de vigas de 0,65 m se incrementa hasta 0,95 m en la base.**

**Carga Muerta (superestructura):**

$$W_{cm} = 22,15 \text{ ton/m}$$

**Carga Viva (superestructura):**

$$W_{cv} = 9,85 \text{ ton/m}$$

**Fuerza sísmica total a nivel de apoyos de vigas:**

$$F_{st} = 3,90 \text{ ton/m}$$

**Se realizó el procesamiento del estribo considerando siete casos de carga, los resultados de carga vertical y momento sobre la base se indican en la siguiente tabla, los factores de seguridad al deslizamiento y al volcamiento resultaron satisfactorios.**

**Casos analizados:**

**Caso 1: Relleno compactado detrás del fuste**

**Caso 2: Carga muerta sobre estribo**

**Caso 3: Carga muerta sobre estribo + carga viva sobre relleno**

Caso 4: Carga muerta + carga viva máxima en estribo

Caso 5: Carga muerta + carga viva mínima en estribo

Caso 6: Sismo Horizontal – Sismo Vertical

Caso 7: Sismo Horizontal + Sismo Vertical

**$X_r = \text{posición de la resultante} = M_o / R_v$**

**$R_v = \text{carga vertical según el caso de carga analizado}$**

**$M_o = \text{momento respecto al extremo puntero de la base.}$**

**Excentricidad:  $E = B/2 - X_r$**

**$B = \text{ancho de la zapata}$**

**$A = \text{Ancho estribo}$**



Empujes de Tierra:

Se considera el relleno actuando como un líquido, bajo condición activa.

Sobrecarga = 0,60 m de relleno equivalente.

**Empuje activo:**

La presión estática que se consideró es la activa y la misma genera un empuje total  $E_a$ , aplicado en el tercio inferior de la altura:

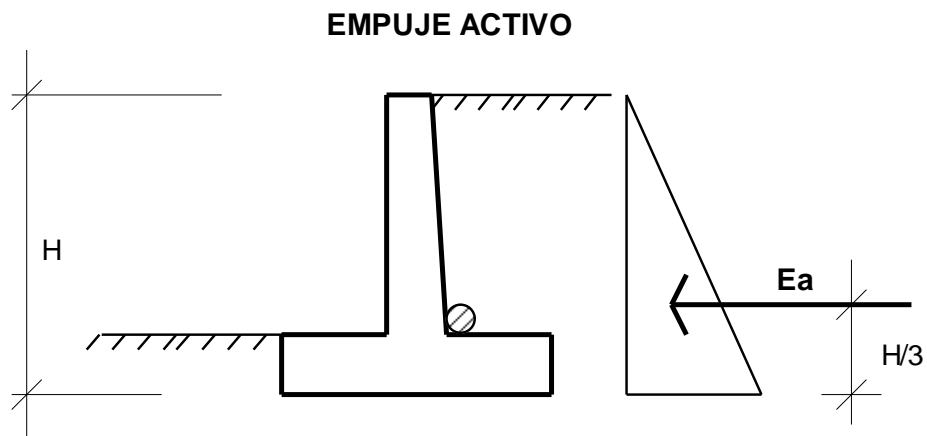
$$E_a = K_a \left( \frac{1}{2} \gamma H^2 \right)$$

Donde:

$K_a$  = Coeficiente de presión activo.

$\gamma$  = Peso unitario del suelo compactado.

$H$  = Altura total del muro.



**Figura 56.** Empuje Activo  
**Fuente:** Avendaño (2012).

**La presión activa obtenida mediante la teoría de Coulomb en suelos granulares:**

$$K_a = \frac{\cos^2(\phi - \beta)}{\cos^2 \beta \cdot \cos(\delta + \beta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - i)}{\cos(\delta + \beta) \cdot \cos(\beta - i)}} \right]^2}$$

Donde:

**$K_a$**  = Coeficiente de presión activa.

$\phi$  = Angulo de fricción interno del material

$\delta$  = Angulo de fricción suelo- muro

$\beta$  = Angulo de la cara interna del muro con la vertical

$i$  = Angulo del relleno con la horizontal

Incremento del Empuje Dinámico Activo ( $\Delta E_{Da}$ ), caso de sismo:

El Incremento del Empuje Dinámico Activo se aplica a 2/3 de la altura, medido desde la base, y se determina mediante la siguiente expresión:

$$\Delta E_{Da} = \left( \frac{1}{2} \gamma H^2 \right) (K_{as} - K_a) (1 - C_{sv})$$

$$K_{as} = \frac{\cos^2(\phi - \theta - \beta)}{\cos \theta \cdot \cos^2 \beta \cdot \cos(\delta + \beta + \theta)} \left[ 1 + \frac{\left[ \frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \theta - i)}{\cos(\delta + \beta + \theta) \cdot \cos(i - \beta)} \right]^2}{\cos(\delta + \beta + \theta) \cdot \cos(i - \beta)} \right]^2$$

Donde:

**K<sub>as</sub>** = Coeficiente de presión dinámica activa.

**K<sub>a</sub>** = Coeficiente de presión activo.

$\phi$  = Angulo de fricción interno del material.

$\delta$  = Angulo de fricción suelo- muro.

$\beta$  = Angulo de la cara interna del muro con la vertical.

$i$  = Angulo del relleno con la horizontal.

$\theta$  = **arcotan [Csh / (1-Csv)]**

**Csh** = Coeficiente sísmico horizontal = 0,5 Ao = 0,15

**Csv** = Coeficiente sísmico vertical = 0,01

**Ao** = Aceleración del suelo según el mapa de zonificación sísmica de Venezuela, zona III, Ao = 0,30 g

Esta expresión se conoce como la fórmula de Mononobe –Okabe.

### Empuje Activo + Incremento Dinámico del Empuje Activo

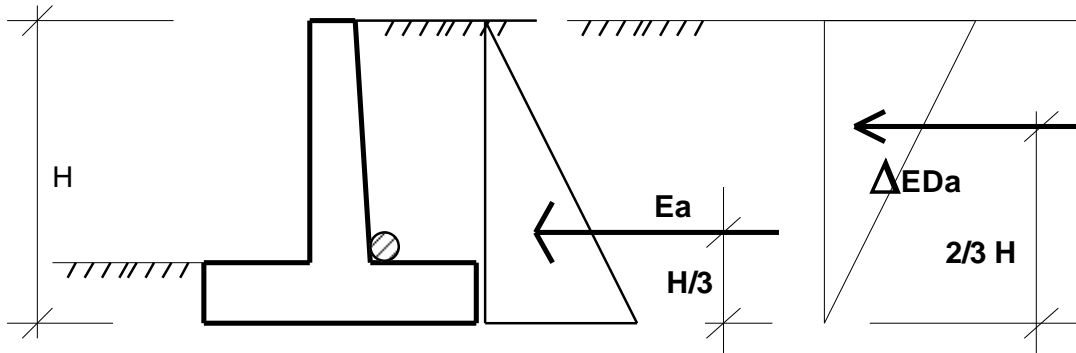


Figura 57. Empuje Activo + incremento dinámico del empuje activo.  
Fuente: Avendaño (2012).

**Carga última: todos los empujes se mayoran por 1,7**

$$U = 1,6 * (Ea)$$

**Cálculo del Acero:**

**d = altura útil = espesor – 5 cm**

**b = ancho comprimido = 100 cm**

**Corte del concreto:  $V_c = 0,53 (\sqrt{f'c}) b d$**

**Se consideran dos casos de carga:**

- **Sismo + Empuje Lateral Activo**
- **Empuje Lateral Activo + Sobrecarga**

**Los factores de seguridad para volcamiento y deslizamiento resultantes son superiores a 1,5 aceptables en todo caso.**



### **Diseño Tacos Antisísmicos:**

Los bloques de cortante se colocan para retener el movimiento transversal de la superestructura, se pueden vaciar después de colocadas las vigas.

Se diseñan para soportar una fuerza cortante originada por la aceleración máxima del suelo  $A_0$ , que para zona V es de:  $A_0 = 0,30 g$  (Propuesta de norma para diseño sismorresistente de puentes)

$F_{sh}$  = fuerza sísmica horizontal =  $A_0 * \text{Peso Estructura}$

Peso del tablero de 40 m total = 464.000 Kg.

### **Tacos en los Estribo:**

#### **Peso del tablero en el Estribo:**

Peso = 232.000 Kg.

$F_{sh} = 0,30 * 232.000 \text{ Kg.} = 69.600 \text{ Kg.}$

Área de Acero requerido =  $F_{sh} / (0,50 * F_y)$

Área de Acero requerido =  $69.600 / (0,50 * 4200) = 33,14 \text{ cm}^2$ .

### **Diseño de los Aparatos de apoyo:**

Neoprene DUREZA 60.

Reacción de carga permanente por aparato de apoyo:

Total carga permanente **R<sub>cp</sub> = 60.900**  
Kg.

Reacción de carga variable por aparato de apoyo:

Total carga variable

R cv = 48.732

Kg.

Reacción total = 109.632 Kg

Ancho aparato de apoyo = 60 cm – 10 cm = 50 cm

Largo aparato de apoyo =  $109.632 \text{ Kg} / ( 56 \text{ Kg/cm}^2 * 50 \text{ cm} ) = 39,15 \text{ cm}$

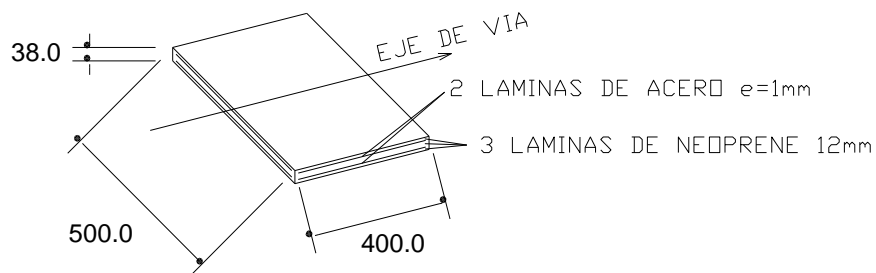
Largo aparato de apoyo =  $60.900 \text{ Kg} / ( 35 \text{ Kg/cm}^2 * 50 \text{ cm} ) = 34,80 \text{ cm}$

Largo aparato de apoyo = 40 cm

**DIMENSIONES APARATO DE APOYO: 50 cm \* 40 cm \* 3,80 cm**

## DETALLE NEOPRENE

Esc: S/E



NEOPRENE DUREZA 60  
(50cmX40cmX3,8cm)

**Figura 58.** Detalle Neoprene  
**Fuente:** Avendaño (2012).

### Recomendaciones Hidráulicas para el nuevo puente

El estudio hidráulico recomendó por condiciones hidráulicas del sitio de ponteadero colocar un puente de 40 m de luz, fundado a 2,50m de profundidad con relación al lecho del cauce.

## Recomendaciones Geotécnicas para el nuevo puente

El estudio de suelos recomendó por condiciones del subsuelo en el sitio de ponteadero fundar los estribos directamente sobre zapatas rectangulares utilizando en su diseño una capacidad de carga máxima de 2,5 Kg/cm<sup>2</sup>, la profundidad de fundación mínima será de 2,50 m por debajo de la superficie final conformada del terreno.

Como en el estudio de suelos no hay sugerencias para la determinación de los empujes de tierra, el proyectista asumió los siguientes parámetros para el diseño de estribos, aletas y muros.

### MATERIALES DEL MURO Y CARACTERISTICAS DEL SUELO:

Concreto	$f'c$	=	250 Kg/cm <sup>2</sup>
Acero de refuerzo	$f_y$	=	4200 Kg/cm <sup>2</sup>
Angulo de reposo del suelo	$f_i$	=	32.00 °
Peso especifico del relleno	$P_r$	=	1.92 ton/m <sup>3</sup>
Resistencia del suelo	$q$	=	25.00 ton/m <sup>2</sup>
Coefficiente fricción suelo-base		=	0.50

En caso de no indicarse en los estudios de suelos el peso específico del material de relleno, la norma AASHTO sugiere utilizar para el diseño de los muros de contención 1920 Kg/m<sup>3</sup>, valor empleado en el diseño de estas estructuras, valor aceptable para el tipo de material observado por el proyectista en el sitio de ponteadero.

Análisis y Diseño de los estribos en base a la propuesta geotécnica del proyectista:

=====

=

CALCULO DE ESTRIBOS DE CONCRETO ARMADO

=====

=

Archivo de datos: ESTABAY  
Obra: ESTRIBOS PUENTE LOS LLANITOS  
Calculado por: KARINA AVENDAÑO

-----

-

GEOMETRIA, MATERIALES, SUELO, CARGAS Y COEFICIENTES SISMICOS

-----

-

GEOMETRIA DE LA SECCION TRANSVERSAL:

Altura total H = 9.00 m  
Ancho de la base B = 6.40 m  
Altura de viga Hv= 1.54 m  
Espesor de la zapata T = 1.10 m  
Espesor muro en base C = 0.90 m  
Base exterior Be= 2.05 m  
Espesor del murete e = 0.30 m  
Profundidad del diente Ho= 0.00 m

MATERIALES DEL MURO Y CARACTERISTICAS DEL SUELO:

Concreto f'c= 250 Kg/cm<sup>2</sup>  
Acero de refuerzo fy= 4200 Kg/cm<sup>2</sup>  
Angulo de reposo del suelo fi= 32.00°  
Peso especifico del relleno Pr= 1.92 ton/m<sup>3</sup>  
Resistencia del suelo q= 25.00 ton/m<sup>2</sup>  
Coeficiente fricción suelo-base = 0.50

CARGAS SOBRE EL ESTRIBO

Carga muerta Cm = 20.80 ton/m  
Carga viva máxima Cv max.= 12.12 ton/m  
Carga viva mínima Cv min.= 0.00 T/m  
Carga sísmica H Csism. = 5.66 T/m

COEFICIENTES SISMICOS

Sismo horizontal Kh= 18.00 %  
Sismo vertical Kv= 1.00 %

VOLUMEN DE CONCRETO POR METRO : 12.52 m<sup>3</sup>/m

-----

FACTORES DE SEGURIDAD, ACEROS EN ZAPATA Y EN PANTALLA

-----

FACTORES SEGURIDAD:	Volc.	Desl.
Relleno compactado	3.05	1.14
Cm sobre estribo	5.35	2.19
Cm estribo + Cv relleno	4.68	2.00
Cm + Cv máxima estribo	5.01	2.22
Cm + Cv mínima estribo	4.68	2.00
Sismo H + Sismo V	2.26	1.40
Sismo H - Sismo V	2.28	1.40

ACERO ZAPATA (cm<sup>2</sup>/m):

CASO DE CARGA	SUPERIOR	INFERIOR
Relleno compactado	-18.66	10.48
Cm sobre estribo	-7.65	11.33
Cm estribo + Cv relleno	-10.55	12.39
Cm + Cv máxima estribo	-8.88	14.52
Cm + Cv mínima estribo	-10.55	12.39
Sismo H + Sismo V	-28.85	14.59
Sismo H - Sismo V	-28.50	14.80

ACERO EN LA PANTALLA (y medida desde el tope del muro):

y(m)	t(m)	Mu/fi(t-m)	As min(cm <sup>2</sup> )	As cal(cm <sup>2</sup> )
1.54	0.30	1.471	5.40	1.41
2.30	0.65	8.126	11.70	3.38
3.42	0.70	22.791	12.60	8.80
4.54	0.75	44.444	13.50	16.05
5.66	0.80	75.374	14.40	25.65
6.78	0.85	117.870	15.30	38.06
7.90	0.90	174.220	16.20	53.74

-----

RESULTANTES SOBRE LA BASE PARA CADA CASO DE CARGA

-----

RESULTANTES SOBRE LA BASE

PARA CADA CASO DE CARGA (y medida desde el tope del muro)

Caso	y (m)	Carga Vertical (ton)	Empuje (ton/m)	Momento (ton-m)
1	1.54	83.62	36.553	-225.20
2	2.30	104.42	23.892	-312.02
3	3.42	108.33	27.078	-316.10
4	4.54	120.45	27.078	-344.56
5	5.66	108.33	27.078	-316.10
6	6.78	103.37	38.426	-212.09
7	7.90	105.46	38.984	-217.69

## **Planteamiento Geométrico (Planimetría) Entrada y Salida del Puente.**

Para el llevar a cabo el desarrollo del planteamiento geométrico (planimetría), de entrada y salida del puente propuesto, se definieron las características y el diseño geométrico de la vía alterna propuesta. Para ello fue necesario el uso de la topografía porque a través de la misma se realizó el diseño geométrico el cual está constituido por tres curvas circulares simples, de las cuales dos curvas que encontraremos en comunicación con la T-007, en la entrada al puente propuesto como vía alterna, y la tercera curva está ubicada en la salida del puente propuesto como vía alterna el cual queda en comunicación con la vía de la Vega de San Antonio.

El diseño geométrico tiene las siguientes características: Para el diseño geométrico de la vialidad se debe tener presente que qué tipo de carretera es con la que nos encontramos, y es por ello que después de todos los estudios previos sabemos que nuestro proyecto se va a basar en:

En cuanto a la Carretera y el nivel de importancia, es una Ramal, o también conocida como caminos secundarios, intercomunican centros poblados de menor importancia y proveen el acceso de ésta a las carreteras principales. Cumplen una función de gran importancia en el sistema vial de país; la de alimentar y distribuir el tráfico que circula por las carreteras troncales. Ya que va a aliviar el tráfico de la carretera trasandina de troncal T-007, evitando que quienes las circulen tengan que bordear las inmediaciones para llegar a su destino.

Por su competencia carreteras vecinales: Son aquellas carreteras que conecta poblaciones pequeñas, este diseño servirá para conectar con carreteras vecinales.

En cuanto a sus características es de una vía doble, una vía doble de 2 carriles, uno de ida y otro de vuelta, solo puede ser adaptada para el paso vehicular de 2 carriles, y el paso peatonal.

Para la Pendiente, debido a que es una zona montañosa y que en general el agua que tenga que recorrer longitudinalmente la vía el ancho y largo de la vía tomamos como parámetros los siguientes valores.

- **Pendiente Máxima:** Es de 14% con una velocidad de Proyecto de 60(Km/h)
- **Pendientes Mínimas:** Es de 0,05% solo en las zonas casi horizontales en su totalidad.

Existen partes de estas etapas que se logran con el auxilio de la Topografía, las cuales son:

- a) Estudio de las rutas    b) Estudio del trazado    c) Anteproyecto  
d) Proyecto.

- El **Estudio de las rutas** es el proceso preliminar de acopio de datos y reconocimiento de campo, hecho con la finalidad de seleccionar la faja de estudio que reúna las condiciones óptimas para el desenvolvimiento del trazado. En esta etapa se obtiene información, se elaboran croquis, se efectúan los reconocimientos preliminares y se evalúan las rutas.
- El **Estudio del trazado** consiste en reconocer minuciosamente en el campo cada una de las rutas seleccionadas. Así se obtiene información adicional sobre los tributos que ofrecen cada una de estas rutas y se localizan en ellas la línea a las líneas correspondientes a posibles trazados en la carretera.

Todo esto podemos resumirlo en:

- **Curva Horizontal:** Para el diseño geométrico de una curva horizontal o perfil de planta se debe tomar en cuenta la velocidad directriz de diseño esto se toma de la importancia y el tipo de vía que será. Es decir, que si es una vía principal esta será diseñada para una velocidad mayor a 60 Kilómetros por hora.

- **Curva Horizontal Simple:** las curvas circulares simples son el tipo de curva horizontal más usado. Se definen como arcos de circunferencia de un solo radio que son utilizados para unir dos alineamientos de una vía.

El diseño geométrico vial que servirá de enlace para el correcto y fluido tránsito vehicular y peatonal para complementar el diseño de un puente carretero como vía alterna para la Troncal 7 (T-007), progresiva 341+700 y la progresiva 0+000 del Sector la Vega de San Antonio del Sector los Llanitos de Tabay del Estado Mérida será observado en el Anexo 8.y sus cálculos se presentan a continuación.

### **Cálculo de los Elementos de las Curvas Circulares Simples**

Formula para el cálculo de la subtangente

$$T = R_c \times Tg(\Delta/2)$$

$$R_c \geq 200 \text{ m}$$

#### **Subtangente Curva - 1**

$$T_1 = R_c \times Tg(\Delta/2)$$

$$T_1 = 200 \times Tg(108^\circ 55' / 2)$$

$$T_1 = 200 \times Tg(54^\circ 27' 30")$$

$$T_1 = 279.958 \sim 280 \text{ m}$$

#### **Subtangente Curva - 2**

$$T_2 = R_c \times Tg(\Delta/2)$$

$$T_2 = 250 \times Tg(71^\circ 05" / 2)$$

$$T_2 = 250 \times Tg(35^\circ 32' 30")$$

$$T_2 = 178,59 \text{ m}$$



### Subtangente Curva - 3

$$T_3 = R_c \times Tg(\Delta/2)$$

$$T_3 = R_c \times Tg(26^\circ 26' 30''/2)$$

$$T_3 = 300 \times Tg(13^\circ 13' 17'')$$

$$T_3 = 70,483 \text{ m}$$

### Formula para el cálculo de la externa

$$E = R_c \times Sec(\Delta/2 - 1)$$

### Externa Curva - 1

$$E_1 = R_c \times Sec(\Delta/2 - 1)$$

$$E_1 = 200 \times Sec(108^\circ 55'/2 - 1)$$

$$E_1 = 200 \times Sec(54^\circ 27' 30'' - 1)$$

$$E_1 = 200 \times 0.720$$

$$E_1 = 144 \text{ m}$$

### Externa Curva - 2

$$E_2 = R_c \times Sec(\Delta/2 - 1)$$

$$E_2 = 250 \times Sec(71^\circ 05''/2 - 1)$$

$$E_2 = 250 \times Sec(35^\circ 32' 30'' - 1)$$

$$E_2 = 250 \times 0.228$$

$$E_2 = 57,24 \text{ m}$$

### Externa Curva - 3

$$E_3 = R_c \times Sec(\Delta/2 - 1)$$

$$E_3 = 300 \times Sec(26^\circ 26' 34''/2 - 1)$$

$$E_3 = 300 \times Sec(13^\circ 13' 17'' - 1)$$

$$E_3 = 300 \times 0.027$$

$$E_3 = 8,16 \text{ m}$$

### Formula para el cálculo de la Ordenada Media

$$M = R_c \times (1 - \text{Cos} (\Delta/2))$$

#### Ordenada Media Curva – 1

$$M = R_c \times (1 - \text{Cos} (\Delta/2))$$

$$M_1 = R_c \times (1 - \text{Cos} (108^\circ 55' / 2))$$

$$M_1 = 200 \times (1 - \text{Cos} (54^\circ 27' 30"))$$

$$M_1 = 83.74 \text{ m}$$

#### Ordenada Media Curva – 2

$$M_2 = R_c \times (1 - \text{Cos} (\Delta/2))$$

$$M_2 = 250 \times (1 - \text{Cos} (71^\circ 05" / 2))$$

$$M_2 = 250 \times (1 - \text{Cos} (35^\circ 32' 30"))$$

$$M_2 = 46,576 \text{ m}$$

#### Ordenada Media Curva – 3

$$M_3 = R_c \times (1 - \text{Cos} (\Delta/2))$$

$$M_3 = 300 \times (1 - \text{Cos} (26^\circ 26' 34" / 2))$$

$$M_3 = 300 \times (1 - \text{Cos} (13^\circ 13' 17"))$$

$$M_3 = 7,951 \text{ m}$$

### Formula Para Calcular la Cuerda Larga

$$C_L = 2R_C \times \text{Sen} (\Delta/2)$$

#### Cuerda Larga de la Curva I

$$C_{L1} = 2R_C \times \text{Sen} (\Delta/2)$$

$$C_{L1} = 2 \times 200 \times \text{Sen} (108^\circ 55' / 2)$$

$$C_{L1} = 2 \times 200 \times \text{Sen} (54^\circ 27' 30")$$

$$C_{L1} = 325,46 \text{ m}$$

#### Cuerda Larga de la Curva II

$$C_{L2} = 2R_C \times \text{Sen} (\Delta/2)$$

$$C_{L2} = 2 \times 250 \times \text{Sen} (71^\circ 05" / 2)$$

$$C_{L2} = 2 \times 250 \times \text{Sen} (35^\circ 32' 30")$$

$$C_{L2} = 290,647 \text{ m}$$

#### Cuerda Larga de la Curva III

$$C_{L3} = 2R_C \times \text{Sen} (\Delta/2)$$

$$C_{L3} = 2 \times 300 \times \text{Sen} (26^\circ 26' 34" / 2)$$

$$C_{L3} = 2 \times 300 \times \text{Sen} (26^\circ 26' 34" / 2)$$

$$C_{L3} = 137,228 \text{ m}$$

### Formula para Calcular la Longitud de la Curva

$$L_C = \frac{\pi \times RC \times \Delta}{180^\circ}$$

#### Longitud de la Curva de la Curva – 1

$$L_{C1} = \frac{\pi \times RC \times \Delta}{180^\circ}$$

$$L_{C1} = \frac{\pi \times 200 \times 108^\circ 55' }{180^\circ}$$

$$Lc_1 = 380,191 \text{ m}$$

### Longitud de la Curva de la Curva – 2

$$Lc_2 = \frac{\pi \times RC \times \Delta}{180}$$

$$Lc_2 = \frac{\pi \times 250 \times 71^{\circ}05''}{180^{\circ}}$$

$$Lc_2 = 310,159 \text{ m}$$

### Longitud de la Curva de la Curva – 3

$$Lc_3 = \frac{\pi \times RC \times \Delta}{180}$$

$$Lc_3 = \frac{\pi \times 300 \times 26^{\circ}26'34''}{180^{\circ}}$$

$$Lc_3 = 138,454 \text{ m}$$

**Tabla 22.** Resumen de los Elementos de las Curvas Circulares Simples.

Elemento	Curva 1	Curva 2	Curva 3
Subtangente ( <i>T</i> )	$T_1 = 280 \text{ m}$	$T_2 = 178,59 \text{ m}$	$T_3 = 70,483 \text{ m}$
Externa ( <i>E</i> )	$E_1 = 144 \text{ m}$	$E_2 = 57,24 \text{ m}$	$E_3 = 8,16 \text{ m}$
Ordenada Media ( <i>M</i> )	$M_1 = 83,74 \text{ m}$	$M_2 = 46,576 \text{ m}$	$M_3 = 7,951 \text{ m}$
Cuerda Larga ( <i>C<sub>L</sub></i> )	$C_{L1} = 325,46 \text{ m}$	$C_{L2} = 290,647 \text{ m}$	$C_{L3} = 137,228 \text{ m}$
Longitud de la Cuerda( <i>Lc</i> )	$Lc_1 = 380,191 \text{ m}$	$Lc_2 = 310,159 \text{ m}$	

**Fuente:** Avendaño 2011.

A continuación se presenta un presupuesto estimado del costo de la ejecución del Puente Carretero como vía Alternativa para la Troncal T-007, Progresiva 341+700 del Sector Los Llanitos de Tabay del Municipio Santos Marquina y la Progresiva 0+000 del Sector la Vega de San Antonio del Municipio Libertador del Estado Mérida.

**PRESUPUESTO**

**Fecha:** 18 /01/2012

**Hoja:** 1/1

**OBRA:** PUENTE CARRETERO COMO VÍA ALTERNA PARA LA TRONCAL 007, PROGRESIVA 341+700 DEL SECTOR LOS LLANITOS DE TABAY DEL MUNICIPIO SANTOS MARQUINA Y LA PROGRESIVA 0+000 DEL SECTOR LA VEGA DE SAN ANTONIO DEL MUNICIPIO LIBERTADOR DEL ESTADO MÉRIDA

<b>PARTIDA Nº</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P.U.</b>	<b>TOTAL</b>
<b>1</b>	EXCAVACIÓN PARA ESTRUCTURAS PARA PUENTES, PONTONES Y VIADUCTOS, DE CUALQUIER PROFUNDIDAD, CON EMPLEO DE EQUIPO RETROEXCAVADOR, APILAMIENTO Y/O BOTE TRANSPORTE HASTA 200M DE DISTANCIA INCLUYE PERFILAMIENTO A MANO.	m <sup>3</sup>	1188	987,40	1173031,20
<b>2</b>	COMPACTACIÓN DE RELLENO PARA PUENTES Y PONTONES CON APISONADORES DE PERCUSIÓN.	m <sup>3</sup>	992,202	107,15	106341,44
<b>3</b>	ENCOFRADO DE MADERA TIPO RECTO, ACABADO CORRIENTE EN PILAS COLUMNAS ESTRIBOS PARA PUENTES (1 PULG + 3 PULG/ 4 USOS * 1.10).	m <sup>2</sup>	198	492.95	97604,10
<b>4</b>	CONCRETO FC 28 =250 K/M2 A LOS 28 DÍAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ESTRIBOS EN PUENTES. INCLUYE TRANSPORTE DE CEMENTO Y AGREGADOS HASTA 50 KM. EXCLUYE EL REFUERZO METÁLICO.	m <sup>3</sup>	195,08	3,338,72	651317,50
<b>5</b>	CONCRETO FC 28 =250 K/M2 A LOS 28 DÍAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BARANDAS EN PUENTES. INCLUYE TRANSPORTE DE CEMENTO Y AGREGADOS HASTA 50 KM.	m <sup>3</sup>	16,8	4.104,75	68959,80
<b>6</b>	CONCRETO FC 28 =250 K/M2 A LOS 28 DÍAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ACERAS Y BROCALES EN PUENTES. INCLUYE TRANSPORTE DE CEMENTO Y AGREGADOS HASTA 50 KM.	m <sup>3</sup>	14,4	3.861,33	55603,15
<b>7</b>	CONCRETO FC 28 =250 K/M2 A LOS 28 DÍAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LOSA DE ACCESO EN PUENTES. INCLUYE TRANSPORTE DE CEMENTO Y AGREGADOS HASTA 50 KM.	m <sup>3</sup>	88	2.818,87	248060,56
<b>8</b>	MATERIAL ASFÁLTICO DE PENETRACIÓN 60 - 70 (A-20), PARA BASE ASFÁLTICA EN CALIENTE SIN INCLUIR EL TRANSPORTE.	ton/km	1021,2	455,91	465575,30
<b>9</b>	SUMINISTRO, TRASPORTE, PREPARACIÓN Y COLOCACIÓN DE ACERO EN VIGAS Y SEPARADORES CORRESPONDIENTE A PONTONES PUENTES Y VIADUCTOS.	kg	296432,5	10.52	3118469,90
<b>10</b>	SUMINISTRO, TRASPORTE, PREPARACIÓN Y COLOCACIÓN DE ACERO DE REFUERZO RAT = 2100 KG / CM2, USANDO CABILLAS DE DIÁMETRO IGUAL O SUPERIOR A 5/8", PARA EL CONCRETO ARMADO CORRESPONDIENTE A PONTONES PUENTES Y VIADUCTOS.	kg	422000	10,93	4612460,00
<b>TOTAL BS.F</b>					<b>10597422,95</b>

### **Factibilidad de la Propuesta**

Finalmente, de acuerdo con los resultados obtenidos del cálculo propuesto, se observó y se chequeo que el diseño es factible y aplicable, a esta zona en estudio, ya que soporta las cargas y presentan seguridad al deslizamiento y al volamiento en el caso de los estribos, siendo estos de confiabilidad, puesto que fue comprobado con sus cálculos matemáticos.

### **Factibilidad Económica**

La implantación del puente vehicular en la vía del Sector los Llanitos de Tabay troncal T-007 con la Vega de San Antonio del Sector los Llanitos de Tabay del Estado Mérida permitirá mejorar la circulación del transporte vehicular y peatonal, obteniendo a su vez mayores beneficios como: menos desgaste de los vehículos, mejoras en la relación tiempo/distancia, mejoras en la comercialización de los productos agrícolas y artesanales de la zona. Además de ello se pueden adquirir materiales cerca del lugar, los materiales empleados para la implantación del mismo lo hacen una obra de mayor y fácil ejecución en cuanto al rendimiento.

### **Factibilidad Técnica de la Propuesta**

La construcción del muro de contención habiendo realizado un buen diseño no representa dificultad para su construcción, porque se puede adquirir los materiales en el sitio y/o en las diferentes casas comerciales cercanas a la zona, de igual modo, el equipo o maquinaria a utilizar se encuentra a disposición de las empresas contratistas.

### **Factibilidad Social de la Propuesta**

La construcción del puente carretero como vial alterna para la Troncal 7 (T-007), progresiva 341+700 y la progresiva 0+000 del Sector la Vega de San Antonio del Sector los Llanitos de Tabay del Estado Mérida. Asegurara

la transitabilidad vehicular y peatonal en la zona, logrando de esta manera un desempeño eficiente de las actividades económicas del área, a través de una vialidad cuyas condiciones permitan la circulación de los diferentes modos de transporte. Es importante considerar que la mano de obra para la elaboración de la estructura de contención que se generan en la zona incide favorablemente en la generación de empleo en la región.

### **Factibilidad Ambiental de la Propuesta**

Con la construcción de dicho puenteño se generara daño alguno al ambiente, solo se realizaran trabajos de mejoramiento y excavaciones para fundar allí, sin modificar la naturaleza, en todo caso, con la ejecución de este diseño, mejoraría la estética de la zona.

## Conclusiones

Es un hecho real que los puentes son elementos importantes dentro de la ingeniería, destacando que en la presente investigación se demostró que realmente los sectores Llanitos de Tabay y la Vega de San Antonio necesitan la obra vial para garantizar y asegurar el flujo vehicular y el desplazamiento de la población de forma confiable por la vía alterna para la Troncal 7 (T-007), progresiva 341+700 y la progresiva 0+000 del Sector la Vega de San Antonio del Sector los Llanitos de Tabay del Estado Mérida. Siendo así que no solo estos sectores se beneficiaran sino que las comunidades adyacentes que se beneficiaran con el diseño de este puente vehicular, ya que representa una solución adecuada a una de las necesidades más urgentes, proporcionando facilidad de transporte tanto al tráfico vehicular como peatonal, generando así un significativo y constante desarrollo económico en la zona creando además nuevas fuentes de empleo.

Es de importancia hacer mención que para el diseño del puente fue necesario seguir una serie de pasos, entre los cuales se encuentran el levantamiento topográfico, los ensayos de suelo, la consulta de la hidráulica del río existente y tramo salvar, que conllevaron al correcto desarrollo del diseño de la obra vial.

Este puente es de un tamaño considerable y su importancia en el contexto socioeconómico de la zona es de mucha importancia, puesto que cumple con todas las normas para garantizar el flujo vehicular durante todas las épocas del año. Para llevar a cabo este proyecto fue necesario realizar la recolección de diferentes datos que tanto geológicos como hidrológicos que posteriormente permitieron continuar de manera satisfactoria con el estudio de las diferentes cargas y esfuerzos que ser ejercidos sobre la estructura, Valores necesarios para poder llevar a término el cálculo correcto, todo esto siguiendo las normas AASTHO con la finalidad de garantizar la funcionabilidad y durabilidad de esta estructura.



## Recomendaciones

Apoyándose en el análisis y diseño estructural de la superestructura y subestructura se tiene las siguientes recomendaciones.

- Es ineludible que en nuestro país se deben realizar trabajos de evaluación en los puentes, porque es de esta manera se puede comprobar que estas estructuras cumplan sus funciones, así como el grado de deterioro que se pueden presentar, es por esta razón que se recomienda verificar con visitas anuales las estructuras existentes; sin dejar de lado que deberían ser examinados los puentes luego de crecidas o desastres naturales, igual manera se recomienda limpiar o dragar cuerpos que constituyan inconvenientes en el cauce del río, para así evitar alteraciones en el mismo.

- Es de gran importancia que se realicen estudios de los caudales Máximos en el río Chama específicamente en la zona de estudio ya que estos deben llevar un seguimiento mensual, y anual para poder arrojar datos fehacientes, esto debido a que no se tienen referencias que datan del mismo.

- Es conveniente realizar trabajos de mantenimiento de tipo preventivo, porque estos ayudan de manera significativa en las obras de infraestructura, puesto que esto contribuyendo así con la prolongación de la vida útil de las estructuras viales existentes, evitando así que las comunidades procedan por cuenta propia al momento de realizar algún arreglo en las mismas porque realmente no solucionan el problema.

- En el instante de realización de los proyectos de diseño se deberá acoplarse con lo que implantan Normas AASTHO, con el fin de garantizar el correcto funcionamiento de las distintas obras de infraestructura diseñadas.

- Es importante resaltar que realmente este tipo de investigación conduce a la resolución de los problemas que se presentan en las comunidades en general.

## Referencias

### Referencias Bibliográficas

Andueza P. (1999). El Diseño Geométrico de Carreteras Tomo I. Universidad de Los Andes Facultad de Ingeniería. Mérida Venezuela.

Arias (2006), Progreso de investigación introducción a la metodología científica. Editorial Episteme.

Arnal, E. (2000). Lecciones de Puentes. Caracas.

Barrientes, I. (2002) Clasificación de Puentes Madrid. CIMNE.

Carciente J. (1980) Carreteras Estudios y Proyectos. Ediciones Vega.

Constitución de la República Bolivariana de Venezuela. Ediciones Juan Garay. Reedición Actualizada a Marzo 2009.

Grattasat G. (1981). Concepción de Puentes, Tratado General. Barcelona. Editores Técnicos Asociados S.A.

Hurtado y Hernández (2001), Metodología de la Investigación Holística Caracas.

Romero, L. (1970). Mantenimiento de Edificaciones de Instalaciones Militares. Caracas- Venezuela. Oficina Técnica del Ministerio de la Defensa.

Sampieri (2004), Metodología de la Investigación. McGraw-Hill/interamericana editores. S.A DE C.V.

## Referencias No Bibliográficas

Chinchilla, Mejía y Ramírez (2008), Análisis Y Diseño Estructural De Subestructuras Para Puentes De Claros Cortos Según Normas AASHTO.

Ampliación puente Mucunutan municipio Santos Marquina Estado Mérida (2007) Estudio Geotécnico para diseño de fundaciones.

González (2003), Diseño de Puente Vehicular para la Aldea los Cerritos y Sistema de Abastecimiento de Agua Potable para la Aldea Tres Puentes, del Municipio de Sansare, El Progreso.

Guerrero. (2011). Propuesta de una Estructura Vial en la Troncal (T-012) Progresiva 125+000, Caño Cachama. Municipio Atures del Estado Amazonas.

Laguado M. (2009). Estudio de Susceptibilidad ante Movimientos en Masa en la Poligonal Urbana del Municipio Santos Marquina, Estado Mérida.

Ley de Aguas (2004) Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 38.595, (Noviembre 02, 2004).

Ley Orgánica del Ambiente (Abril 2009). Gaceta Oficial de la República de Venezuela No. 4.358.

Lobo W. (1987), Norma Venezolana para el Diseño de Sismoresistencia de Puentes (Propuesta). Ministerio de Transporte y Comunicaciones, Dirección General de Vialidad Terrestre.

Lobo W. Los Puentes en Venezuela. La Universidad Siempre. Junio (2005); 4b.

Manual de Diseño de Puentes. (2003) Ministerio de Transportes (MTC) y Comunicaciones Dirección General de Caminos y Ferrocarriles de Lima.

Naranjo M. (2002). Valoración Económica del Agua de Cuencas Altas Aplicando el Método de DELFHI. Estudio de Caso Cuenca Alta del Río Chama, Estado Mérida, Venezuela.

Normas AASHTO LRFD (2005).

Quijada (2007), Diseño de Puente Colgante Aldea Pueblo Nuevo y Red de Alcantarillado Sanitario para la Aldea Tizubín, San Jacinto, Chiquimula.

Universidad Pedagógica Experimental Libertador (1998), Manual de Trabajos de Grado de Especialización, Maestría y Tesis Doctorales.

Paris, Henry. (1993). Ponencia de Puentes. C.I.V.1833. Caracas-Venezuela.

# **ANEXOS**

**PRESUPUESTO**

Fecha: 18 /01/2012

Hoja: 1/1

**OBRA:** PUENTE CARRETERO COMO VÍA ALTERNA PARA LA TRONCAL 007, PROGRESIVA 341+700 DEL SECTOR LOS LLANITOS DE TABAY DEL MUNICIPIO SANTOS MARQUINA Y LA PROGRESIVA 0+000 DEL SECTOR LA VEGA DE SAN ANTONIO DEL MUNICIPIO LIBERTADOR DEL ESTADO MÉRIDA.

PARTIDA Nº	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	EXCAVACIÓN PARA ESTRUCTURAS PARA PUENTES, PONTONES Y VIADUCTOS, DE CUALQUIER PROFUNDIDAD, CON EMPLEO DE EQUIPO RETROEXCAVADOR, APILAMIENTO Y/O BOTE TRANSPORTE HASTA 200M DE DISTANCIA INCLUYE PERFILAMIENTO A MANO.	m <sup>3</sup>	1188	987,40	1173031,20
2	COMPACTACIÓN DE RELLENO PARA PUENTES Y PONTONES CON APISONADORES DE PERCUSIÓN.	m <sup>3</sup>	992,202	107,15	106341,44
3	ENCOFRADO DE MADERA TIPO RECTO, ACABADO CORRIENTE EN PILAS COLUMNAS ESTRIBOS PARA PUENTES (1 PULG + 3 PULG/ 4 USOS * 1.10).	m <sup>2</sup>	198	492.95	97604,10
4	CONCRETO FC 28 =250 K/M2 A LOS 28 DÍAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ESTRIBOS EN PUENTES. INCLUYE TRANSPORTE DE CEMENTO Y AGREGADOS HASTA 50 KM. EXCLUYE EL REFUERZO METÁLICO.	m <sup>3</sup>	195,08	3,338,72	651317,50
5	CONCRETO FC 28 =250 K/M2 A LOS 28 DÍAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BARANDAS EN PUENTES. INCLUYE TRANSPORTE DE CEMENTO Y AGREGADOS HASTA 50 KM.	m <sup>3</sup>	16,8	4.104,75	68959,80
6	CONCRETO FC 28 =250 K/M2 A LOS 28 DÍAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ACERAS Y BROCALES EN PUENTES. INCLUYE TRANSPORTE DE CEMENTO Y AGREGADOS HASTA 50 KM.	m <sup>3</sup>	14,4	3.861,33	55603,15
7	CONCRETO FC 28 =250 K/M2 A LOS 28 DÍAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LOSA DE ACCESO EN PUENTES. INCLUYE TRANSPORTE DE CEMENTO Y AGREGADOS HASTA 50 KM.	m <sup>3</sup>	88	2.818,87	248060,56
8	MATERIAL ASFÁLTICO DE PENETRACIÓN 60 - 70 (A-20), PARA BASE ASFÁLTICA EN CALIENTE SIN INCLUIR EL TRANSPORTE.	ton/km	1021,2	455,91	465575,30
9	SUMINISTRO, TRASPORTE, PREPARACIÓN Y COLOCACIÓN DE ACERO EN VIGAS Y SEPARADORES CORRESPONDIENTE A PONTONES PUENTES Y VIADUCTOS.	kg	296432,5	10.52	3118469,90
10	SUMINISTRO, TRASPORTE, PREPARACIÓN Y COLOCACIÓN DE ACERO DE REFUERZO RAT = 2100 KG / CM2, USANDO CABILLAS DE DIÁMETRO IGUAL O SUPERIOR A 5/8", PARA EL CONCRETO ARMADO CORRESPONDIENTE A PONTONES PUENTES Y VIADUCTOS.	kg	422000	10,93	4612460,00
<b>TOTAL BS.F</b>					<b>10597422,95</b>





. REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
MINISTERIO DEL PODER POPULAR  
PARA LA EDUCACIÓN SUPERIOR  
INSTITUTO UNIVERSITARIO POLITÉCNICO  
"SANTIAGO MARIÑO" EXTENSIÓN MÉRIDA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

## ANEXO 2

### Planilla para la lista de Cotejo de la situación actual de la zona

Nº	ASPECTOS OBSERVADOS	SI	NO
1	El puente colgante es considerado como una vía de acceso frecuente para la población de ambos sectores.		
2	La existencia de este puente colgante ayuda a la población de ambos sectores y a la comunidad en general en cuanto al factor tiempo, al usarlo como vía alterna.		
3	Existe un buen mantenimiento del Puente colgante.		
4	El puente colgante cuenta con un mantenimiento adecuado para poder seguir siendo usado por la población.		
5	El río en algún momento podría afectar o alcanzar el nivel del puente colgante.		
6	Existe otra vía rápida para comunicar estos dos municipios que brinden el fácil acceso entre ambos sectores.		
7	La población que se beneficia de esta puente colgante esta realmente consiente del mal estado en que se encuentra el puente.		
8	El uso desmedido que la población le da al puente es causante del deterioro del mismo.		
9	Es realmente necesaria la construcción de un puente carretero para comunicar estos sectores.		
10	Realmente el diseño de este puente como vía alterna es la solución para contar con una comunicación segura entre ambos sectores.		

Fuente: Propia (2011).





REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
MINISTERIO DEL PODER POPULAR  
PARA LA EDUCACIÓN SUPERIOR  
INSTITUTO UNIVERSITARIO POLITÉCNICO  
"SANTIAGO MARIÑO" EXTENSIÓN MÉRIDA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

### ANEXO 3

**Planilla para el cuestionario de encuesta dirigido a la población del Sector los Llanitos de Tabay y a la población del Sector la Vega de San Antonio del Municipio Santos Marquina del Estado Mérida.**

1. ¿Usa con frecuencia el Puente Colgante?  
( ) SI    ( ) NO
  
2. ¿Considera usted al puente colgante como una vía de acceso importante?  
( ) SI    ( ) NO
  
3. ¿Cree usted que el puente Colgante se encuentre en perfecto funcionamiento?  
( ) SI    ( ) NO
  
4. ¿Ha sido usted testigo de que se haya realizado un mantenimiento adecuado al puente colgante?  
( ) SI    ( ) NO
  
5. ¿El puente actual es afectado por las crecidas del río en épocas de lluvia?  
( ) SI    ( ) NO
  
6. ¿Cree usted que es necesario el diseño de un puente que se corresponda con las necesidades que presenta la población?  
( ) SI    ( ) NO
  
7. ¿Considera usted el deterioro del puente al momento de hacer uso del mismo?  
( ) SI    ( ) NO

8. ¿Ha tenido algún inconveniente al momento de usar el puente por el uso indebido de motocicletas u otros?

SI     NO

9. ¿Ha usado usted el puente colgante como vía alterna al quedar incomunicada la carretera trasandina del Municipio Libertador y los demás Municipios?

SI     NO

10. ¿Estaría usted de acuerdo con la construcción de un puente para comunicar estos sectores?

SI     NO

11. Considera usted que el puente propuesto debe contener la vía para el paso vehicular y peatonal?

SI     NO

12. ¿Este le sería de ayuda le garantizaría seguridad?

SI     NO

**Fuente: Propia (2011).**



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
MINISTERIO DEL PODER POPULAR  
PARA LA EDUCACIÓN SUPERIOR  
INSTITUTO UNIVERSITARIO POLITÉCNICO  
"SANTIAGO MARIÑO" EXTENSIÓN MÉRIDA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

#### ANEXO 4

#### Planilla de Conteo Vehicular

Fecha: \_\_ / \_\_ / \_\_

Hora: \_\_\_\_\_

Tipo de Vehículo	Día	Sentido	
		Mérida- Tabay	Tabay Mérida
<b>Vehículo Particular</b>	Martes		
<b>Vehículo transporte público</b>	Martes		
<b>Vehículo pesado</b>	Martes		
<b>Otros Motos</b>	Martes		

Fuente: Avendaño (2011).



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
MINISTERIO DEL PODER POPULAR  
PARA LA EDUCACIÓN SUPERIOR  
INSTITUTO UNIVERSITARIO POLITÉCNICO  
"SANTIAGO MARIÑO" EXTENSIÓN MÉRIDA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

## **ANEXO 5**

**Plano de curvas de nivel.  
Perfil longitudinal.  
Secciones transversales.**

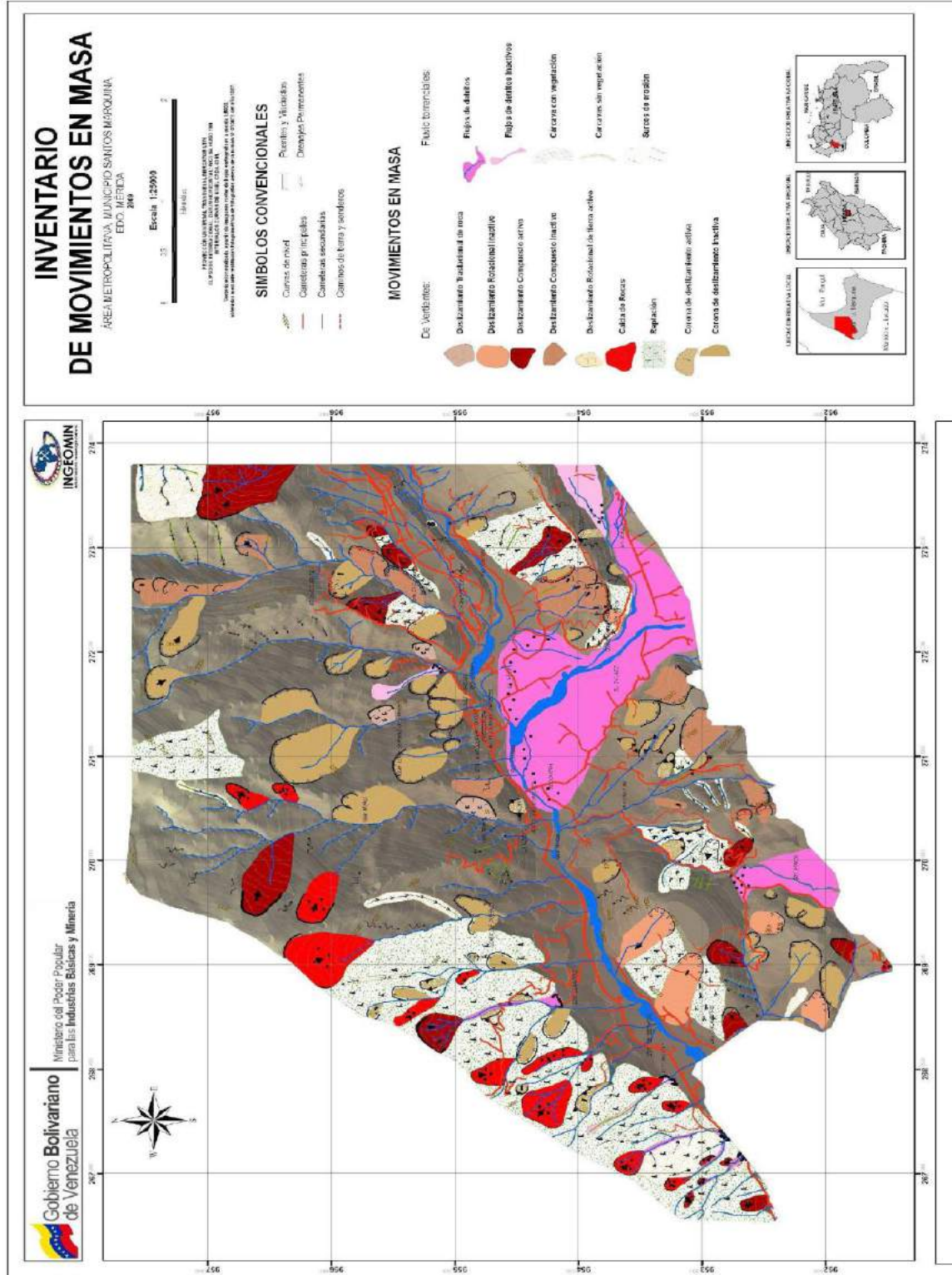


REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
MINISTERIO DEL PODER POPULAR  
PARA LA EDUCACIÓN SUPERIOR  
INSTITUTO UNIVERSITARIO POLITÉCNICO  
"SANTIAGO MARIÑO" EXTENSIÓN MÉRIDA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

## **ANEXO 6**

### **Mapa1. De Inventario de Movimientos en Masa.**

Mapa1. Inventario de Movimientos en Masa.





REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
MINISTERIO DEL PODER POPULAR  
PARA LA EDUCACIÓN SUPERIOR  
INSTITUTO UNIVERSITARIO POLITÉCNICO  
"SANTIAGO MARIÑO" EXTENSIÓN MÉRIDA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

## **ANEXO 7**

### **Estudio Geotécnico Consultado.**



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
MINISTERIO DEL PODER POPULAR  
PARA LA EDUCACIÓN SUPERIOR  
INSTITUTO UNIVERSITARIO POLITÉCNICO  
"SANTIAGO MARIÑO" EXTENSIÓN MÉRIDA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

## **ANEXO 8**

### **Diseño Geométrico Vial**