

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

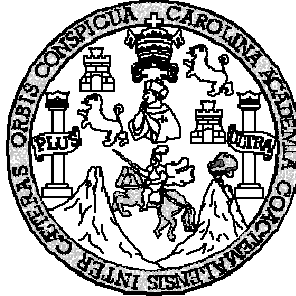
**DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR BARRIO RÍO LATO Y
APERTURA TRAMO CARRETERO QUE COMUNICA A LA
COMUNIDAD DE LA CAMPANA, CON COMUNIDAD LA
LAGUNETA, MUNICIPIO DE GUASTATOYA, DEPARTAMENTO
DE EL PROGRESO**

Percy Donald Palacios López

Asesorado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta

Guatemala, julio de 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR BARRIO RÍO LATO Y APERTURA
TRAMO CARRETERO QUE COMUNICA A LA COMUNIDAD DE LA
CAMPANA, CON COMUNIDAD LA LAGUNETA, MUNICIPIO DE
GUASTATOYA, DEPARTAMENTO DE EL PROGRESO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

PERCY DONALD PALACIOS LÓPEZ

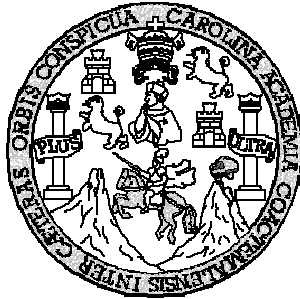
ASESORADO POR EL ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, JULIO DE 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Inga. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
EXAMINADOR	Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera
EXAMINADOR	Ing. Ángel Roberto Sic García
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR BARRIO RÍO LATO Y APERTURA TRAMO CARRETERO QUE COMUNICA A LA COMUNIDAD DE LA CAMPANA, CON COMUNIDAD LA LAGUNETA, MUNICIPIO DE GUASTATOYA, DEPARTAMENTO DE EL PROGRESO,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 25 de mayo de 2006.

PERCY DONALD PALACIOS LÓPEZ



Ing. Angel Roberto Sic García
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Guatemala, 16 de mayo de 2007
Ref. EPS. C. 301.05.07

Estimado Ingeniero Sic García.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor – Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Civil, **PERCY DONALD PALACIOS LÓPEZ**, procedí a revisar el informe final de la práctica de EPS, cuyo título es **“DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR BARRIO RÍO LATO Y APERTURA TRAMO CARRETERO QUE COMUNICA A LA COMUNIDAD DE LA CAMPANA, CON COMUNIDAD LA LAGUNETA, MUNICIPIO DE GUASTATOYA, DEPARTAMENTO DE EL PROGRESO”**.

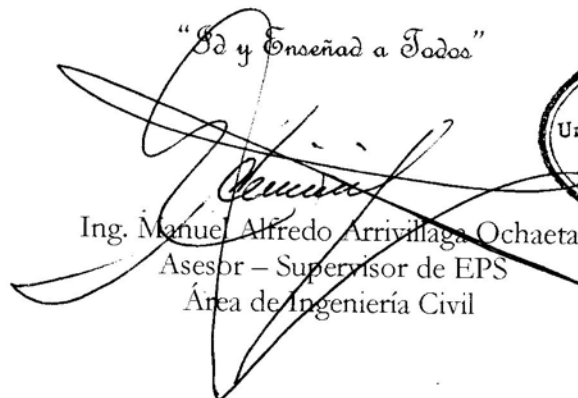
Cabe mencionar que las soluciones planteadas en este trabajo, constituyen un valioso aporte de nuestra Universidad a uno de los muchos problemas que padece el área rural del país, beneficiando así a los pobladores del municipio de **Guastatoya**.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“D y Enseñad a Todos”


Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
Asesor – Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil



MAAO/jm



Guatemala, 16 de mayo de 2007
Ref. EPS. C. 301.05.07

Ing. Fernando Amilcar Boiton Velásquez
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Boiton Velásquez.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR BARRIO RÍO LATO Y APERTURA TRAMO CARRETERO QUE COMUNICA A LA COMUNIDAD DE LA CAMPANA, CON COMUNIDAD LA LAGUNETA, MUNICIPIO DE GUASTATOYA, DEPARTAMENTO DE EL PROGRESO"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **PERCY DONALD PALACIOS LÓPEZ**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del asesor – supervisor, en mi calidad de director apruebo su contenido; solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Angel Roberto Sic García
Director Unidad de EPS



ARSG/jm



Guatemala,
10 de julio de 2007

Ingeniero
Fernando Amilcar Boiton Velásquez
Director de la Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Boiton.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR BARRIO RÍO LATO Y APERTURA TRAMO CARRETERO QUE COMUNICA A LA COMUNIDAD DE LA CAMPANA, CON COMUNIDAD LA LAGUNETA, MUNICIPIO DE GUASTATOYA, DEPARTAMENTO DE EL PROGRESO**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Percy Donald Palacios López, quien contó con la asesoría del Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera
Jefe del Departamento de Estructuras



FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO
DE
ESTRUCTURAS
USAC

/bbdeb.



Guatemala,
16 de julio de 2007

FACULTAD DE INGENIERÍA

Ingeniero
Fernando Amilcar Boiton Velásquez
Director de la Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Boiton.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR BARRIO RÍO LATO Y APERTURA TRAMO CARRETERO QUE COMUNICA A LA COMUNIDAD DE LA CAMPANA, CON COMUNIDAD LA LAGUNETA, MUNICIPIO DE GUASTATOYA, DEPARTAMENTO DE EL PROGRESO**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Percy Donald Palacios López, quien contó con la asesoría del Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Jorge Alejandro Arévalo Valdez
Coordinador del Área de Topografía y Transporte



/bbdeb.



FACULTAD DE INGENIERÍA

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta y del Coordinador de E.P.S., Ing. Ángel Roberto Sic García, al trabajo de graduación del estudiante Percy Donald Palacios López, titulado DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR BARRIO RÍO LATO Y APERTURA TRAMO CARRETERO QUE COMUNICA A LA COMUNIDAD DE LA CAMPANA, CON COMUNIDAD LA LAGUNETA, MUNICIPIO DE GUASTATOYA, DEPARTAMENTO DE EL PROGRESO, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Fernando Amilcar Boifon Velásquez



Guatemala, julio 2007.

/bbdeb.



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR BARRIO RÍO LATO Y APERTURA TRAMO CARRETERO QUE COMUNICA A LA COMUNIDAD DE LA CAMPANA, CON COMUNIDAD LA LAGUNETA, MUNICIPIO DE GUASTATOYA, DEPARTAMENTO DE EL PROGRESO**, presentado por el estudiante universitario **Percy Donald Palacios López**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
DECANO

Guatemala, julio de 2007



/gdech

AGRADECIMIENTOS A

- Dios** Toda buena dádiva y todo don perfecto descende de lo alto, del Padre de las luces, en el cual no hay mudanza, ni sombra de variación.
- Ing. Alfredo Arrivillaga** Por su amistad, conocimientos, y motivación constante para finalizar este trabajo de graduación.
- La Municipalidad de El Progreso** Por la oportunidad, ayuda y apoyo que me brindaron durante mi estancia en tan agradable lugar.
- Mis amigos** Todos, especialmente a Juan Pablo y Laura, que fueron esos hermanos que siempre estuvieron en las buenas y en las malas, gracias por su amistad y apoyo.
- Y todos mis compañeros de estudio; gracias por su amistad y afecto.
- Guatemala** Por ser la tierra de la cual me siento orgullo de pertenecer.

ACTO QUE DEDICO A:

- A Dios** Para gloria y honra de su Santo Nombre, por ser lámpara a mis pies y lumbrera en mi camino, fuente inagotable de sabiduría.
- Mi padre** Que con tanto amor siempre confió en mí, nunca dejó de alentarme, y con mucho sacrificio siempre me tendió la mano; padre este sueño y el logro es de los dos, Dios lo bendiga.
- Mi madre** Que con su ternura y paciencia le dedicó el tiempo a mi formación y hoy cosecha todo aquello que desde niño sembró en mí.
- Mi esposa** Que tuvo fe en mí y supo llevar nuestra familia con sacrificio, siendo la ayuda idónea que Dios me regaló, pues quien halla esposa halla el bien, y alcanza la benevolencia de Jehová.
- Mis hijos** Percy Donald, Emily Samantha y Ángel Sebastián, por que fueron mi inspiración para lograr este sueño.
- Mis hermanos** Luis Alfonso y Gerson Vladimir, por ser brazos fuertes en quien puedo sostenerme.
- Mi cuñada y sobrinito** Osvelia Marisol y Alfonsito.
- Mi familia en general** Por el apoyo incondicional que me brindaron.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XVII
OBJETIVOS	IX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. MONOGRAFIA DEL LUGAR	1
1.1. Ubicación y localización.....	1
1.2. Límites y colindancias.....	1
1.3. Clima.....	2
1.4. Topografía.....	2
1.5. Suelo.....	2
1.6. Vías de acceso, comunicación y transporte.....	3
1.7. Idioma.....	4
1.8. Servicios públicos.....	4
1.9. Actividad económica.....	7
1.10. Investigaciones diagnósticas sobre necesidades de servicio.....	7
1.10.1. Descripción de las necesidades.....	8
1.10.2. Justificación social.....	9
1.10.3. Justificación económica.....	9
1.10.4. Priorización de las necesidades.....	9

2. DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR EN BARRIO RÍO LATO

2.1. Descripción del proyecto.....	11
2.2. Criterios y especificaciones para el diseño de puentes de concreto de de sección en viga y losa.....	11
2.3. Estudios preliminares, metodología empleada resultados obtenidos para el diseño de puente vehicular.....	13
2.4. Levantamiento topográfico.....	14
2.4.1. Planimetría.....	14
2.4.2. Altimetría.....	14
2.4.3. Ubicación cartográfica.....	15
2.5. Trabajo preliminar de gabinete.....	15
2.5.1. Planimetría.....	15
2.5.2. Altimetría.....	15
2.5.3. Sección transversal.....	15
2.5.4. Curvas de nivel.....	16
2.5.5. Evaluación de la calidad del suelo y estudio hidrológico.....	16
2.5.6. Cálculo de caudales máximos.....	18
2.6. Diseño del puente vehicular.....	20
2.6.1. Datos y especificaciones técnicas.....	21
2.6.2. Líneas de influencia.....	22
2.6.3. Diseño de la superestructura.....	23
2.6.4. Diseño de la losa.....	24
2.6.4.1. Cálculo de peralte.....	24
2.6.4.2. Cálculo de los momentos.....	24
2.6.4.3. Cálculo del refuerzo.....	26
2.6.5. Diseño de viga.....	30
2.6.5.1. Cálculo de peralte y base.....	31

2.6.5.2. Cálculo de momentos.....	32
2.6.5.3. Cálculo de refuerzos.....	35
2.6.5.4. Diseño a corte.....	35
2.6.6. Diseño de diafragmas.....	37
2.6.6.1. Diseño de diafragma interior.....	37
2.6.6.2. Diseño de diafragma exterior.....	39
2.6.7. Diseño de la subestructura.....	40
2.6.7.1. Diseño de la cortina.....	41
2.6.7.2. Diseño de la viga de apoyo.....	46
2.6.7.3. Diseño del estribo de concreto ciclópeo	48
2.6.8. Diseño de barandal.....	53
2.6.9. Diseño de banquetas.....	53
2.1.1. Cuantificación de materiales.....	54
2.1.2. Presupuesto.....	54
2.1.3. Cronograma de ejecución.....	55

3. DISEÑO DE APERTURA DE TRAMO CARRETERO DE LAS COMUNIDADES LA CAMPANA Y LA LAGUNETA, DEL MUNICIPIO DE GUASTATOYA

3.1. Descripción del proyecto.....	57
3.2. Preliminar de campo.....	57
3.2.1. Levantamiento topográfico.....	58
3.2.1.1. Levantamiento planimétrico.....	59
3.2.1.2. Levantamiento altimétrico.....	60
3.3. Dibujo del Levantamiento Topográfico.....	61
3.3.1. Planimétrico.....	61
3.3.2. Altimétrico.....	62
3.3.3. Curvas de Nivel.....	63

3.3.4. Secciones transversales.....	63
3.3.5. Trabajo de gabinete.....	64
3.4. Diseño geométrico de carretera.....	64
3.4.1. Cálculo geométrico de curvas horizontales.....	64
3.4.2. Cálculo geométrico de curvas verticales.....	68
3.4.3. Corrimiento de línea.....	71
3.4.4. Cálculo de secciones transversales.....	72
3.5. Movimiento de Tierras.....	72
3.5.1. Sub rasante.....	73
3.5.2. Corrección por curva vertical a sub rasante.....	74
3.5.3. Cálculo de áreas de secciones transversales.....	75
3.5.4. Cálculo de volúmenes de material.....	78
3.6. Estudios hidrológicos (Método Racional)	
para el diseño y cálculo de drenajes.....	79
3.7. Estudios de Suelos.....	81
3.7.1. Ensayos de Laboratorio.....	82
3.7.2. Estudios Estratigráficos.....	84
3.8. Cuantificación de materiales.....	85
3.9. Presupuesto.....	86
3.10. Cronogramas de ejecución.....	86
4. ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL.....	87
4.1.1. Vulnerabilidad.....	89
4.1.2. Riesgos.....	90
4.1.3. Medidas de Mitigación.....	91

CONCLUSIONES.....	95
RECOMENDACIONES.....	97
BIBLIOGRAFÍA.....	99
ANEXOS.....	101

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Sección transversal de puente.....	23
2. Losa en voladizo, banqueta, poste y barandal	28
3. Armado de losa en voladizo.....	30
4. Dimensionamiento de vigas.....	31
5. Diagrama de cuerpo libre de carga viva	33
6. Armado de viga, sección longitudinal.....	36
7. Armado de diafragma interior.....	38
8. Armado de diafragma exterior.....	40
9. Diagrama de presiones.....	42
10. Armado de cortina.....	46
11. Armado de viga de base o corona.....	47
12. Estribo de concreto ciclópeo.....	48
13. Tipos de curvas verticales.....	69
14. Sección transversal estación 0+580.....	77

TABLAS

1. Valores soportantes del suelo.....	17
2. Momentos de volteo (kg – m).....	49
3. Cálculo de momento estabilizante.....	51
4. Momento de volteo de muro con sismo.....	51
5. Libreta topográfica de planimetría.....	60
6. Libreta topográfica de altimetría.....	61
7. Valores de “K”.....	71
8. Taludes recomendados para dibujo de secciones	76
9. Cálculo de áreas de secciones transversales.....	77
10. Cálculo de volúmenes de material.....	79

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
AASHTO	Asociación Oficial Americana de Carreteras y Transportes
ACI	Instituto Americano del Concreto
As	Área de acero
b	Base
d	Peralte
DGC	Dirección General de Caminos
EPS	Ejercicio Profesional Supervisado
F'c	Resistencia nominal a compresión del concreto
Fdes	Factor de deslizamiento
Fv	Factor de volteo
Fy	Resistencia nominal del acero
Ha	Hectáreas
I	Impacto
Kip	Kilo libras
L	Luz de claro
Lb/pie³	Libras por pie cúbico
Mcm	Momento por carga muerta
Mcv	Momento por carga viva

Mu	Momento último
ρ	Ro para chequeos de área
γ	Peso específico del suelo
Q	Caudal
qmax	Presión máxima sobre el suelo
OMP	Oficina Municipal de Planificación
SC	Sobrecarga
t	Espesor de losa
ton/m²	Toneladas por metro cuadrado
USAC	Universidad de San Carlos
Vcm	Corte por carga muerta
Vcr	Corte nominal del concreto
Vcv	Corte por carga viva
Vs	Valor soporte del suelo
Vu	Corte último
Ymax	Altura del tirante máximo
Bo.	Barrio

GLOSARIO

Acera	Espacio más elevado que la capa de rodadura donde circulan los peatones.
Acero de refuerzo	Cantidad de acero requerido por un momento flexionante.
Alas	Unidades destinadas a detener el relleno de la carretera.
Aletón	Es el muro lateral a los estribos, diseñado y construido como muro de protección de los rellenos y para el encauzamiento del agua.
Aproche	Se refiere a las estructuras o rellenos que conectan a la carretera con el puente.
Baranda	Es la armadura o muro construido a manera de remate de las aceras y que protegen a los vehículos y peatones.

Bases de diseño	Bases técnicas adoptadas para el diseño del proyecto.
Capa de rodadura	Base impermeabilizada para que circulen vehículos por ella.
Carga de diseño	Cargas o fuerzas en Kg. ó en Lb. fuerza, para el diseño estructural del proyecto.
Cauce del río	Lecho de un río de distinta forma geométrica.
Caudal	Volumen de agua que pasa por unidad de tiempo.
Cimientos	Unidades estructurales que transmiten la carga al suelo.
Cortina	Losa vertical destinada a sostener el puente, contener el relleno y transmitir la carga a los cimientos.

Cota de cimentación	Altura donde se construyen los cimientos referidos a un nivel determinado.
Cota rasante	Altura por donde circulan los vehículos en la capa de rodadura, referida a un nivel determinado.
Deslizamiento	Fuerza que tiende a deslizar horizontalmente el muro.
Diafragmas	Unidades usadas para evitar la deformación de vigas de la superestructura.
Estribo	Estructura, cuyo propósito es soportar un puente.
Excavación de la cimentación	Son las excavaciones efectuadas conforme a las indicaciones de los planos, para abrir los espacios que servirán de acomodo a las cimentaciones de muros, estribos, pilas y aletones.

Gaviones

Canastas fabricadas con alambre galvanizado, las cuales se llenan de piedra de canto rodado de regular tamaño y se amarran entre sí para producir muros que a la vez encauzan la cuenca del río, protegen contra las socavaciones laterales del mismo y protegen la subestructura del puente.

Impacto

Carga provocada por el impacto del camión estandarizado sobre la superestructura.

Losa

Elemento estructural plano, que soporta directamente las cargas y las transmite a diferentes apoyos.

Losa en voladizo

Elemento estructural que soporta directamente las cargas y las transmite a un solo apoyo.

Luz

Distancia horizontal interna, entre dos estribos y pila o entre dos pilas.

Muro de contención

Muro utilizado para contener un talud.

Planos	Dibujos que representan un diseño y que son plasmados en papel.
Postes	Elementos que están unidos a la superestructura y que sostienen los pasamanos.
Presión	Fuerza o carga por unidad de área.
Presupuesto	Cálculo anticipado del costo del proyecto.
Puente	Estructura que permite pasar el tráfico de un punto a otro, a través de cualquier interrupción.
Sismo	Carga que es inducida por un sismo, y que provoca esfuerzos en la subestructura.
Sobrecarga	Carga adicional a la aplicada, que se toma como factor de seguridad.
Subestructura	Conjunto de elementos que han sido diseñados para soportar la superestructura de un puente y transmitir las cargas al suelo.

Suelo	Conjunto de partículas que es producto de la desintegración de las rocas.
Talón	Elemento estructural de la zapata que sirve para estabilizar el estribo por volteo.
Tirante	Altura de agua sobre una sección determinada.
Valor soporte	Capacidad de carga de un suelo. En unidades de fuerza por unidad de área.
Viga principal	Es cada una de las vigas de soporte de la estructura colocada paralelamente a la línea central del puente, se asienta en los apoyos de la subestructura y recibe la carga de las losas.
Volteo	Momento de la fuerza horizontal, que tiende a voltear el estribo respecto al borde exterior.

RESUMEN

Nuestro país posee un nivel bajo en infraestructura vial y de servicios de saneamiento, programas de salud etc., tal es el caso que se le considera internacionalmente como un país en vías de desarrollo, lo cual se ve reflejado en la economía del país, pues se cuenta con materia prima diversa, pero sin poder explotarse al máximo como se espera.

Dado que existen grandes dificultades en el transporte de personas como del traslado de productos producidos en la mayoría de las comunidades de nuestro país y que esto provoca a su vez que, gran parte de la población que vive aislada o en lugares de difícil acceso, carezcan de los servicios básicos y baja economía, por lo tanto, surge el interés de dar solución a la problemática existente, a través de técnicas depuradas del campo de la ingeniería, en el desarrollo de proyectos de infraestructura vial como parte del Ejercicio Profesional Supervisado (E. P. S.).

En el departamento de El Progreso, Guastatoya, se ha realizado un estudio preliminar a las comunidades de La Campana, La Laguneta y en el Barrio Río Lato, las cuales sufren este tipo de carencias debido a que no existe una vía de acceso de tipo vehicular, que permita el transporte satisfactorio a los habitantes de estas poblaciones, ya que únicamente cuentan con caminos de herradura y puentes peatonales en mal estado, los cuales no permiten un pleno desarrollo económico y social para dichas comunidades.

OBJETIVOS

- **General**

Diseñar proyectos de infraestructura que ayuden al desarrollo integral del Departamento de El Progreso.

- **Específicos**

1. Realizar el diseño del puente vehicular para la cabecera departamental de El Progreso, en Barrio Rio Lato del municipio de Guastatoya.
2. Diseñar la carretera que une las comunidades de La Campana a La Laguneta.
3. Desarrollar una investigación diagnóstica, sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura del área rural del municipio de Guastatoya, El Progreso.

INTRODUCCIÓN

El trabajo de graduación que a continuación se presenta, contiene el desarrollo de los proyectos de la carretera hacia las comunidades de La Campana a La Laguneta y el puente vehicular, en el barrio Río Lato del municipio de Guastatoya departamento de El Progreso.

Describe la recopilación de la información que el lugar posee: geografía, aspectos socioeconómicos, servicios públicos y generalidades acerca de la población. Estos datos permitieron realizar un análisis minucioso en cuanto a servicios básicos e infraestructura que el municipio de El Progreso requiere, concluyendo en que son prioritarios los siguientes: el diseño de la carretera hacia las comunidades de La Campana a La Laguneta y el puente vehicular en Bo. Río Lato.

Se describen en este capítulo todos los aspectos que intervienen en el diseño del puente vehicular en barrio Río Lato, desde la concepción de la superestructura, así como también de la sub-estructura, cada uno de los elementos externos que influyen para su desarrollo.

Se describe en este capítulo el diseño de la carretera hacia las comunidades de La Campana a La Laguneta, como el cálculo topográfico, el dibujo de preliminar, el diseño de localización, las curvas verticales, la subrasante, el movimiento de tierras, etc.

Este capítulo contiene la información referente al estudio de impacto ambiental, conclusiones, recomendaciones, cronogramas, bibliografía y anexos.

1. MONOGRAFÍA DEL LUGAR

1.1. Ubicación y localización

El municipio de Guastatoya se encuentra situado en la región Nor-Oriental de Guatemala, su cabecera departamental es El Progreso, se encuentra a una distancia de 74 kilómetros de la Ciudad Capital de Guatemala, situado a 1,706 metros sobre el nivel del mar. El Progreso se extiende por un espacio de 1,922 kilómetros cuadrados, con una densidad de población de 56 habitantes por kilómetro cuadrado. Cuenta con 8 municipios que son:

- Guastatoya
- Morazán
- San Agustín Acasaguastlán
- San Cristóbal Acasaguastlán
- El Júcaro
- Sansare
- Sanarate
- San Antonio La Paz

1.2. Límites y colindancias

El departamento de El Progreso limita al Norte con los departamentos de Alta Verapaz y Baja Verapaz; al Sur con Guatemala y Jalapa; al Este con Zacapa y Jalapa; y al Oeste con Baja Verapaz y Guatemala.

Se encuentra localizado dentro de la región número III de Guatemala, llamada también oriente-norte o nororiente y pertenecen además a esta región los departamentos de Izabal, Zacapa y Chiquimula.

Es atravesado en la parte norte por la Sierra de las Minas y la carretera Interamericana que termina en Puerto Barrios, en el se definen dos zonas topográficas: La Norte es montañosa y en ella alcanza grandes alturas, mientras que La Sur está delimitada por el río Grande o Motagua.

1.3. Clima

Su temperatura promedio oscila entre 24° a 39° grados centígrados, temperatura moderada con características de clima cálido-seco, con dos estaciones bien definidas: invierno de mayo a octubre y verano de noviembre a abril.

1.4. Topografía

El municipio de Guastatoya cuenta con escasas áreas boscosas. Se encuentra rodeado de cerros y montañas con una topografía irregular que oscila entre elevaciones 515 MSNM en el centro del mismo (CASCO URBANO) y sufre un notable cambio en la parte sureste en donde se registra una elevación igual a 1500 MSNM, e incluso se puede observar por las noches desde este punto la ciudad capital.

1.5. Suelo

Por lo general, los suelos fueron considerados pobres, calizos y arcillosos, poco profundos que han ido formándose sobre matorrales sedimentarios metamórficos, serpentina y esquistos.

Los esquistos constituyen un grupo de rocas metamórficas de grado medio, notable principalmente por la preponderancia de minerales laminares tales como la mica, la clorita, el talco, la hornablenda, grafito y otros.

El cuarzo se halla con frecuencia en granos estirados hasta al extremo que se produce una forma particular llamada cuarzo esquisto. Por definición, el esquisto contiene más de un 50% de minerales planos y alargados, a menudo finamente intercalado con cuarzo y feldespato.

En cuanto a la capacidad productiva del suelo en El Progreso prevalece el nivel VII que son las tierras no cultivables, aptas solamente para fines de uso o explotación forestal, de topografía muy fuerte y quebrada, con pendiente muy inclinada.

Otro nivel que sobresale en este territorio es el VIII, que también son tierras no aptas para el cultivo, siendo apto solamente para parques nacionales, recreación y vida silvestre, así como para protección de cuencas hidrográficas con topografía muy quebrada, escarpada o playones inundables.

1.6. Vías de acceso, comunicación y transportes

Esta actividad es cubierta por servicios de transporte colectivo, autobuses extra urbanos que de la cabecera se dirigen hacia la ciudad de Guatemala pasando por el municipio de Sansare, existiendo 3 líneas con diferentes horarios que tienen un intervalo de 45 a 60 minutos con horarios de inicio de 4:00 am a 6.00 pm, desde los dos puntos de salida.

Así mismo debido a que la ruta al Atlántico dista a 2 kilómetros del parque central de Guastatoya, también se opta por tomar los buses que del norte y oriente del país se dirigen hacia la ciudad de Guatemala.

La distancia del Parque central de Guastatoya hacia el parque Central de la ciudad de Guatemala es de 75 kilómetros exactos con un tiempo aproximado de recorrido de 1 hora con 45 minutos.

Cabe mencionar que las líneas de transporte colectivo extra urbano también prestan el servicio de encomienda, siendo los nombres de las mismas:

- Transportes Orellana
- Transportes Guastatoya
- Transportes Sanaratecos

1.7. Idioma

El idioma predominante en el departamento de El Progreso es el castellano en un 95%, y un 5% de idioma de origen indígena.

Con la fuerte colonización española que se arraigó en esta región, el departamento de El Progreso se convirtió rápidamente en vía de paso mercantil entre el Caribe y España, por lo que el idioma español se asentó entre los pobladores.

1.8. Servicios públicos

El municipio de Guastatoya cuenta con los servicios básicos necesarios; esto se debió a que, por el terremoto de 1976, este municipio fue uno de los

más dañados en su infraestructura; por esta razón, ha recibido mucho apoyo, tanto gubernamental como no gubernamental, por medio de agencias internacionales.

- **Sistema de abastecimiento de agua**

La ciudad de Guastatoya se abastece de agua potable de un nacimiento ubicado al pie del cerro La Virgen; el agua es impulsada con dos bombas eléctricas hacia los tanques de almacenamiento y distribución.

El servicio se extiende hasta las aldeas de: Santa Lucía, Casas Viejas, El Chilar, El Barreal y Ojo de Agua.

Todas las viviendas tienen medidor, el servicio es administrado por la municipalidad, quien a su vez se encarga de dar el mantenimiento del servicio y establece el valor del canon.

- **Sistema de drenajes**

El desfogue del sistema de drenaje municipal, se realiza a la vertiente del río Guastatoya, previo tratamiento parcial que se efectúa en dos plantas de tratamiento.

En la parte sur de la ciudad hay una pequeña planta que trata las aguas servidas del barrio Las Joyas antes de descargar en el río, otra situada al nor – oeste de la ciudad, detrás del cementerio nuevo.

Esta planta concentra la mayor parte de los drenajes de la ciudad, sedimenta y oxida las aguas (laguna de oxidación), antes de verterlas al río.

Es conveniente hacer notar que Guastatoya es de los pocos municipios de la región que cuenta con un tratamiento de aguas servidas, que aunque sea primario ayuda a disminuir la contaminación de los ríos de nuestro país.

- **Servicios de salud**

El municipio de Guastatoya cuenta con las instalaciones de un hospital tipo A, el cual tiene todos los servicios necesarios para atender a la población a nivel departamental.

Además cuenta con clínicas privadas, en donde se brinda atención especial a pacientes.

- Hospital General
- Delegación del IGSS
- Clínicas privadas

- **Servicios de educación**

Para la educación preprimaria, primaria, secundaria (básicos) y diversificado, en la ciudad de Guastatoya existen varios centros educativos, dentro de los cuales se tienen oficiales y privados.

- Instituto de educación primaria y secundaria
- Escuela Nacional Tipo Federal
- Instituto de Artes Industriales
- Institutos privados de educación primaria, básica y diversificada

- Otros servicios:
 - Mercado Municipal
 - Salón Municipal de usos múltiples
 - Iglesias evangélicas
 - Iglesia católica
 - Oficina de Correos y Telégrafos
 - Central telefónica
 - Organizaciones no gubernamentales
 - Cementerio Municipal
 - Bancos del sistema

1.9. Actividad económica

La población de la cabecera municipal de Guastatoya, al igual que la mayor parte de departamentos del país, basa su economía en las actividades agrícolas, debido al clima que posee; se cultiva tomate, frijol, maíz, banano y tabaco; este último es el de mayor importancia.

Existen otras actividades productivas, como el comercio y la explotación de minerales; sólo una mínima parte de la población se dedica a desarrollarlas.

1.10. Investigaciones diagnósticas sobre necesidades de servicio

Las comunidades de La Campana y La Laguneta, aldeas del municipio de Guastatoya, del departamento de El Progreso, han priorizado la necesidad de construir un camino vecinal que les permita transportar sus productos a las diferentes regiones con quienes comercializan.

Dichas aldeas son regiones con una producción netamente agrícola estratégicamente ubicada, con la construcción de este camino fácilmente se comunicaran con la aldea El Naranjo y a su vez con la cabecera municipal, y lugares aledaños con quienes comercializan.

1.10.1. Descripción de las necesidades

La falta de un acceso adecuado ya sea a través de una carretera o la elaboración de un puente son las principales necesidades que existen en las comunidades pequeñas de nuestro país, ya que con la construcción de los mismos, estos son los generadores del desarrollo integral de las comunidades y los pueblos, debido a que se acortan las distancias y se promueve el comercio, los servicios de salud, educación y turismo. Estas necesidades se podrían describir de la siguiente forma:

Las comunidades no cuentan con un puente vehicular y camino de tipo vehicular para el transporte satisfactorio de sus habitantes y fácil traslado de productos desarrollados por los pobladores del lugar.

Actualmente, las poblaciones utilizan puentes peatonales, puente en mal estado y caminos de herradura provocando así que no puedan abastecerse de productos de consumo diario y una escasa comercialización de sus cosechas.

Disminuir los riesgos provocados a causa de puente en mal estado y estrechas e inestables veredas, principalmente en temporadas de invierno.

Proporcionar el acceso correcto para que puedan satisfacer necesidades básicas como lo son la educación y la salud así como de facilitadores que pertenecen a organizaciones no gubernamentales.

1.10.2. Justificación social

Las personas interesadas y beneficiadas son todos los habitantes de las comunidades mencionadas e indirectamente son beneficiarios todos los habitantes del municipio, debido a que se amplía el área de comercio y se abren las puertas a propios y extraños.

1.10.3. Justificación económica

El costo del proyecto se expresa en el documento adjunto denominado presupuesto, el cual se encuentra desglosado por renglones. Así el costo de construcción debe considerarse razonablemente bueno pues en ellos se incluye, mano de obra calificada y no calificada, materiales locales y no locales, imprevistos, maquinaria, equipo, lubricantes, transporte, servicios técnicos y administrativos, así como pagos de impuestos y otros mas.

1.10.4. Priorización de las necesidades

Las necesidades actuales de las comunidades se priorizan básicamente en la construcción del camino vecinal hacia las comunidades de La Campana y La Laguneta así como el de la construcción de un puente vehicular en el Barrio Rio Lato de Guastatoya, El progreso.

2. DISEÑO DE PUENTE VEHÍCULAR EN BARRIO RÍO LATO

2.1. Descripción del proyecto

Este proyecto consiste en el diseño de un puente vehicular, de un solo carril, con una luz libre de 25 metros, con muros de mampostería de piedra, losa de concreto armado, apoyada monolíticamente sobre tres vigas de sección constante, diseñada para una carga Hs 20-44, y que se ubica en el Bo. Rio Lato, de Guastatoya, El Progreso.

2.2. Criterios y especificaciones para el diseño de puentes de concreto de sección en viga y losa

En la actualidad se cuenta con dos métodos que cumplen con las especificaciones dadas por la American Concrete Institute (ACI), el más común de ellos es el Método de Esfuerzos de Trabajo, pero a partir de 1963, se cuenta también con el Método de Esfuerzos Últimos.

Aunque toda la construcción en concreto reforzado es compuesta en el sentido que combina dos materiales diferentes en un solo elemento estructural, el término compuesta se aplica por lo general a la combinación de concreto con acero estructural en forma de vigas de acero, columnas de acero.

El acero estructural, aunque es capaz por si mismo de soportar las cargas actuantes puede desarrollar una resistencia y una rigidez mucho mayor si la hace íntegramente con el concreto. Para puentes la construcción compuesta incluye vigas convencionales de acero laminadas en caliente con un tablero en losa de concreto y normado de acuerdo a la AASHTO.

El método de Esfuerzos de Trabajo o Teoría de la Línea Recta, fija su atención a las condiciones de los esfuerzos dentro del miembro estructural cuando se actúa bajo las cargas de trabajo. Cuando se emplea este método, los esfuerzos permisibles se establecen por medio de un porcentaje de los esfuerzos máximos de los materiales o sea, el punto de fluencia para el acero y la resistencia última del concreto.

Los miembros estructurales diseñados, no deben exceder estos esfuerzos cuando actúan bajo dichas cargas.

El método de Esfuerzos Últimos, ha tomado gran importancia a pesar de que dicho método es tan antiguo como el de Esfuerzos de Trabajo, se ha popularizado por el empleo de aceros de alta resistencia, lo que generalmente da como resultado el que se usen menores áreas de esfuerzo, o bien secciones más esbeltas, o ambas ya que el empleo de éstas ha traído como consecuencia el que se ponga mayor énfasis en la determinación y control de las deflexiones, así como el número y ancho de las grietas que se pueden producir en el miembro estructural.

Para este proyecto se ha tomado como base el Método de Esfuerzos de Trabajo, ya que por el tipo de aplicación a nuestro medio es el más conocido y el que mejor se adapta a las condiciones del uso de los recursos tanto materiales como humanos.

Además, otra de las ventajas de dicho método es que es bastante real en el diseño elástico cuando actúa bajo cargas de trabajo lo cual es útil para definir los efectos a causa de deflexión y agrietamientos.

En materia de puentes, las normas adoptadas por la Sección de Estudio de Puentes, son las proporcionadas por la Standard Specifications for Highway Bridges, de la American Association of State Highway Officials (AASHO), por sus siglas en inglés, en la cual se especifican los tipos de cargas que deben usarse para el diseño de puentes así como la magnitud de las mismas.

2.3. Estudios preliminares, metodología empleada, resultados obtenidos para el diseño de puente vehicular

Los estudios preliminares para el diseño de un puente vehicular, constituyen como paso principal para realizar correctamente el proceso detallado del mismo, ya que es a partir de dichos estudios que se pueden tener datos claros y precisos tanto del lugar, como de las condiciones a las cuales se debe adaptar la estructura vehicular, sin provocar riesgos, tanto humanos como en el área financiera.

Es conveniente realizar las siguientes investigaciones:

- Topografía
- Estructuras existentes alrededor, así como drenajes u otras estructuras subterráneas
- Ríos, canales, corrientes, caminos, vías férreas que serán salvadas por el puente
- Accesibilidad al sitio y disponibilidad de facilidades de construcción
- Estudios de Suelos
- Estudios Hidrológicos

2.4. Levantamiento topográfico

Es de vital importancia la realización del levantamiento topográfico exacto, ya que con ello permite representar de una forma grafica los puntos probables de localización de la obra, por lo que es necesario tener un perfil y una topografía especial de la zona.

El estudio topográfico de este proyecto consistió en hacer un levantado topográfico –poligonal abierta-, además visualizar todos los puntos, aspectos, estructuras existentes y situaciones más relevantes del campo, para luego proyectarlo en un plano topográfico, con el cual se pueden determinar las dimensiones del puente.

Este es un levantamiento de primer orden y consistió en lo siguiente:

2.4.1. Planimetría

Tiene como finalidad definir la proyección horizontal del puente, es decir localizarlo dentro de la sección del río, con el propósito de ubicarlo en la posición óptima.

2.4.2. Altimetría

Se trazo un eje central, tomando como referencia 60 metros río arriba y 60 metros río abajo, luego se trazaron secciones transversales a cada 10 metros.

2.4.3. Ubicación cartográfica

Es importante tener el conocimiento de todas las áreas de influencia que puedan encontrarse cercanas a la estructura y que pudieran ser dañinas al puente o en general al diseño estructural, tales como cuencas hidrográficas, montañas, ríos etc., para ello es importante contar con un mapa cartográfico, que sirva como base para realizar el diagnóstico del lugar donde se realice el diseño. Ver anexos en página 109.

2.5. Trabajo preliminar de gabinete

2.5.1. Planimetría

Consiste en trazar el puente sobre un alineamiento horizontal, tomando como base, los azimuts, distancias, horizontales y referencias dadas en la libreta de campo. Esto es de gran importancia, porque aunque no constituyen los planos finales, sirven de guía al ingeniero diseñador.

2.5.2. Altimetría

El perfil de la línea central de preliminar es muy importante que se dibuje, ya que esto permite facilidad en el cálculo del perfil de localización, y define el tirante máximo alcanzado a partir de las crecidas máximas previamente calculado.

2.5.3. Sección transversal

Consiste en seccionar un perfil transversal a la línea central, tomando en consideración las distancias que sean necesarias tanto aguas arriba como

aguas abajo del río, de tal forma que se pueda tener toda la sección que pudiera afectar directamente el diseño del puente.

2.5.4. Curvas de nivel

Esta es la curva que une los puntos de igual cota, las cuales representan el relieve del terreno. Estos puntos son llamados puntos de cota redonda.

Si en el terreno se han tomado puntos determinados y se le han establecido cotas, es necesario interpolar entre estos para encontrar puntos de cotas redondas.

Las curvas de nivel son todos los puntos que comprenden la superficie por la cual será trazado el puente vehicular, se obtienen de nivelar toda el área, aguas arriba como aguas abajo del río.

2.5.5. Evaluación de la calidad del suelo y estudio hidrológico

- a. Los datos correspondientes a los estudios del suelo son todos aquellos que se obtienen del lugar donde se va a cimentar el puente vehicular es decir caracteres generales de los materiales que forman el fondo y las márgenes de la corriente, así como el corte geológico indicando los materiales del subsuelo y el nivel de las aguas freáticas, carga admisible aproximada que puede soportar cada estrato del subsuelo a partir del ensayo de laboratorio realizado.

Es un aspecto importante en el diseño de un puente, ya que mediante los resultados obtenidos, se puede conocer con que tipo de suelo se cuenta, además se puede determinar el valor soporte del mismo.

Como no fue posible realizar los ensayos correspondientes por falta de recursos económicos, se realizó una perforación del terreno, determinándose como un área muy árida y con un suelo de tipo limo arcilloso, al cual se le asume un valor soporte de 15,000 kg/m². La cota de cimentación será 1.50 m abajo del lecho del río.

Tabla I. Valores soportantes de suelo

Material del suelo	Ton/m2	Observaciones
Roca sana intemperizada	645	No hay estructura de grietas.
Roca regular	430	
Roca intermedia	215	
Roca agrietada o porosa	22-86	
Suelos gravillosos	107	Compactados, buena granulometría.
Suelos gravillosos	86	Compactados con mas del 100% de grava.
Suelos gravillosos	64	Flojos, mala granulometría
Suelos gravillosos	43	Flojos con mucha arena.
Suelos arenosos	32-64	Densos
Arena fina	22-43	Densa
Suelos arcillosos	53	Duros.
Suelos arcillosos	22	sólidez mediana
Suelos limosos	32	Densos.
Suelos limosos	16	Densidad mediana

Fuente. Cabrera Seis, Jadenón. Tesis: Cimentaciones Facultad de Ingeniería Usac, Guatemala 1994.

- b. Por otra parte los datos hidráulicos de mayor importancia consistirían en una sección en el cruce y dos secciones auxiliares aguas arriba y aguas abajo, considerando el nivel de aguas mínimas, nivel de aguas máximas ordinarias, nivel de aguas máximas extraordinarias, pendiente del fondo del cauce o de la superficie del agua en una extensión de 60 m a cada lado del eje del puente.

El coeficiente de rugosidad del cauce, si el cauce es estable o divagante o si tiene tendencias a divagar, frecuencia y duración de las crecientes máximas extraordinarias, época del año en que se efectúan y dimensiones

aproximadas del material de arrastre, si la corriente deposita o socava, si hay que efectuar alguna canalización, si el remanso afectará propiedades vecinas.

2.5.6. Cálculo de caudales máximos

En proyectos sobre puentes, el dato más útil e indispensable en el perfil transversal del cauce es el que corresponde al tirante normal, tirante de creciente máxima y tirante de creciente máxima extraordinaria, los cuales son necesarios para calcular la luz y altura del puente.

El tirante normal de un río, es aquel que lleva cuando se realiza el levantamiento topográfico y que varía dentro de cierto rango durante la época de estiaje.

La creciente máxima es aquella que se produce con mayor frecuencia en las épocas de lluvia y además se determinan vestigios o señales que deja, o por la información de vecinos del lugar; este tipo de crecidas ocurren cada año.

La creciente máxima extraordinaria ocurre en épocas de tormentas u otros fenómenos naturales que se distancian en muchos años, y que las huellas que éstas dejaron desaparecen con el tiempo, por lo cual es necesario hacer estudios para determinar el nivel de este tipo de crecidas.

En el diseño del puente vehicular del barrio Río Lato se consideró información de la cuenca que afecta directamente a este diseño, para el trazo de dicha cuenca se utilizaron los mapas siguientes: 2260 IV – San Agustín Acasaguastlán, 2160 I – El Progreso, 2160 II – San Jerónimo, 2261 III –

El Cimiento, recopilada en el INSIVUMEH, (ver mapa de cuenca en anexos, página 110), dando como resultados los datos siguientes:

Longitud cuenca = 19 kms

$Q_{Tr_{50a}} = 318.81 \text{ m}^3$

Area = 144 km²

n = 0.042 (valor para área de vegetación)

Longitud = 25.00 m.

H propuesta de diseño = 5.50 mts (a partir de la cota de cimentación)

Encontrando pendiente:

$$\frac{\text{Cota aguas arriba} - \text{Cota aguas abajo}}{\text{Long entre cotas}} = \frac{499.27 - 498.52}{120} = 0.0063 \approx 0.63\%$$

Encontrando Radio Hidráulico:

$$Rh = \frac{A}{PM} = \frac{5.5 * 25}{(2 * 5.5) + 25} = \frac{137.5}{36} = 3.81m$$

Por continuidad:

$$Q = V * A$$

Por fórmula de Manning:

$$Q = \frac{1}{n} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} * A$$

$$A = 25 * y_{max}$$

Despejando el Y máximo:

$$\frac{n * Q}{25 * Rh^{2/3} * S^{1/2}} = y_{max}$$
$$\frac{0.042 * 318.81}{25 * 3.81^{2/3} * 0.0063^{1/2}} = y_{max} = 2.76 \text{ m}$$

Tirante mínimo permisible a partir del espejo del agua:

$$Y = 2.00 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$Y_{propuesta} - (Y_{max} + Y_{min}) = 5.50 - (2.76 + 2.0) = 0.74 \text{ m, si cumple.}$$

Cota de espejo de agua a base de la viga es 4.50 M.

2.6. Diseño del puente vehicular

El diseño del puente vehicular del Barrio Rio Lato se realizará por el método de esfuerzos de trabajo, tomando como base del diseño criterios para diseño de puentes de carreteras, de la Asociación Americana de Autopistas Estatales y Oficiales de Transportes AASHTO, Especificaciones para la Construcción de Carreteras y Puentes de la Dirección General de Caminos, reglamento para las construcciones de concreto estructural del Instituto Americano del Concreto (ACI).

2.6.1. Datos y especificaciones técnicas

- Recubrimientos

AASHTO 8.22. Se utiliza a partir del rostro de la barra a la superficie del concreto. Para cimientos y muros 8 cm, para losas (cama superior) 7 cm, cama inferior 5 cm, para columnas y vigas 8 cm.

- Longitud de desarrollo

AASHTO 8.24.1.2. Se proporcionará a todas las barras la longitud necesaria, a partir del punto donde se requieren por diseño, la cual es la mayor de la profundidad efectiva del elemento, 15 diámetros de la barra o la luz/20.

- Traslapes

AASHTO 8.25. DGC 509.080. Se calculan con base en la longitud de desarrollo establecida en cada caso. Se recomienda el uso de uniones mecánicas para las barras No. 11 o mayores, de tal modo que desarrollen un 125% de la resistencia nominal (FY) de la barra.

- Ganchos

AASHTO 8.23.2.2. DGC 509. Los dobleces deberán ser hechos en frío y un equivalente a 6 diámetros en su lado libre, cuando se trata de 180 grados, y 12 diámetros, cuando se trata de 90 grados.

Para la superestructura se debe tomar en cuenta:

- La acera y el barandal deben construirse posteriormente a la deflexión libre de las vigas.
- Todos los elementos de metal deben cubrirse con dos capas de diferente color de pintura anticorrosiva, exceptuando los pernos que deben estar debidamente engrasados.

Para la subestructura se debe tomar en cuenta:

- Los estribos deben ser diseñados para la capacidad establecida por el estudio de suelos.
- Debe evitarse la explotación de los bancos de materiales circundantes al punto de estudio, para evitar las futuras socavaciones.
- Deberá proporcionarse adecuado drenaje a los estribos para evitar presiones nocivas a la estructura.

2.6.2. Líneas de influencia

En algunas estructuras muchas condiciones de carga pueden desarrollarse y el análisis debe hacerse para determinar las condiciones críticas que pueden suceder al combinarlas.

- **Función de Influencia:** (función de Green), se define como el efecto en un punto como función de la posición de la carga unitaria.
- **Línea de influencia:** es el ploteo de todas las funciones de influencia unidos entre si por una línea continua. Es un efecto estructural tal

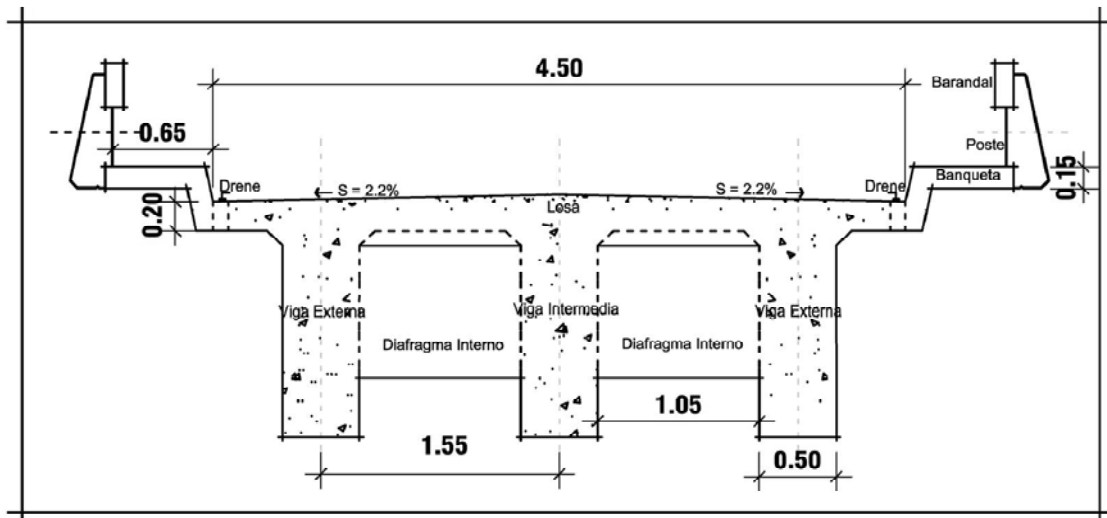
como fuerza interna, reacción o deflexión, planteado como función de la carga unitaria que la causa.

- **Líneas de Influencia por Cuerpo Libre:** constituye el análisis básico y consiste en considerar el equilibrio de los cuerpos libres sobre los cuales la carga unitaria se esta aplicando en diferentes puntos. Es usual definirla en función de las diferentes x .

2.6.3. Diseño de la superestructura

La superestructura está compuesta de elementos como: vigas, diafragmas, losas, barandas y banquetas. Sobre la superestructura se realiza la circulación de los vehículos y de los peatones. Usualmente se le llama tablero del puente.

Figura 1. Sección Transversal de Puente



2.6.4. Diseño de la losa

La losa del puente se diseñará respecto a las normas AASHTO correspondientes; para esto, es necesario determinar como trabaja la losa. En este caso, la losa trabaja en un solo sentido, que es el sentido corto, y por lo tanto el refuerzo principal de la losa es perpendicular al tráfico.

2.6.4.1. Cálculo de peralte

El espesor de losas para puentes de concreto armado va desde 15 cm (espesor mínimo) hasta 25 cm (espesor máximo), según AASHTO 1.2.2.

Para éste diseño se ha adoptado un espesor $t = 0.20m \approx 7.87"$.

2.6.4.2. Cálculo de los momentos

Dada la sección del puente vehicular del Bo. Río Lato, se procede de la siguiente forma:

Momento carga viva (AASHTO 3.24.3.1)

$$M_{cv} = 0.8 \left(\frac{s + 2}{32} \right) * P$$

Donde:

Mcv = Momento por carga viva (lb-pie)

S = Luz de losa entre vigas

P = Carga producida por el camión

Entonces:

$$Mcv = 0.8 \left(\frac{3.445 + 2}{32} \right) * 16000$$

$$Mcv = 2177.95 \text{ lbs. -pie}$$

Momento de carga muerta:

Para la carga W por carga muerta debe tomarse en cuenta el peso de la carpeta ya sea que se considere utilizar un concreto hidráulico o un concreto asfáltico, es importante utilizar una capa de rodadura para no provocarle desgaste a la superficie de la losa.

Para la carga muerta la AASHTO no define momento, así que se utiliza la siguiente:

$$Mcm = \frac{wl^2}{10}$$

Donde:

Mcm = Momento de carga muerta (lb-pie)

W = Carga distribuida (lb/pie)

L = Luz de losa entre vigas

$$Mcm = \frac{(80.488 + 321.95) * (3.445)^2}{10} = 477.58 \text{ lbs. -pie}$$

Momento de carga de impacto (AASHTO 3.8.2.1)

La carga de impacto no es nada más que un incremento en el momento producido por la carga viva, y tiene que ser menor o igual al 30%.

$$I = \frac{50}{s + 125}$$

Donde:

I = Impacto en porcentaje $\leq 30\%$

S = Luz de losa entre vigas

$$I = \frac{50}{3.445 + 125} = 0.389 > 0.3 \text{ No cumple}$$

Por lo tanto se utilizará el porcentaje máximo que es 30%.

Momento último (AASHTO 1.2.22), es:

$$M_u = 1.3(M_{cm} + \frac{5}{3}(M_{cv} + I))$$

Incrementando el Mcv debido al impacto

$$M_{cv+I} = 2177.95 * 1.3 = 2831.339 \text{ lbs. -pie}$$

$$M_u = 1.3(477.58 + \frac{5}{3}(2831.33)) = 6755.42 \text{ lbs. -pie}$$

2.6.4.3. Cálculo del refuerzo

$$M_u = \theta * A_s * F_y \left(\frac{d - A_s * F_y}{1.7 F_c * b} \right)$$

Despejando el A_s da como resultado una ecuación cuadrática, resolviendo por programa:

$$A_{s1} = 1.80 \text{ cm.}^2$$

$$A_{s2} = 165.50 \text{ cm.}^2$$

Chequeando el A_s mínimo, para una franja unitaria y en centímetros.

$$A_{s_{min}} = \frac{14.1}{F_y} * b * t = \frac{14.1}{2810} * 100 * 14.5 = 4.86 \text{ cm.}^2$$

Chequeando A_s máximo, para una franja unitaria y en centímetros:

$$A_{s_{max}} = \rho_{max} * b * t$$

$$\rho_{max} = 0.5\rho_b$$

$$\rho_b = 0.85\beta_1 * \frac{6090 * F_c}{f_y(6090 + f_y)} = 0.02861$$

$$\rho_{max} = 0.5(0.02861) = 0.0143$$

$$A_{s_{max}} = 20.74 \text{ cm.}^2$$

Debido a que nuestro valor de A_{s_1} no entra en el rango se tomará el $A_{s_{min}}$ para el cálculo del refuerzo; para cubrir el área de acero requerida se propone:

Vars. G40. No4 @50 cm.

El refuerzo longitudinal (AASHTO 3.24.10.2)

$$A_s = \frac{220}{\sqrt{3.445}} = 1.185 > 67\%$$

$$A_s = 0.67 * 10 = 3.40 \text{ cm}^2$$

Varillas G40 No. 4

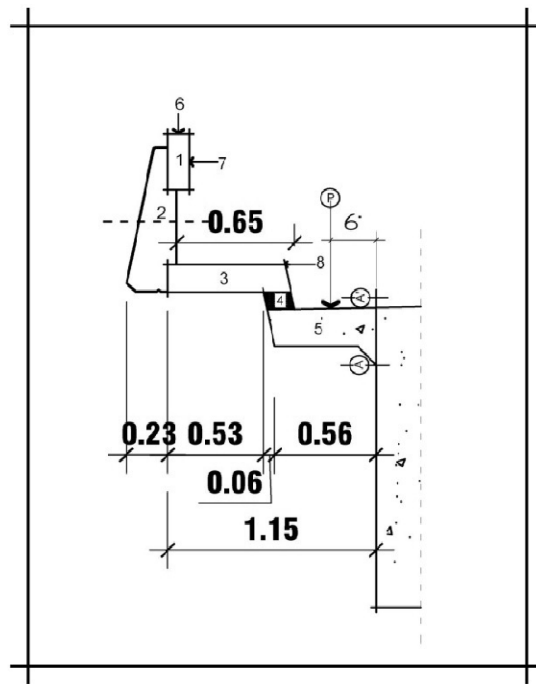
Cama superior, As por temperatura:

$$A_s = 0.002 * b * t = 0.002 * 100 * 14.5 = 2.9 \text{ cm}^2$$

3 No. 4 @30cms

Cálculo de losa en voladizo:

Figura 2. Losa en voladizo, banquetta, poste y barandal



La carga muerta se toma en base a dimensiones tradicionales:

$$P_1 = (\text{barandal}) = 72.56 \text{ Lb} - \text{pie}$$

$$P_2 = (\text{poste}) = 15.85 \text{ Lb} - \text{pie}$$

$$P_3 = (\text{acera}) = 193.550 \text{ Lb} - \text{pie}$$

$$P_4 = (\text{mordiente}) = 19.50 \text{ Lb} - \text{pie}$$

$$P_5 = (\text{losa}) = 165.00 \text{ Lb} - \text{pie}$$

La carga viva en base a cargas de AAHTO:

$$P_6 = (\text{barandal vert}) = 100.00 \text{ Lb} - \text{pie}$$

$$P_7 = (\text{barandal hor}) = 300.0 \text{ Lb} - \text{pie}$$

$$P_8 = (\text{acera}) = 500.00 \text{ Lb} - \text{pie}$$

Realizando Σ Momentos en la sección A – A' tenemos:

$$M_{cm} = 1161.96 \text{ Lb-pie}$$

$$M_{cv} = 1828.64 \text{ Lb-pie}$$

Utilizando el modelo en voladizo; el momento producido por la rueda del camión caso A, AASHTO 3.24.5.1.1.

$$M = \frac{P * X}{E}$$

$$\text{Donde } P = H_s - 20 - 44$$

$$E = 0.8 * X + 2.05$$

$X = \text{Distribucion de Rueda} - \text{Epotramiento}$

$$E = 0.8 * (0.5 + 2.05) = 2.05$$

$$E = 0.8 * (0.5 + 2.05) = 2.05$$

$$M = \frac{16000 * 0.5}{2.05} = 3265.30 \text{ Lb} - \text{pie}$$

Incrementando este momento debido al impacto:

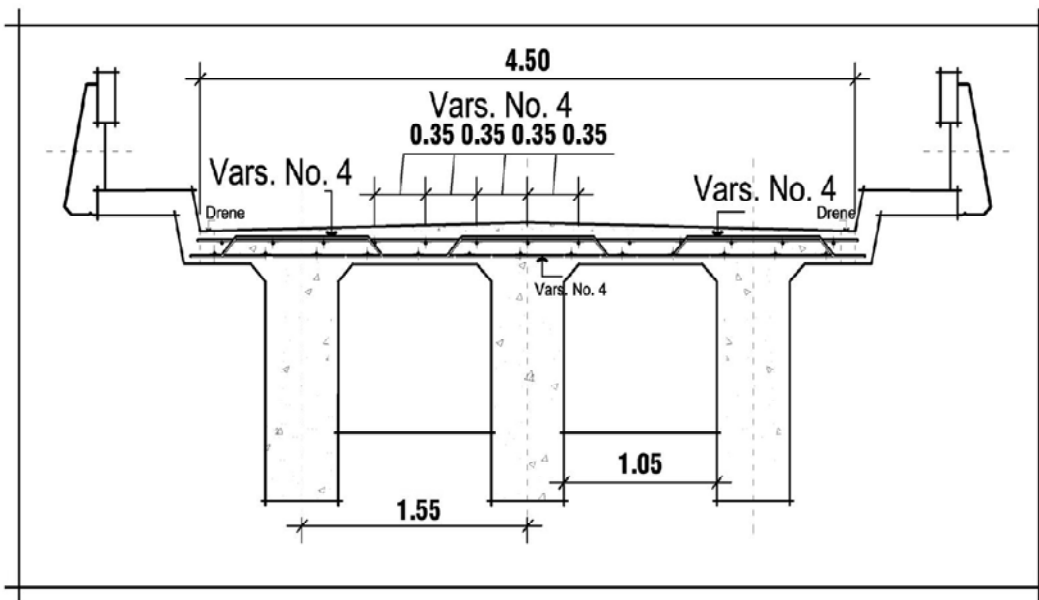
$$M_{cv+I} = 3265.30 * 1.3 = 4244.89 \text{ lb} - \text{pie}$$

Con la sumatoria de momentos tenemos en A – A':

$$M = M_{cv+l} + M_{cm} + M_{cv} = 7235.5Lb - pie$$

El $A_s = 1.93 \text{ cms}^2$ por lo tanto se utilizará la misma área de acero mínima del refuerzo principal.

Figura 3. Armado de Losa en voladizo



2.6.5. Diseño de viga

Las vigas son los elementos estructurales más importantes de la superestructura, ya que estas transmiten cargas externas transversales, tanto carga muerta como carga viva, que provocan momentos flexionantes y fuerzas cortantes en su longitud. Además, las vigas son las que soportan toda la carga de la superestructura y le dan la estabilidad a ésta.

Las vigas de concreto para superestructuras de puentes pueden ser vigas reforzadas (para luces cortas), y vigas preesforzadas (para luces relativamente largas).

Según el ancho de rodadura que tenga un puente, así es la cantidad de vigas que se diseñan.

Viga interior y exterior:

(B.1) Carga Muerta, según AASHO 1.3.1 (B.2.a) para el análisis de las vigas de la superestructura hay dos casos posibles y en base a esta especificación, en el diseño se tomara el siguiente criterio:

Las tres vigas soportan igual carga muerta, siempre que se emplee una junta de construcción entre el mordiente y la losa y que se fundan tanto el mordiente como la acera y el barandal, después de permitir la libre deflexión de las vigas y losa doblemente curadas.

2.6.5.1. Cálculo de peralte y base

Peralte: para no realizar revisión por deflexión

$$H_{viga} = \frac{L}{16} = \frac{25}{16} = 1.56 \cong 1.60 \text{ m}$$

Base: Debe ser menor o igual a la altura de la viga dividido 3.5

$$B \leq \frac{H}{3.5} = \frac{1.56}{3.5} = 0.45 \cong 0.50 \text{ m}$$

2.6.5.2. Cálculo de momentos

Para el cálculo de momento de la carga viva en puentes, es necesario comparar dos situaciones distintas de carga a lo largo de la luz de un puente.

La primera situación se da cuando el camión se encuentra en el lugar crítico, que provoca el máximo momento en las vigas. Este lugar crítico se da cuando la mayor carga del camión se encuentra a la misma distancia de un apoyo, como su centro de gravedad al otro apoyo.

La segunda situación se da teniendo una fila de camiones (figura AASHTO 3.7.6 A), que resulta como una carga uniformemente distribuida, con lo cual se calcula el momento correspondiente de esta carga.

Una vez obtenidos los momentos de ambas situaciones, se comparan y se considera crítica la mayor; por lo tanto, es el momento que se usará para el diseño. La carga usada para este proyecto es la AASHTO Hs 20-44.

Datos:

$$L = 25.00 \text{ mts} \approx 82.02 \text{ pie}$$

$$b = 0.50 \text{ mts} \approx 1.64 \text{ pie}$$

$$L = 25.00 \approx 82.02 \text{ pie}$$

$$Hs - 20 = 2 \text{ ejes traseros } 16000 \text{ Lbs} + 1 \text{ eje delantero } 4000 \text{ Lbs}$$

$$\text{Distancias entre ejes } 4.2672 \approx 14 \text{ pie}$$

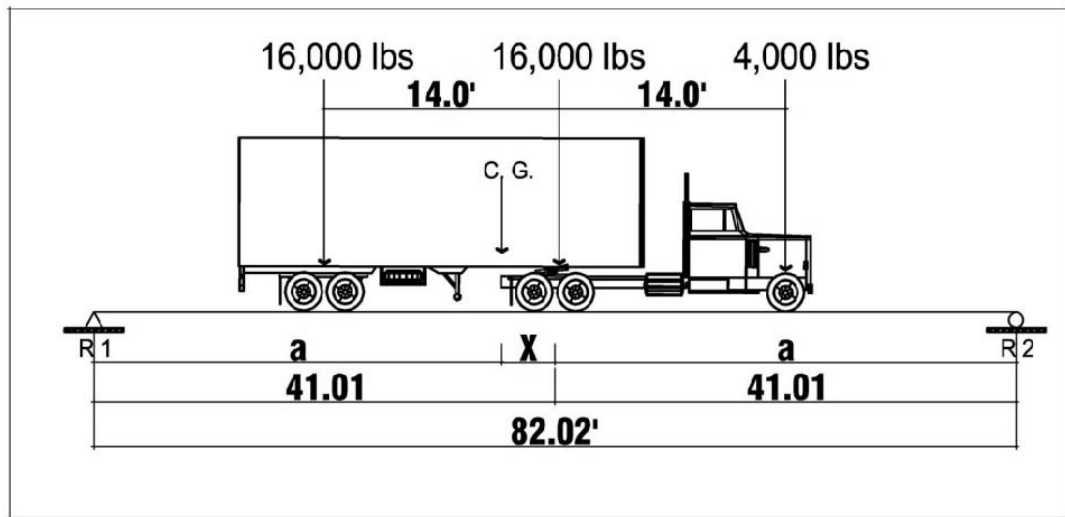
Factor de Distribución:

Para puente de una vía:

$$\frac{S}{6.5} < 6ft = \frac{5.08'}{6.5} = 0.78$$

Donde S es la separación entre vigas a ejes.

Figura 4. Diagrama de Cuerpo Libre de Carga Viva



Haciendo sumatoria de momentos en el centro de gravedad del camión:

$$\Sigma M_{CG} = 0$$

$$16(14 - X) = 4(14 + X) + 16X$$

$$\frac{168}{36} = X = 4.66' \rightarrow 14 - X = 9.33'$$

Donde X es igual a la distancia desde el CG hasta el eje intermedio.

$$2a + X = 82.02'$$

$$a = \frac{82.02' - 4.66'}{2} = 38.67'$$

Donde a es la longitud que existe desde cada apoyo al CG.

Encontrando las reacciones:

$$\Sigma M_b = 0$$

$$82.02 * Ra = 38.67 * (2 * 16000 + 4000)$$

$$Ra = 16975.87 \text{ Lbs}$$

$$Rb = (2 * 16000 + 4000) - 16975.87$$

$$Rb = 19024.13 \text{ Lbs}$$

Calculando el momento máximo:

$$M_{max} = 16975.87(4.66 + 38.67) - (4000 * 14) = 679799.34 \text{ Lbs} - ft$$

Incrementando por carga de impacto:

$$I = \frac{50}{82.02 + 125} = 0.24$$

$$M_{cv} + I = 679799.34 * 1.24 = 843985.43 \text{ Lbs} - ft$$

Momento por carga muerta:

Peso del diafragma interior:

$$P = \gamma_{con} * b * a * l$$

$$P = 150 * 0.98 * 3.94 * 3.44 = 2000.03 \text{ Lbs}$$

$$P' = 1.4(2000.03) = 2800.04 \text{ Lbs} = 2.8 \text{ Kips}$$

W losa + W viga

$$W \text{ losa} = 482.92 \text{ Lb/ft}$$

$$W \text{ viga} = 1287.80 \text{ Lb/ft}$$

Incrementando por carga de servicio:

$$W_{total} = 1.4 \cdot (482.92 + 1287.8) = 2,479.024 \text{ lbs.}$$

$$M_{CM} = \frac{WL^2}{8} + \left(P' \cdot \frac{L_{VIGA}}{2} \right) = 2,199.52 \text{ Kips} - ft$$

Resumen de Momentos:

$$M_{cv} + I = 843.98 \text{ Kips} - ft$$

$$M_{CM} = 2,199.52 \text{ Kips} - ft$$

$$M_U = 1.3 \left(2199.52 + \frac{5}{3} \cdot 843.98 \right) = 4,688.00 \text{ Kips} - ft$$

2.6.5.3. Cálculo de refuerzos

Por programa:

$$A_s = 139.47 \text{ cms}^2 \approx 21.61 \text{ plg}^2$$

$$A_{s \text{ min}} = 26.85 \text{ cms}^2 \approx 4.16 \text{ plg}^2$$

28 Vars No. 8 G 40

2.6.5.4. Diseño a corte

Para el cálculo del refuerzo por corte, es necesario calcular el corte total actuante en la viga, compuesta por el cortante debido a peso muerto, sobrecarga e impacto.

Corte debido a carga viva: el corte es máximo cuando el eje trasero de la carrocería del camión se encuentra en el apoyo de la viga.

Para este caso, el corte máximo será el valor de la reacción R1, la cual se calcula haciendo sumatoria de momentos en el apoyo B.

$$Ra = Vcv$$

$$82.02Ra = 16000(82.02) + 16(82.02 - 14) + 4(82.02 - 28) = 31,903.49 \text{ Lbs}$$

$$= 31.90 \text{ Kips}$$

$$Ra * Fd = 31903.49 * 0.78 = 24,959.83 \text{ Lbs}$$

$$Vcv + I = 31903.49 * 1.30 = 32,447.77 \text{ Lbs}$$

$$Vcm = \frac{Wtotal * Lt}{2} + \frac{P'}{2} = 103,066.05 \text{ Lbs}$$

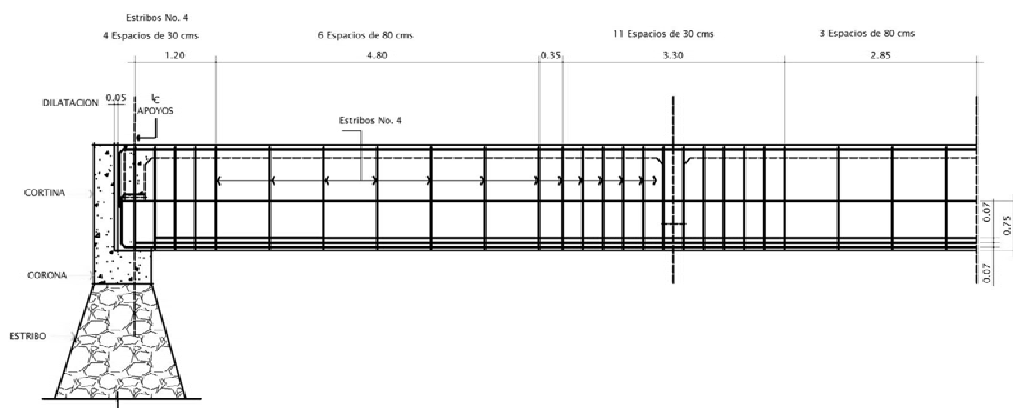
$$Vu = 1.3(Vcm + \frac{5}{3}Vcv + I) = 111,152.86 \text{ Lbs}$$

$$Vcr = 0.53 * \beta_1 \sqrt{Fc} * b * h = 132,910.04 \text{ Lbs}$$

$$Vcr > Vu$$

Se colocarán estribos No4 Grado 60.

Figura 5. Armado de viga, sección Longitudinal



2.6.6. Diseño de diafragmas

Los diafragmas son elementos estructurales diseñados, para soportar las deformaciones laterales y transversales de las vigas de la superestructura de un puente.

Según AASHO 1.7.4 (D), cuando la luz de la superestructura es mayor de 40 pies, es necesario colocar los diafragmas en el punto medio o en los tercios aproximadamente, se usarán también dos diafragmas exteriores en los extremos de las vigas.

El ancho del diafragma será 30 cms para cualquier caso, pues se considera que dicho ancho es el mínimo recomendable por facilidad de construcción. Según AASHO 1.7.5 (B), el recubrimiento mínimo debe ser de 2”.

2.6.6.1. Diseño de diafragma interior

La altura del diafragma interior se calcula conociendo la altura de la viga por la tanto:

$$h = \frac{3}{4} H_{viga} = \frac{3}{4} * (1.60) = 1.20m$$

$$b = 0.30 m.$$

El peso de los diafragmas interiores actúa como una carga concentrada sobre las vigas.

$$P' = \frac{1}{3} P$$

$$P = \gamma_{concreto} * b * h * l = 907.2 kg. \approx 2000.03 Lbs$$

$$P' = \frac{1}{3}(2000.03) = 666.67 \text{ Lbs}$$

$$A_{s_{min}} = \rho * b * d$$

$$\rho = \frac{200}{F_y} = \frac{200}{40000} = 0.005$$

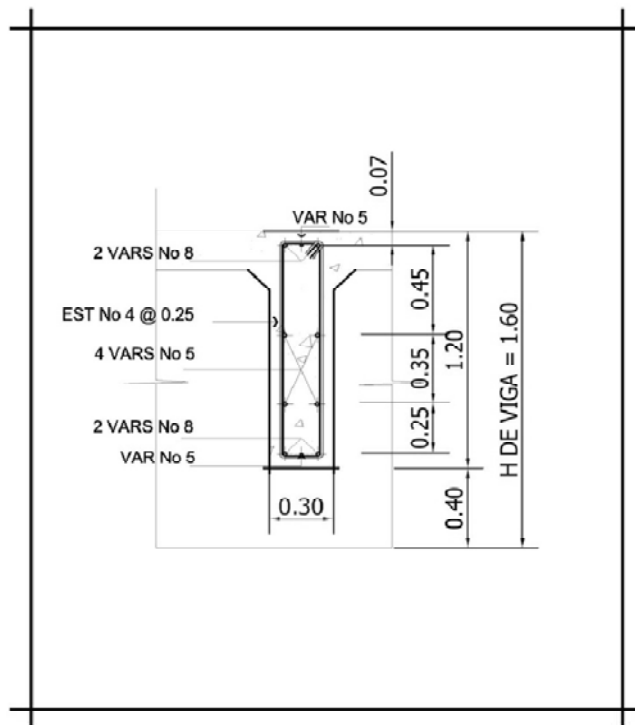
$$A_{s_{min}} = \rho * b * d = 11.58 \text{ cms}^2$$

Refuerzo: 2 vars grado 40 No. 8 + 1 vars No. 5 colocadas arriba y abajo.

El As del refuerzo superior del diafragma se toma el 25% del As Principal entonces tendríamos:

$$A_s = 6.34 \text{ cms}^2 = 4 \text{ vars No. 5}$$

Figura 6. Armado de diafragma interior



2.6.6.2. Diseño de diafragma exterior

El peso de los diafragmas exteriores se asume que se transmite directamente a los apoyos de las vigas, no teniendo ninguna influencia sobre las vigas posteriormente. Para el cálculo del diafragma se utiliza el mismo procedimiento del diafragma interior siendo:

La altura del diafragma interior se calcula conociendo la altura de la viga, sólo que a diferencia del diafragma interior este se calcula a $\frac{1}{2}$ de la H de la viga, por la tanto:

$$h = \frac{1}{2}H_{viga} = \frac{1}{2} * (1.6) = 0.80$$

$$b = 0.30 \text{ mts.}$$

$$A_{s_{min}} = \rho * b * d$$

$$\rho = \frac{14.1}{F_y} = \frac{14.1}{4200} = 0.003$$

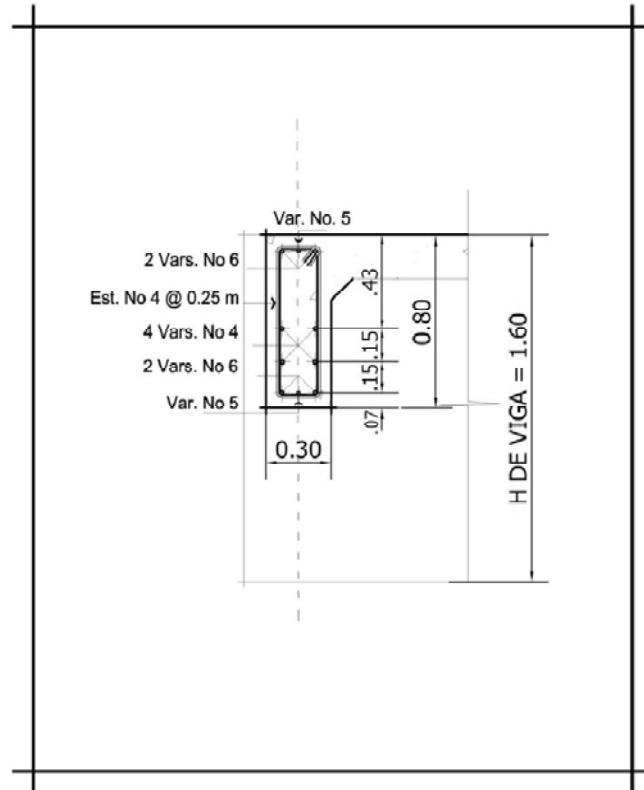
$$A_{s_{min}} = 0.003 * 30 * 75 = 7.55 \text{ cms}^2$$

Refuerzo: 2 vars grado 40 No. 6 + 1 Var No 5 arriba y abajo

$$A_{s \text{ ad}} = 5.29 \text{ cms}^2$$

Refuerzo: 4 vars grado 40 No. 4 + Estribos No4 a 0.25mts

Figura 7. Armado de Diafragma Externo



2.6.7. Diseño de la subestructura

La subestructura de un puente es el conjunto de elementos estructurales destinados a transmitir la carga proveniente de la superestructura, hacia el terreno donde se edifica la obra. La subestructura está constituida por estribos y pilas.

Estribos son los apoyos extremos de la superestructura, que además de transmitir las cargas al suelo también contiene el relleno estructural o terraplén de la carretera.

El tipo y material de la subestructura que se va a utilizar en un puente dependerá de varios factores: vida útil, longitud del claro, condición de los estratos de apoyo, condición del cause del río, economía, etc.

Los estribos y pilas para puentes podrán ser de piedra, concreto masivo, concreto armado acero y también de madera. La decisión de utilizar una subestructura de madera para puentes de este mismo material estará determinada, inicialmente, por la longitud de los tramos del puente, ya que no se recomienda el uso de subestructuras de madera para luces mayores a 10 m, debido al peso de superestructuras y a las cargas del tráfico de vehículos.

2.6.7.1. Diseño de la cortina

Para determinar la geometría de la cortina se tomó en cuenta el espesor de la losa, la pendiente y el espesor del apoyo de la superestructura.

Según AASHTO 1.2.22, la cortina está empotrada sobre la viga de apoyo, actuando en ella las fuerzas de: empuje de la tierra (E), fuerza longitudinal (FL) y la fuerza de sismo (EQ).

Datos:

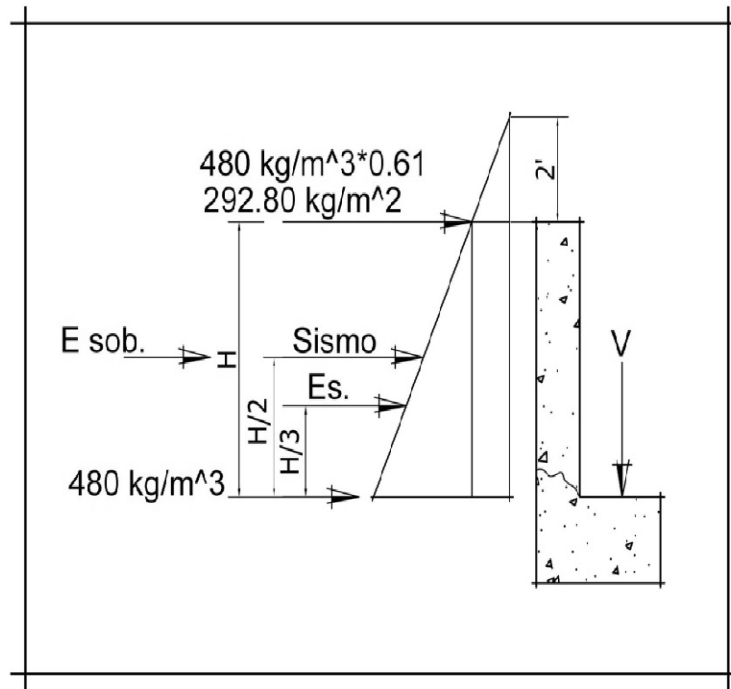
Base: 0.30 Mts

Altura H: 1.60 Mts

Franja Unitaria: 1.00 Mts

Ancho de puente: 4.80 Mts

Figura 8. Diagrama de Presiones



Hallando presiones:

Según AASHTO 3.20, se deberá considerar una sobre carga del suelo del equivalente líquido de $2' = 0.61$ metros con una presión de 480Kg/m^3 .

P_{sob} : presión de sobrecarga a $2'$

$$P_{sob} = 480 * 0.61 = 292.60 \text{ kg/m}^2$$

P_{si} : presión del suelo equivalente

$$P_{si} = 480 * 1.60 = 768 \text{ kg/m}^2$$

Calculo de fuerzas:

Empuje de sobrecarga

$$E_{sob} = 292.60 * 1.60 = 468.17 \text{ kg/m}$$

Empuje de suelo equivalente

$$E_s = \frac{768 * 1.60}{2} = 614.4 \text{ kg/m}$$

Sismo

$$S = 0.12W$$

$$W = W_{cortina} + W_{corona}$$

$$W_{cortina} = 1152 \text{ kg/m}$$

$$W_{corona} = 1020 \text{ kg/m}$$

$$S = 0.12(2172) = 260.64 \text{ kg/m}$$

Fuerza Longitudinal

$$L_f = \frac{0.05 * P}{2 * H_{COR}}$$

$$L_f = \frac{0.05 * 7257.47 \text{ kg}}{2 * 1.60} = 113.39 \text{ kg/m}$$

Por ser dos lados entonces

$$L_f = 2 * 113.39 = 226.79 \text{ kg/m}$$

Actuando a 6' = 1.82m

El brazo

$$Br = 6' + Hcor$$

$$Br = 1.82 m + 1.6 m = 3.42 m$$

Calculo de los momentos

$$ME_{Sob} = \frac{468.17 * 1.60}{2} = 374.53 kg - m$$

$$ME_{Sequi} = \frac{614.4 * 1.60}{3} = 327.68 kg - m$$

$$Msismo = \frac{260.64 * 1.60}{2} = 208.51 kg - m$$

$$MLf = 226.79 * 3.42 = 776.10 kg - m$$

Combinación de cargas:

$$Grupo III = M = 1.3(E + Lf)$$

$$Grupo VII = M = 1.3(E + S)$$

$$Grupo III = M = 1.3(374.53 + 327.68 + 776.10) = 1921.80 kg - m$$

$$Grupo VII = M = 1.3(374.53 + 327.68 + 208.51) = 1183.94 kg - m$$

Se toma el mayor de los dos grupos en este caso se toma el momento del Grupo III.

$$Mu = 1921.80 kg - m$$

Por programa

$$As = 0.354 cms^2$$

Chequeando As mínima

$$A_{s_{min}} = \rho * b * d$$

$$\rho = \frac{14.1}{F_y} = \frac{14.1}{4200} = 0.003$$

$$A_{s_{min}} = 0.003 * 30 * 152 = 15.309 \text{ cms}^2$$

8 Vars No 5

Chequeo por corte

$$\text{Grupo III} = V = 1.3(E + Lf)$$

$$\text{Grupo VII} = V = 1.3(E + S)$$

$$\text{Grupo III} = V = 1.3(1082.57 + 226.79) = 1702.18 \text{ kg}$$

$$\text{Grupo VII} = V = 1.3(1082.57 + 260.64) = 1343.21 \text{ kg} - m$$

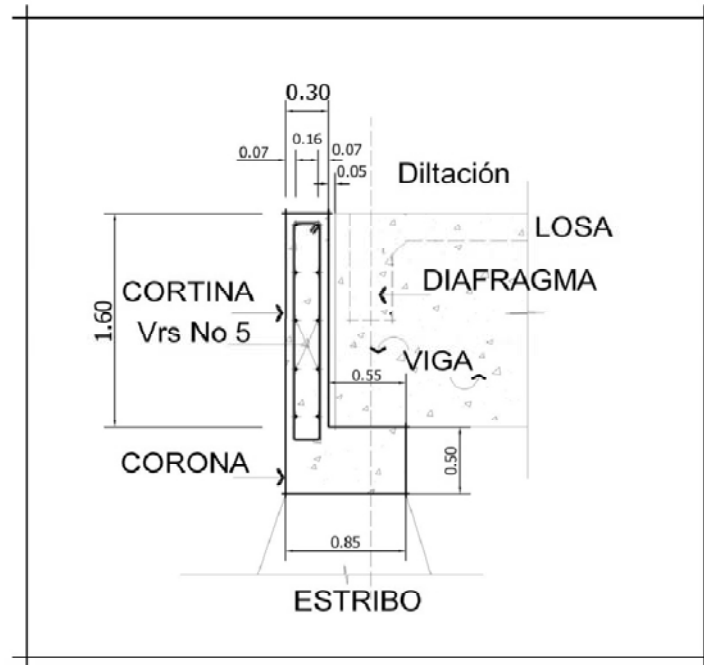
Se toma el mayor de los dos grupos en este caso se toma el momento del Grupo III.

$$V_u = 1702.18 \text{ Kg}$$

$$V_{cr} = 0.53 * 0.85\sqrt{281} * 30 * 160 = 36248.422 \text{ Kg}$$

Se colocaran estribos No. 4 G 40

Figura 8. Armado de Cortina.



2.6.7.2. Diseño de la viga de apoyo

La viga de apoyo se chequea por aplastamiento, debido a que está apoyada en toda su longitud, y se refuerza con acero mínimo por no soportar flexión. El refuerzo transversal lo constituyen los estribos.

Datos:

Base: 0.85 Mts

H: 0.50 Mts

Chequeando $A_{s\ min}$

$$A_{s\ min} = \rho * b * d$$

$$\rho = \frac{14.1}{F_y} = \frac{14.1}{4200} = 0.003$$

$$A_{s_{min}} = 0.003 * 85 * 50 = 14.26 \text{ cms}^2$$

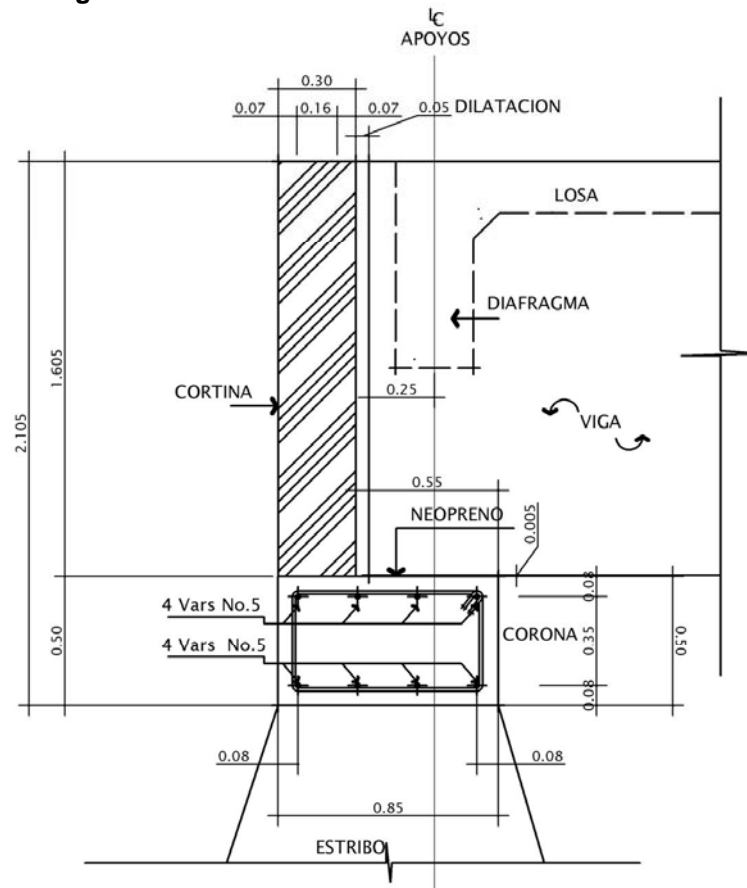
Refuerzo 8 Vars No 5 G 40 + Estribos No 4

Área de neopreno

$$A_{neop} = \frac{Vu \text{ viga}}{f_c} = \frac{50524.03}{281} = 179.80 \text{ cms}^2$$

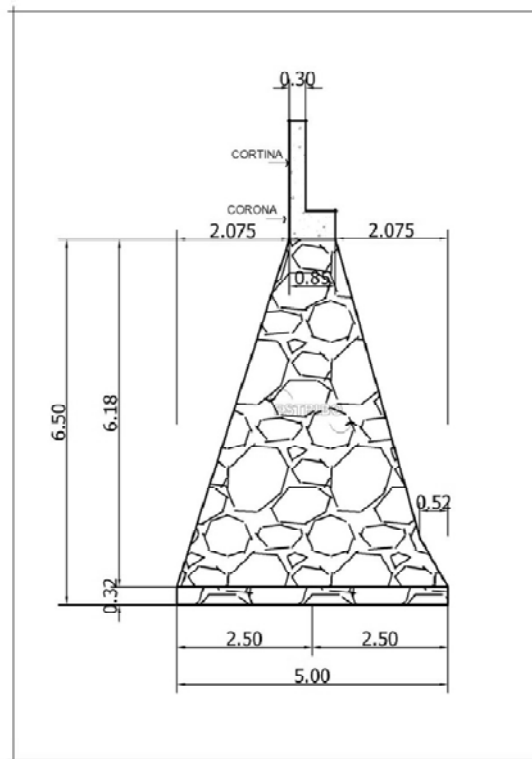
Se colocará una plancha cuadrada de neopreno de 20 x 20 Cms.

Figura 9. Armado de Viga de Base o Corona.



2.1.1.1. Diseño del estribo de concreto ciclópeo

Figura 10. Estribo de Concreto Ciclópeo.



Datos:

γ Concreto =	2,400	Kg/m ³
γ Suelo =	1,400	Kg/m ³
γ concreto ciclópeo =	2,700	Kg/m ³
Vs =	15,000	Kg/m ²
Equivalente líquido	480.00	kg/m ³
Psob	2.00	pie
H estribo	8.60	m
B estribo	5.20	
Presión sobrecarga	292.61	kg/m ²
Ps = Presión suelo	4,128.00	kg/m ²
Esob = Empuje sobre presión	2,516.4288	kg/m ²
Es= Empuje suelo	17,750.4	kg/m ²
Momento de Esob.	1,0820.64384	kg-m
Mes=	5,0884.48	kg-m

Cálculo de momento estabilizante ME respecto a la longitud de base:

Tabla II. Momentos de volteo (kg – m)

Sección	Empuje Kg	Brazo Mts.	Momento Kg-m
I	2,516.4288	4.3	10820.644
II	1,7750.4	2.867	50884.48
Total:	20,266.829		61705.124

Tabla III. Cálculo de momento estabilizante ME (respecto AB)

Sección	Área en m ²	Peso específico ³ Kg/m	Peso Kg	Brazo Mts	Momento Kg - Mts
1	0.4788	2400	1149.12	1.52	1746.6624
2	0.4235	2400	1016.4	1.24	1260.336
3	6.4123	2700	17313.21	3.61	62500.688
4	7.4	2700	19980	2.5	49950
5	4.04	2700	10908	1.55	16907.4
6	1.3577	2700	3665.79	1.29	4728.8691
7	0.2288	2700	617.76	0.34	210.0384
8	1.6	2700	4320	2.5	10800
9	6.4123	1400	8977.22	4.31	38691.818
10	4.35	1400	6090	3.96	24116.4
			67947.5		186795.81

Según especificación

$$\text{Volteo} = \frac{67947.5}{20266.82} = 3.02 \geq 1.5 \text{ cumple}$$

$$\text{Deslizamiento} = \frac{0.5 * 67947.5}{20266.82} = 1.67 \geq 1.5 \text{ cumple}$$

Presiones

$$a = \frac{(ME - MV)}{W} = \frac{67947.5 - 61705.12}{1867795.81} = 1.84m$$

$$3a > b = 1.84 * 3 = 5.52 \text{ si cumple}$$

Excentricidad

$$e = \frac{b}{2} - a = \frac{5.20}{2} - 1.84 = 0.76$$

$$P = \frac{W}{A} \pm \left(1 \pm \frac{6 * e}{b} \right)$$

$$P \text{ máximo} = 13068.7027 < V_s$$

$$P \text{ mínimo} = 13066.7027 > 0$$

Verificación del muro con superestructura y carga viva

Cargas

$$\text{Sobrecarga} = \frac{P}{\text{brazo}} = \frac{7257.4}{2.92} = 2485.43 \text{ kg/m}$$

$$\text{Sobrecarga} + I = 2485.43 * 1.3 = 3231.06 \text{ kg/m}$$

$$W \text{ banqueta} = 288.49 \text{ kg/m}$$

$$W \text{ total} = 3519.56 \text{ kg/m}$$

$$W_u = 1.7 * (3519.56) = 5983.25 \text{ kg}$$

ME = 15556.45 kg/m

ME total = 202352.26 kg/m

Tabla IV. Momento de volteo de muro con sismo.

Sección	Área en m ²	Peso específico ³ Kg/m	Peso Kg	Brazo Mts	Momento Kg - Mts
1	0.4788	2400	1149.12	7.00	8043.84
2	0.4235	2400	1016.4	6.50	6606.6
3	6.4123	2700	17313.21	2.38	41205.44
4	7.4	2700	19980	3.09	61738.2
5	4.04	2700	10908	2.63	28688.04
6	1.3577	2700	3665.79	0.76	2786.0004
7	0.2288	2700	617.76	0.6133	378.87221
8	1.6	2700	4320	0.16	691.2
9	6.4123	1400	8977.22	4.44	39858.857
10	4.35	1400	6090	7.55	45979.5
			67947.5		189997.05

Según especificación

$$\text{Volteo} = \frac{202352.26}{61705.124} = 3.272 \geq 1.5 \text{ cumple}$$

$$\text{Deslizamiento} = \frac{0.5 * (67947.5 + 5983.251009)}{20266.829} = 1.8239 \geq 1.5 \text{ cumple}$$

Presiones

$$a = \frac{(ME - MV)}{W} = \frac{202352.2648 - 61705.124}{67947.5 + 5983.25} = 1.90m$$

$$3a > b = 1.90 * 3 = 5.7073 \text{ si cumple}$$

Excentricidad

$$e = \frac{b}{2} - a = \frac{5.20}{2} - 1.90 = 0.69$$

$$P = \frac{W}{A} \pm \left(1 \pm \frac{6 * e}{b} \right)$$

$$P_{\max} = 14219.2570 < V_s$$

$$P_{\min} = 14217.2570 > 0$$

Verificación del muro por sismo

$$W = 67947.5 + 5983.2510 + 73930.751 = 147861.502 \text{ kg/m}$$

$$ME = 147861.502 + (73930.751 * 6/2) = 163417.9546 \text{ kg-m}$$

$$F_{\text{horizontal}} = (1.08 * 20266.829) + (1.08 * 73930.751) = 101733.3862 \text{ kg}$$

$$MEQ = 0.08 * (101733.386) = 8138.6708 \text{ kg/m}$$

$$M_{\text{volteo}} = 1.08 * (61705.124) + (5983.2510 * 1.08 * 5.5) = 102182.0447$$

$$\text{Volteo} = \frac{163417.9546}{102182.0447} = 1.59 > 1.5 \text{ si cumple}$$

$$\text{Deslizamiento} = 0.5 * \frac{73930.751}{101733.3862} = 0.029 > 0 \text{ si cumple}$$

2.1.2. Diseño de barandal

Los barandales de los puentes se clasifican según su uso. Se pueden construir de acero, concreto, o mixtos. Para efectos de este proyecto, el barandal y los postes serán de concreto, típicos según AASHTO 2.7.1 como se muestra a continuación.

2.1.3. Diseño de banqueta

Para el diseño de la banqueta se utilizó el mismo procedimiento de la losa de rodadura, por consiguiente esta tendrá el mismo refuerzo que la losa de rodadura.

PUENTE VEHICULAR Bo. RIO LATO

Proyecto:

Longitud: 25 METROS LINEALES

Fecha: Mayo de 2007

CUADRO DE CANTIDADES DE TRABAJO, PRECIO UNITARIO Y MONTO TOTAL

REGLÓN	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	MONTO
PUENTE Bo. RIO LATO					
205,05	Excavación estructural para estructuras	m3	343,02	Q 135,81	Q 46.585,55
206,02	Relleno estructural	m3	231,50	Q 148,33	Q 34.338,40
551,02	Concreto clase 3000 para superestructura	m3	39,21	Q 1.665,60	Q 65.308,18
552,02	Acero de refuerzo	kg	8.633,42	Q 29,82	Q 257.448,58
602.03(d)(4")	Tubo galvanizada 4" diam. Para dren superestructura	ml	3,40	Q 198,78	Q 675,85
559,09	Conexiones con pernos de alta resistencia	u.	24,00	Q 600,05	Q 14.401,20
561.03(c)	Almohadilla elastomérica (neopreno)	dm2	165,00	Q 314,70	Q 51.925,50
555,02	Concreto ciclopeo para estribos.	m3	242,48	Q 1.067,05	Q 258.738,28
105,05	planos finales de puente	u.	3,00	Q 622,44	Q 1.867,32
				TOTAL:	Q 731.288,86

TOTAL : Q. 731,288.86

Setecientos treinta y un mil doscientos ochenta y ocho quetzales con ochenta y seis centavos.

PROGRAMA DE AVANCE FISICO - FINANCIERO

REGION	CONCEPTO	U	CANT. DE OBRA INSTALADO	PRECIO UNITARIO	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				TOTAL		
					SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4			
205.05	Enteado estructural para estructuras	m3	347.02	Q 156.61	Q 46 596.35	170.00	170.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	343.02	
206.02	Reboco estructural	m3	231.50	Q 149.33	Q 34 539.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
551.02	Concreto clase 300 para su estructura	m3	39.21	Q 1 699.60	Q 66 308.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
552.02	Acero de refuerzo	kg	8 833.42	Q 29.92	Q 263 446.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
602.0304(*)	Tubo galvanizado 4" diam. Para dren superestructura	m	3.40	Q 198.78	Q 675.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
555.09	Construcción con planta de alta resistencia	l	24.00	Q 600.08	Q 14 401.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
561.02(*)	Amortadora elastomérica (freoneno)	cm2	195.00	Q 314.10	Q 61 250.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
555.02	Concreto colado para esteros	m3	242.48	Q 1 087.05	Q 263 736.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
105.05	placa fresa de suete	y	3.00	Q 622.44	Q 1 867.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
VOLUMEN SEMANAL					Q 731 288.98	Q 22 887.78	Q 25 437.93	Q 42 682.90	Q 42 682.90	Q 73 584.90	Q 73 584.90	Q 73 584.90	Q 73 584.90	Q 73 584.90	Q 73 584.90	Q 73 584.90	Q 73 584.90	Q 73 584.90	Q 73 584.90	Q 73 584.90	Q 73 584.90	Q 73 584.90	Q 73 584.90
VOLUMEN MENSUAL					Q 731 288.98	Q 22 887.78	Q 25 437.93	Q 42 682.90	Q 42 682.90	Q 73 584.90	Q 73 584.90	Q 73 584.90	Q 73 584.90	Q 73 584.90	Q 73 584.90	Q 73 584.90	Q 73 584.90	Q 73 584.90	Q 73 584.90	Q 73 584.90	Q 73 584.90	Q 73 584.90	Q 73 584.90
VOLUMEN ACUMULADO					Q 731 288.98	Q 22 887.78	Q 25 437.93	Q 42 682.90	Q 42 682.90	Q 73 584.90	Q 73 584.90	Q 73 584.90	Q 73 584.90	Q 73 584.90	Q 73 584.90	Q 73 584.90	Q 73 584.90	Q 73 584.90	Q 73 584.90	Q 73 584.90	Q 73 584.90	Q 73 584.90	Q 73 584.90
% AVANCE MENSUAL					100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
% AVANCE ACUMULADO					100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

3. DISEÑO DE APERTURA DE TRAMO CARRETERO DE LAS COMUNIDADES LA CAMPANA Y LA LAGUNETA, DEL MUNICIPIO DE GUASTATOYA

3.1. Descripción del proyecto

Este proyecto consiste en el diseño de un camino de apertura que conduce a las comunidades de La Campana a La Laguneta, con longitud de mil quinientos treinta y tres metros, el diseño se adapta a una carretera de clasificación tipo E, para una región montañosa, para un tránsito promedio diario menor a cien vehículos; la velocidad de diseño es de 30 KPH, un ancho de rodadura de 5.00 metros, el grado de curvatura máximo que puede utilizarse es $(G) = 60^\circ$, y la pendiente máxima es de 15%, haciendo la recomendación que si sobre pasa de esta pendiente será necesario hacer empedrados o pavimentación de rodadura.

3.2. Preliminar de campo

Los reconocimientos de campo terrestres preliminares, son de gran importancia previo al diseño de cualquier proyecto de carretera, para lo cual debe realizarse con amplitud de criterio y con el único fin de recabar la mayor cantidad de información de la zona en cuanto a sus características topográficas, hidrológicas, uso de la tierra, población, producción agropecuaria, minería, artesanal, etc., a fin de prevenir cambios que alteren el medio ambiente y este a su vez provoque daños considerables en la población.

Aunque la localización de una carretera está determinada principalmente por diferentes factores económicos y constructivos, la consideración de adaptarse al paisaje y a la ecología debe definirse desde la primera fase del proyecto.

La integración se consigue proyectando la carretera de tal manera que su construcción no implique incidentes en gran escala a los sitios por los cuales esta atraviese, tales como grandes cortes, rellenos y cortes de préstamo de material. Por ello se debe proyectar la carretera de tal forma que su desarrollo sea lógico dentro de la topografía y el paisaje.

3.2.1. Levantamiento topográfico

Esta es la parte fundamental para el trabajo del ingeniero civil, pues mediante esta podemos medir las distancias horizontales y verticales entre puntos y objetos sobre la superficie terrestre, medir ángulos entre rectas, localizar puntos por medio de distancias y ángulos previamente determinados. Las unidades de medición angular son el grado, el minuto y el segundo.

En gran parte de los trabajos topográficos es suficiente tomar los ángulos hasta el minuto. En ciertos trabajos de precisión los ángulos se toman al segundo y a veces, hasta a la décima de segundo. Según sea el estudio la topografía se divide en planimetría y altimetría.

Para el levantamiento topográfico se emplearon instrumentos precisos de medición obteniendo así el eje central, niveles, secciones transversales y otras referencias.

El levantamiento debe tener un grado de precisión razonable, para que sea una medición total que, además de marcar las sinuosidades topográficas, muestre pormenores y accidentes que en alguna forma pudiesen afectar la localización. Para cada levantamiento se debe tomar lecturas de:

- Planimetría
- Altimetría
- Secciones transversales de preliminar
- Radiaciones y referencias

3.2.1.1. Levantamiento planimétrico

El levantamiento planimétrico tiene como fin definir la proyección horizontal de la carretera y consiste en proyectar un plano sobre el eje de la carretera. Se utiliza cuando se necesita, representa el terreno en el plano horizontal o llamado también base productiva, pues es el área real del terreno disponible.

Se utilizan métodos geométricos y trigonométricos tratando de formar figuras geométricas mediante líneas rectas y ángulos.

Estos puntos pueden ser transitorios, que se entienden por los que se utilizan para realizar el trabajo y que posteriormente pueden desaparecer. También se tiene los puntos definitivos, los cuales son aquellos que no pueden desaparecer puesto que puede tratarse de un banco de marca, el cual servirá en cualquier momento como referencia.

El trazo se efectúa por el método de dobles deflexiones, con estacionamientos cada 20 metros y en los puntos donde se considere necesario, por ejemplo: cauce de río, fondo, cruce con alguna carretera existente, la cima de un cerro, etc. En cada estación se coloca una estaca identificándola plenamente.

El punto de partida se diferenciará de una manera clara y permanente, fácil de localizar. Para determinar exactamente el rumbo de partida se efectuará

una observación solar o astronómica. En cada intersección de dos rectas se deberán localizar la estación y medir el ángulo o delta, con una aproximación, cuando menos, de un minuto. Las distancias se medirán con una cinta.

Tabla V. Libreta Topográfica de Planimetría

Estación	P.O.	Azimut	Distancia (m)
0	1	326°30'20"	12.00
1	2	342°35'49"	105.28
2	3	50°34'00"	45.68
3	4	22°48'40"	57.02

3.2.1.2. Levantamiento altimétrico

El levantamiento altimétrico es aquel que tiene como finalidad definir el alineamiento vertical. El alineamiento vertical es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo de la carretera a través de su eje, a este se le llama comúnmente subrasante.

Consiste en pasar una nivelación en todos los puntos fijados por el levantamiento planimétrico, fijando bancos de marca a cada 500 metros, los que deben ser ubicados en puntos permanentes, en los que deberá anotarse la estación, elevación y las distancias acumuladas. Como cota de salida se fijará una arbitraria, entera, la cual se recomienda que sea de 5,000 metros para no tener cotas negativas.

En caso de no existir un BM cerca del punto de partida se puede adoptar una cota arbitraria. Los BM siguientes quedarán situados sobre puntos permanentes como: árboles grandes, muros, exteriores de casas o

monumentos de concreto, anotando, en cada BM, estación, elevación, distancia y lado de la línea central; deberán numerarse de uno en uno.

Es recomendable dibujar el perfil que se levantó durante el día, con el objeto de apreciar si tiene una forma lógica y racional. De no ser aceptable, se procederá a realizar algún cambio de línea. Esto evita que no sea hasta cuando se dibuje el perfil en gabinete que se pueda determinar algún cambio, se evitan nuevos gastos de traslado de la brigada.

Todos los datos de la nivelación de la preliminar se deberán ir anotando en una libreta denominada Libreta de niveles de preliminar.

Tabla VI. Libreta Topográfica de Altimetría

Est.	+	Hi	-	PV	Elevación
0+000	0.117	500.117			500.00
0+012			3.47		496.647
PV	0.358	496.623		3.852	
0+040			1.831		494.792
PV	0.183	493.031		3.775	
0+060			2.838		490.193

3.3. Dibujo del levantamiento topográfico

3.3.1. Planimétrico

Consiste en trazar el alineamiento horizontal, tomando como base, los azimuts, distancias, horizontales y referencias dadas en la libreta de campo, además el dibujo planimétrico del levantamiento preliminar en el diseño de carreteras es necesario, porque aunque no constituyen los planos finales, sirven

de guía al ingeniero diseñador para visualizar, en una forma global, la ruta seleccionada y determinar los corrimientos a calcular si los hubiera.

Se deben plotear las coordenadas totales de una línea preliminar, a una escala recomendada de 1:1,000, luego se localizan todas las estaciones, de las cuales se ha levantado sección, dibujando líneas perpendiculares a la línea central en cada sección y bisectrices en los puntos de intersección.

La línea preliminar es la base sobre la cual se trazan las curvas que se diseñan conforme el procedimiento descrito en los incisos siguientes.

3.3.2. Altimétrico

El perfil de la línea de preliminar es de suma importancia que se dibuje, ya que esto permite facilidad en el cálculo del perfil de localización, por lo que se debe dibujar a escalas que permitan su lectura con mayor rapidez y precisión, para el caso se recomienda utilizar la escala 1:1,000 en el sentido horizontal y 1:100 en el sentido vertical.

El dibujo consiste en el ploteo de la distancia horizontal medida contra la cota que corresponda a cada caminamiento. Todos los puntos ploteados deberán unirse.

Posteriormente deberán colocarse en la parte superior los caminamientos que correspondan a cada principio de curva y principio de tangente y a la vez calcular, por regla de tres, la elevación correspondiente a los puntos ubicados en el promedio de los caminamientos de principio de curva y principio de tangente, ya que las cotas que queden dentro de los caminamientos descritos no son reales, porque la curva de la carretera deja el

caminamiento de preliminar en el mencionado tramo y debe calcularse el perfil de localización tomando en como base las secciones transversales del tramo en cuestión y utilizar reglas de tres simples, para el cálculo de las cotas del perfil de localización del tramo comprendido dentro de las curvas.

3.3.3. Curvas de nivel

Esta es la curva que une los puntos de igual cota, las cuales representa el relieve del terreno. Estos puntos son llamados puntos de cota redonda. Si en el terreno se han tomado puntos determinados y se le han establecido cotas, entonces es necesario interpolar entre estos para encontrar puntos de cotas redondas.

Las curvas de nivel son todos los puntos que comprenden la superficie por la cual será trazado el alineamiento horizontal, se obtienen de nivelar toda el área establecida en la preliminar de campo y que además nos ayuda en la definición del movimiento de tierras.

3.3.4. Secciones transversales

Se obtienen a partir de realizar mediciones perpendiculares al eje horizontal a distancias de cinco, diez, quince metros o hasta donde el terreno lo permita, también en forma longitudinal a cada diez, veinte metros o dependiendo de las condiciones del terreno que sean consideradas necesarias.

Cuando la sección tope con algún obstáculo impasable, como un peñasco o un barranco cortado, no es necesario prolongarla, debiendo indicarse en la libreta claramente la clase de obstáculo. En los PI, la alineación de la sección debe seguir la bisectriz del ángulo interior.

Se deberá sacar sección en estaciones intermedias donde exista alguna referencia importante que sirva en gabinete; también se deberá sacar sección de los fondos, zanjas, orillas de río y tuberías, si existieran.

3.3.5. Trabajo de gabinete

Este consiste en todo aquel trabajo que no se realiza en campo y tiene como finalidad procesar toda la información recopilada, para realizar el diseño, cálculo y planificación del proyecto.

3.4. Diseño geométrico de carretera

Consiste en diseñar la línea final o línea de localización en planta, la cual será la definitiva para el proyecto que se trate. Deberá contener todos los datos necesarios para que la cuadrilla de topografía proceda a marcar en el campo la ruta seleccionada, tanto planimétricamente como altimétricamente. Es necesario recalcar que un buen diseño principalmente disminuye el costo del proyecto y además se tiene un menor tiempo de construcción, una mayor comodidad para los usuarios de la carretera y disminuye el riesgo de accidentes.

Se realiza en el trabajo de gabinete luego de haber procesado toda la información obtenida en campo por parte de la brigada de topografía y que se desarrolla de la siguiente forma:

3.4.1. Cálculo geométrico de curvas horizontales

El alineamiento horizontal es la proyección del centro de la línea de una obra vial sobre un plano horizontal. Sus elementos son tangentes y curvas

horizontales. La posición de los puntos y elementos de un proyecto geométrico, tanto en planta como en elevación, está ligada a los datos geodésicos del banco más cercano a la nueva obra.

Las tangentes del alineamiento horizontal tienen longitud y dirección. La longitud es la distancia existente entre el fin de la curva horizontal anterior y el principio de la curva siguiente. La dirección es el ángulo de deflexión.

La longitud mínima de una tangente horizontal es el promedio de las dos longitudes de transición de las dos curvas entre la tangente, que se requiere para combinar en forma conveniente la curvatura, la pendiente transversal y el ancho de la corona. En teoría, la longitud máxima puede ser indefinida, por ejemplo, en zonas muy llanas; sin embargo, en estas regiones se limita a 15 kilómetros por razones de seguridad, ya que las longitudes mayores causan somnolencia y dañan los ojos de los operadores.

Dos tangentes consecutivas del alineamiento horizontal se cruzan en un punto de inflexión (PI), formando entre sí un ángulo de deflexión (Δ), que está constituido por la continuación de la tangente de entrada hacia adelante del PI y la tangente de salida.

En general, para cambiar la dirección de un vehículo de una tangente horizontal a otra se requieren curvas cuya longitud sea proporcional a la variación de la aceleración centrífuga, y con las cuales la aceleración centrífuga de los vehículos varíe de cero a un máximo hacia el centro y, luego, disminuya a cero al llegar a la tangente posterior. Las curvas que cumplen con estas condiciones son: la espiral de Euler y la lemniscata de Bernoulli.

Como no es posible utilizar una espiral para realizar el cambio, se utilizan dos, una de entrada y otra de salida, y se acostumbra colocar entre ellas una curva circular en la que no hay cambio de aceleración centrífuga, y que se identifica por su grado de curvatura.

El grado de curvatura, es el ángulo subtendido por un arco de 20 metros. Dado que un ángulo de 360° subtende un arco de $2\pi R$, el ángulo subtendido por un arco de 20 metros es:

$$\frac{360}{2\pi R} = \frac{G}{20}$$

Por lo que:

$$G = \frac{1145.9156}{R}$$

Y,

$$R = \frac{1145.9156}{G}$$

Para el cálculo de elementos de curva es necesario tener las distancias entre los PI de localización, los deltas calculados y el grado de curvatura (G), que será colocado por el diseñador.

Longitud de Curva (LC): La longitud de curva es la distancia, siguiendo la curva, desde el PC hasta el PT. Se representa como LC.

$$LC = \frac{2\pi R\Delta}{360}$$

Ó

$$LC = \frac{20\Delta}{G}$$

Subtangente (St.): Es la distancia entre el PC y el PI y el PT, medida sobre la prolongación de las tangentes. Se representa como St.

$$St = R \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

Cuerda máxima (Cm): Es la distancia en línea recta desde el PC al PT. Se representa como Cm.

$$Cm = 2R \left(\sin \frac{\Delta}{2} \right)$$

External (E): Es la distancia desde el PI al punto medio de la curva. Se representa como E.

$$E = R \frac{\left(1 - \cos \frac{\Delta}{2}\right)}{\cos \frac{\Delta}{2}}$$

Ordenada Media (Om.): Es la distancia entre el punto medio de la curva y el punto medio de la cuerda máxima. Se representa como Om.

$$Om = R \left(1 - \cos \frac{\Delta}{2}\right)$$

Ejemplo: En el diseño de la carretera de La Campana a La Laguneta, se realizaron los cálculos con la información siguiente:

Curva circular en el PI = 0+012

Datos: G propuesto = G = 35° Δ: 16°05'29" Deflexión: Derecha

$$R = \frac{1145.9156}{G} = \frac{1145.9156}{35} = 32.7404 \text{ m}$$

$$LC = \frac{20\Delta}{G} = \frac{20 * 16.0914}{35} = 9.19 \text{ m}$$

$$St = R \operatorname{tang} \left(\frac{\Delta}{2} \right) = 32.74 * \operatorname{tg} \left(\frac{16.0914}{2} \right) = 4.63 \text{ m}$$

$$Cm = 2R \left(\operatorname{sen} \frac{\Delta}{2} \right) = 2 * 32.74 \left(\operatorname{sen} \left(\frac{16.0914}{2} \right) \right) = 9.16 \text{ m}$$

$$Om = R \left(1 - \cos \frac{\Delta}{2} \right) = 32.74 \left(1 - \cos \frac{16.0914}{2} \right) = 0.3223$$

$$E = R \frac{\left(1 - \cos \frac{\Delta}{2} \right)}{\cos \frac{\Delta}{2}} = 32.74 \frac{\left(1 - \cos \frac{16.0914}{2} \right)}{\cos \frac{16.0914}{2}} = 0.33 \text{ m}$$

$$Pc = Pi - St = 12 - 4.63 = 7.37 \text{ m} \Rightarrow Pc = 0 + 007.37$$

$$Pc = Pc + Lc = 7.37 + 9.19 = 16.56 \Rightarrow Pc = 0 + 016.56$$

3.4.2. Cálculo geométrico de curvas verticales

Como se mencionó anteriormente, las carreteras no sólo están conformadas por curvas horizontales, sino que también por curvas verticales. Una curva vertical se da cuando en el perfil hay cambios de pendiente. Las curvas verticales pueden ser cóncavas o convexas.

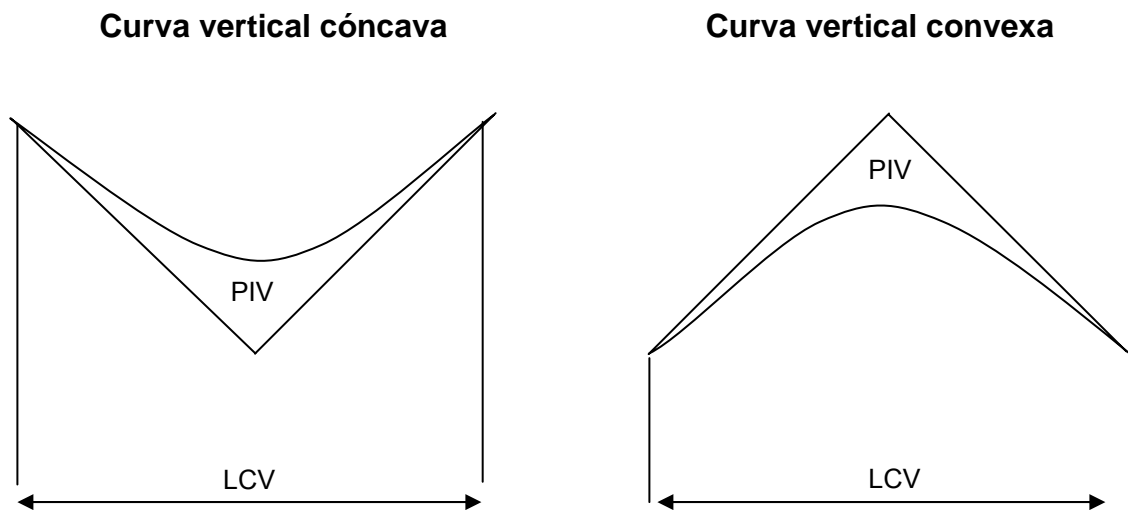
La finalidad de una curva vertical es proporcionar suavidad al cambio de pendiente. Estas curvas pueden ser circulares o parabólicas, aunque la más usada en nuestro país por la Dirección General de Caminos es la parabólica simple, debido a la facilidad de cálculo y a la gran adaptación a las condiciones del terreno.

En el diseño de carreteras para áreas rurales se ha normalizado entre los diseñadores usar como longitud de curva vertical la que sea igual a la velocidad

de diseño. Lo anterior reduce considerablemente los costos del proyecto, ya que las curvas amplias conllevan grandes movimientos de tierra.

La longitud de las curvas verticales debe garantizar el drenaje, tener buena apariencia y proporcionar comodidad al usuario. Es conveniente que la longitud de las curvas verticales tenga un número par de estaciones de 20 metros y que el PCV (Principio de Curva Vertical) coincida exactamente en una estación.

Figura 13. Tipos de curvas verticales



Al momento de diseñar, se deben considerar las longitudes mínimas permisibles en curvas, con el objeto de evitar su traslape y dejar la mejor visibilidad posible a los conductores. Existen cuatro criterios para determinar la longitud de las curvas:

Criterio de apariencia: Se aplica al proyecto de curvas verticales con visibilidad completa, o sea al de curvas cóncavas, para evitar al usuario la impresión de un cambio súbito de pendiente:

$$K = \frac{LCV}{A} \geq 30$$

Criterio de comodidad: Se aplica al proyecto de curvas verticales cóncavas, en donde la fuerza centrífuga que aparece en el vehículo, al cambiar de dirección, se suma al peso propio del vehículo:

$$K = \frac{LCV}{A} \geq \frac{V^2}{395}$$

Criterio de drenaje: Se aplica al proyecto de curvas verticales convexas o cóncavas, cuando están alojadas en corte. La pendiente en cualquier punto de la curva debe ser tal que el agua pueda escurrir fácilmente:

$$K = \frac{LCV}{A} \leq 43$$

Criterio de seguridad: Se aplica al proyecto de curvas convexas o al de cóncavas. La longitud de curva permitirá que a lo largo de ella la distancia de visibilidad sea mayor o igual que la de parada:

$$L = K * A$$

Donde:

K = Constante que depende de las velocidades de diseño.

A = Diferencia algebraica de pendientes.

Tabla VII Valores de “k”

Velocidad de Diseño	Cóncava	Convexa
10	1	0
20	2	1
30	4	2
40	6	4
50	9	7
60	12	12
70	17	19
80	23	29
90	29	43
100	36	60

3.4.3. Corrimiento de línea

Los corrimientos de línea se hacen cuando por razones especiales el caminamiento de la preliminar no llena los requerimientos del proyecto, tales como: especificaciones, pasos obligados, suelos rocosos, barranco, etc. Los cambios de línea hechos en campo son bastante costosos, ya que para esto es necesario trasladar la cuadrilla de topografía, por lo que en la mayoría de casos se hacen en gabinete, sobre el dibujo planimétrico de la preliminar, que contiene las curvas de nivel.

Existen tres tipos de corrimientos de línea. El primero cambia totalmente el azimut y distancia de dos de las rectas de la poligonal de la preliminar.

El segundo cambia únicamente en distancia dos de las rectas de la poligonal, conservando el mismo ángulo. El tercero consiste en obviar una o más estaciones del levantamiento preliminar, para formar una sola recta entre dos puntos.

En el diseño de la carretera hacia las comunidades de La Campana a La Laguneta, se efectuaron corrimientos de línea, debido a que la ruta seleccionada es un camino de herradura que los habitantes de dicha aldea utilizan para transportarse, en la cual existen curvas y tangentes pequeñas.

3.4.4. Cálculo de secciones transversales

La sección transversal de una obra vial es un corte conforme a un plano vertical y normal al centro de línea en el alineamiento horizontal. Permite observar la disposición y las dimensiones de sus elementos, y debe concordar con las normas. Su estructuración debe hacerse de manera que los esfuerzos que lleguen a los materiales con que están constituidas sean menores que los que pueden resistir, sin fallas ni deformaciones apreciables.

Las secciones transversales típicas de una vía terrestre son: en terraplén, en cajón o corte y mixta.

3.5. Movimiento de tierras

Es uno de los principales renglones que proporcionan una buena referencia del costo directo de la carretera, ya que según la experiencia del diseñador, logrará realizar un balance entre el corte y el relleno.

Por tal razón el cálculo de movimiento de tierras debe realizarse de manera óptima para lograr un mejor balance y así proporcionar el costo mínimo, con la mejor calidad de la carretera.

A continuación se detalla los incisos necesarios para desarrollar el cálculo de movimiento de tierras.

3.5.1. Subrasante

La subrasante es la línea trazada en perfil que define las cotas de corte o relleno que conformarán las pendientes del terreno, a lo largo de su trayectoria, la subrasante queda debajo de la subbase, base y capa de rodadura, en proyectos de asfalto y debajo del balasto en proyectos de terracería.

En un terreno montañoso, el criterio técnico para definir la subrasante es no exceder la pendiente máxima oscilante entre el 14% y el 16%, ni la curvatura mínima permitida para el uso que se le dará a la carretera, lo que también se relaciona con la sección a utilizar y el tipo de terreno.

La subrasante define el volumen del movimiento de tierras, el que a su vez se convierte en el renglón más caro en la ejecución, por lo que la subrasante es el elemento que determina el costo de la obra, por esta razón, un buen criterio para diseñarla es obtener la subrasante más económica.

Para el proyecto del alineamiento vertical se definen tres tipos de pendientes de las tangentes verticales: mínima, gobernadora y máxima.

La pendiente mínima se requiere para asegurar el drenaje de la corona del camino, y se especifica en 0.5 %.

La pendiente gobernadora que es, en teoría, la pendiente que se puede mantener en forma indefinida a lo largo de todo el proyecto.

La pendiente máxima es la mayor que se puede usar en un proyecto.

Las pendientes mayores que la pendiente gobernadora, incluyendo por supuesto a la máxima, sólo se pueden usar en las longitudes críticas.

Tanto la pendiente gobernadora como la máxima se especifican en función del tipo de camino y de la topografía de la zona.

Para calcular la subrasante, es necesario disponer de los siguientes datos:

- La sección típica que se utilizará.
- El alineamiento horizontal del tramo.
- El perfil longitudinal del mismo.
- Las secciones transversales.
- Las especificaciones o criterios que regirán el diseño.
- Datos de la clase de material del terreno.
- Datos de los puntos obligados de paso.
- De preferencia, el diseñador debe haber visitado el tramo que va a diseñar.
- Se deben considerar los tramos que puedan quedar balanceados en distancias mayores a 500 metros.

3.5.2. Corrección por curva vertical a subrasante

Luego de calcular las elevaciones de la subrasante conformada por rectas de pendientes definidas, se hace necesario corregir las alturas en los puntos que conforman las curvas verticales, puesto que debe proporcionarse un cambio suave entre la pendiente de entrada y salida.

Según se muestra, la ordenada máxima (OM) es el máximo cambio de la curva, las correcciones siguientes se calculan del exterior de la curva hasta el centro, tanto de entrada como de salida, las fórmulas son las siguientes:

$$OM = \frac{[P_2 - P_1]}{800} * LCV$$

$$Y = \frac{(OM * B)}{(Lc)^2}$$

$$B = \left[\frac{Lcv}{2} - (Est PIV - Est i) \right]^2$$

Donde:

P_1 = Pendiente de entrada

P_2 = Pendiente de salida

OM = Ordenada media

D = Distancia a partir del extremo al punto en que se desea conocer la corrección vertical.

Lcv = Longitud de curva vertical

Y = Corrección vertical

Esta corrección se suma o resta a la cota de subrasante, se obtiene así la subrasante corregida, base para el resto del cálculo.

3.5.3. Cálculo de áreas de secciones transversales

La topografía del terreno en el sentido perpendicular a la línea central de la carretera determina el volumen de movimiento de tierras necesario en la construcción de un proyecto carretero.

Al tomar en cuenta la sección topográfica transversal, se localiza el punto central de la carretera, el cual puede quedar ubicado sobre el terreno natural, se marca con esta área de relleno y debajo del terreno natural, el área de corte, a partir de la cual se habrá de trazar la sección típica.

Se estimarán el ancho de rodadura, con su pendiente de bombeo de 3% ó el peralte que sea apropiado si corresponde a un caminamiento en curva horizontal; el ancho del hombro de la carretera si lo hubiere, con su pendiente, taludes de corte y relleno según se presente el caso, determinando su pendiente en razón al tipo de material del terreno y la altura que precisen.

Es de hacer notar que cuando es necesario, se marca un espacio de remoción de capa vegetal en que se cortará en una profundidad aproximada de 30 cm.

Tabla VIII. Taludes recomendados para el dibujo de secciones

CORTE		RELLENO	
Altura	H - V	Altura	H - V
0 - 3	1 - 1	0 - 3	2 - 1
0 - 3	1 - 2	> 3	3 - 2
> 7	1 - 3		

Para medir el área en forma gráfica, se puede realizar un planímetro polar, si no se dispone de un planímetro, puede calcularse el área, asignando

coordenadas totales como se considere conveniente y aplicar el método de los determinantes para encontrar el área.

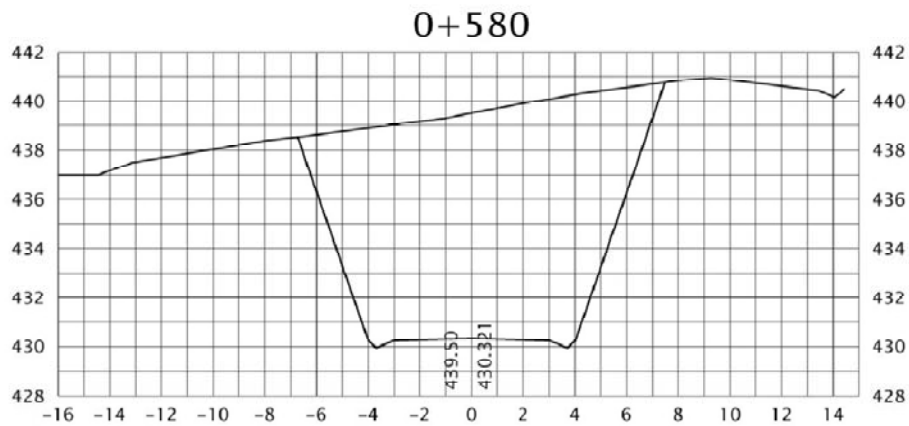
Cálculo de área de secciones transversales

$$Area = \Sigma \left[\frac{\Sigma(X_t * Y_{t+1}) - \Sigma(Y_t * X_{t+1})}{2} \right]$$

Tabla 9. Cálculo de áreas de secciones transversales

X	Y
X0	Y0
X1	Y1
X2	Y2
X3	Y3
X4	Y4
X5	Y5
X6	Y6
X7	Y7
X0	Y0

Figura 14. Sección Transversal, estación 0+580



$$a = \Sigma(X * Y)$$

$$ÁREA = \frac{(a - b)}{2}$$

$$b = \Sigma(Y * X)$$

3.5.4. Cálculo de volúmenes de material

Cada una de las áreas calculada se constituye en un lado de prisma de terreno que debe rellenarse o cortarse. Asumiendo que el terreno se comporta en una manera uniforme entre las dos estaciones, se hace un promedio de sus áreas y se multiplica por la distancia horizontal entre ellas, obteniendo así los volúmenes de corte y relleno de este tramo.

Cálculo de volúmenes de movimiento de tierras

$$Vol = \left[\frac{(Area1 + Area2) * Distancia}{2} \right]$$

Donde:

V = Volumen

A₁ = Área 1

A₂ = Área 2

Cuando en un extremo la sección tenga sólo área de corte y la otra solamente área de relleno, debe calcularse una distancia de pasos, donde teóricamente el área pasa a ser de corte a relleno, este se obtiene por medio de la interpolación de las dos áreas en la distancia entre ellas.

Las fórmulas que facilitan este cálculo son las siguientes.

$$Vol_{corte} = \left[\frac{(C_1 + C_2)}{2(C_1 + C_2 + R_1 + R_2)} \right] * D$$

Donde:

C_1 = Área de corte en la primer sección

C_2 = Área de corte en la segunda sección

R_1 = Área de relleno en la primer sección

R_2 = Área de relleno en la segunda sección

Tabla X. Cálculo de volúmenes de material

ESTACION	AREAS METROS CUADRADOS		VOLUMENES METROS CUBICOS		VOLUMENES ACUMULADOS METROS CUBICOS	
	CORTE	RELLENO	CORTE	RELLENO	CORTE	RELLENO
0+560	67.10	0.00	1707.92	0.00	18884.86	3614.71
0+580	103.69	0.00	1098.40	0.00	19983.26	3614.71
0+600	6.15	0.00	461.64	0.00	20444.90	3614.72

3.6. Estudios hidrológicos (Método Racional) para el diseño y cálculo de drenajes.

Para determinar el caudal de escorrentía superficial máxima que puede presentarse en una determinada zona se usa el método racional. Este método consiste en considerar el caudal que se determina (por ejemplo una cuenca) en un momento de máxima intensidad de precipitación.

La fórmula que expresa este principio es:

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

Donde:

Q = Caudal de diseño, en m^3 / s

C = Coeficiente de escorrentía (tipo de superficie que se analice).

A = Área drenada por la cuneta, en Ha.

I = Intensidad de lluvia en mm/h

Existen dos formas de obtener la intensidad que puede afectar a determinada región de Guatemala, la primera es usando las curvas de intensidad versus tiempo, la cual tiene diversas curvas que dan a conocer la posible intensidad que puede ocurrir en determinada frecuencia de años con relación a la duración de lluvias, en las mencionadas curvas se puede detectar que los aguaceros más fuertes suceden en tiempos cortos.

La segunda forma es usando la fórmula $I = a / (t + b)$, donde a y b son constantes proporcionadas por el INSIVUMEH y t es el tiempo de concentración, del lugar analizado, que generalmente se considera en 12 minutos.

En cuencas grandes debe hacerse un análisis más minucioso considerando la pendiente promedio de la cuenca y de la velocidad de la partícula de agua analizada.

El caudal se determina por la fórmula de Manning

$$V = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = V * A$$

$$Q = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} * A$$

Donde:

V = Velocidad en metros por segundo

R = Radio hidráulico

3.7. Estudios de suelos

El suelo es un factor determinante en la estabilidad de una carretera. Es necesario llevar un control de su estado para tener la seguridad de la buena calidad de la carretera.

Entre los problemas más frecuentes del suelo están: deslizamientos, baches, colapsos. Los deslizamientos se manifiestan en los cortes cuya cohesión no es lo suficientemente fuerte para mantener el talud en caso de temblores o saturación.

Los baches son causados por materiales altamente plásticos, este material cuando se satura de agua, presenta un soporte casi nulo para el tránsito y por lo general se deforma. Es necesario conocer los tipos de suelo que conforman la carretera, para poder dar el tratamiento adecuado.

Balasto es el material selecto que se colocará sobre la subrasante terminada de la carretera, con el objeto de protegerla, y que sirva de superficie de rodadura, el cual se compone de un material bien graduado, es decir, que consta de un material fino y grueso, el cual debe cumplir con las especificaciones generales para la construcción de carreteras de la Dirección General de Caminos:

- Debe ser de una calidad uniforme y estar exento de residuos de madera, raíces o cualquier material perjudicial o extraño.
- Debe tener un peso unitario suelto, no menor 1,450 kg/m³.
- El tamaño máximo del agregado grueso del balasto, no debe exceder 2/3 del espesor de la capa y en ningún caso debe ser mayor a 100 milímetros.

- La porción del balasto retenida en el tamiz No. 4 (4.75mm), debe estar comprendida entre el 60% y 40% en peso.
- Debe tener un porcentaje de abrasión no mayor al 60%.
- La porción que pase por el tamiz No. 40 (0.425mm), debe tener un límite líquido no mayor de 35 y un índice de plasticidad entre 5 y 11.
- La porción que pase por el tamiz No.200 (0.075mm), no debe exceder de 15% en peso.
- El espesor total de la capa de balasto no debe ser menor de 100 milímetros ni mayor de 250 milímetros.
- Las capas de balasto se deben compactar como mínimo al 95% de la densidad máxima. La compactación se comprobará en el campo, cada 600 metros cuadrados y en forma alterna a lo ancho de la sección.

3.7.1. Ensayos de laboratorio

Tienen como finalidad descubrir como trabaja el material a utilizar para la construcción de la carretera, para obtener los mejores resultados.

También se utilizan para determinar la proporción granulométrica de los suelos y determinar que tanta compactación presentan.

Las pruebas de laboratorio requeridas son las siguientes:

- Proctor

Permite conocer las características de compactación del suelo: humedad óptima y densidad máxima. Estos ensayos se dividen en Proctor estándar y Proctor modificado.

- Análisis granulométrico

El objetivo es clasificar por tamaño las partículas que componen un suelo. Debido a la gran variedad de tamaños de los componentes existen varias formas y escalas para clasificarlos, en este caso haremos mención de los establecidos por la American Society for Testing Materials (ASTM).

Las gravas corresponden a la sección de las partículas más gruesas, que incluye los granos mayores al tamiz No. 4. La arena, las partículas menores que el tamiz No.4 y mayor que el tamiz No. 200.

Los finos, las menores al tamiz No. 200. Los limos y las arcillas se encuentran en el rango de 0.02 milímetros. Se debe tomar en cuenta que existen suelos aún más pequeños, pero no contienen arcillas y también, caso contrario, arcillas de un tamaño mayor a 0.02 milímetros.

- Límites de Atterberg

Los límites de Atterberg, están desarrollados para determinar el comportamiento y las propiedades de los suelos de granos finos cuando éstos entran en contacto con el agua.

Cada límite se define por la variación de humedad que produce una consistencia determinada en el suelo, siendo éstos: límite líquido, límite plástico, límite de retracción.

Un suelo fino, por ejemplo, la arcilla, al estar húmeda tiene propiedades plásticas, a simple vista y mediante el tacto, nos damos cuenta que tiene una consistencia suave y con alto contenido de humedad.

Al ir esta perdiendo el agua que contiene va adquiriendo cierto grado de dureza, conforme sigue perdiendo humedad van apareciendo grietas y un cambio de color en su textura hasta llegar a ser un suelo seco y que se desmorona fácilmente al contacto.

Este proceso que sufrió el suelo en el ejemplo es un cambio que podemos medir en un rango, en el cual al principio estaba la arcilla en un límite líquido, al perder la humedad pasó a un límite plástico.

3.7.2. Estudios estratigráficos

Se utilizan para denotar y describir cada uno de los estratos del suelo que se va a trabajar, se realiza haciendo una excavación de profundidad considerable dependiendo del material y diversidad del suelo en donde se esté trabajando, para luego extraer del mismo una muestra de dicho suelo que se debe llevar inalterada hacia el laboratorio para realizarle sus distintas pruebas.

Proyecto: LA CAMPANA - LA LAGUNETA
 Longitud: 1.553 kilómetros
 Fecha: Mayo de 2007

CUADRO DE CANTIDADES DE TRABAJO, PRECIO UNITARIO Y MONTO TOTAL

REGLÓN	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	MONTO
105.05	Plano finales de la obra construida	U	3,00	622,44	1.867,32
MOVIMIENTO DE TIERRAS					
202.02	Limpia, chapeo y destronque	Ha	1,95	Q 31.632,62	61.683,61
203.03(b)	Exc. No clasif. De material de desperdicio	m3	51.411,60	Q 22,60	1.161.902,16
203.03(c)	Exc. No clasif. De material de préstamo	m3	20.553,34	Q 32,72	672.505,28
208.02	Acarreo	m3-km	30.858,26	Q 3,57	110.163,99
				Subtotal: Q	2.006.255,04
DRENAJE MENOR					
603.02(36")	Alcantarillas de metal corrugado diametro 36"	ml	168,00	Q 1.252,18	210.366,24
607.08	Concreto ciclopeo para Cajas y cabezales	m3	50,55	Q 1.096,38	55.422,01
				Subtotal: Q	265.788,25
ESTRUCTURA DE PAVIMENTO					
301.01	Reacondicionamiento de Sub-rasante existente	m2	9.200,85	Q 14,72	135.436,51
209.01	Capa de balasto de 0.15 mts.	m3	6.133,90	Q 94,57	580.082,92
				Subtotal: Q	715.519,43
				TOTAL: Q	2.989.430,04
TOTAL : Q. 2.8515.962.74					
TOTAL POR KM.:					Q 1.950.052,21

4. ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL

La construcción de puentes y carreteras, como todas las actividades realizadas por el hombre en la faz de la tierra, genera impacto en los componentes ambientales: ambiente físico, biológico y social. Este impacto puede ser de carácter positivo, negativo irreversible, negativo con posibles mitigaciones o neutro.

En 1972 fue celebrada una conferencia mundial por las Naciones Unidas en Estocolmo, Suecia a partir de la cual Guatemala aceptó integrarse a los programas mundiales de protección y mejoramiento del medio ambiente.

Posteriormente, en 1986 se creó el Decreto 68-86, Ley de protección y mejoramiento del medio-ambiente, y se organizó la Comisión Nacional del Medio Ambiente. En 2000, ésta se transforma en el Ministerio de Ambiente, el cual tiene a su cargo la aplicación de la ley y sus reglamentos.

Definición de estudio de evaluación de impacto ambiental

La Evaluación de Impacto Ambiental es un proceso de análisis que pronostica los futuros impactos ambientales negativos y positivos de acciones humanas permitiendo seleccionar las alternativas que maximicen los beneficios y minimicen los impactos deseados.

Tiene como propósito fundamental detectar todas las consecuencias significativas, benéficas y adversas de una acción propuesta para que quienes

toman decisiones cuenten con elementos científico-técnicos que les apoyen para determinar la mejor opción.

La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) es un procedimiento jurídico-técnico administrativo que tiene por objeto la identificación, predicción e interpretación de los impactos ambientales que los proyectos del puente vehicular y el tramo carretero, produciría al momento de ejecutarlo; así como la prevención, corrección y valoración de los mismos. Todo ello con el fin de ser aceptado, modificado o rechazado por parte de las distintas administraciones públicas competentes.

Como principio se debe establecer un equilibrio entre el desarrollo de la actividad humana y el medio ambiente, sin pretender llegar a ser una figura negativa u obstruccionista, ni un freno al desarrollo, sino un instrumento operativo para impedir sobreexplotación del medio natural y un freno al desarrollismo negativo y anárquico.

Para evaluar el impacto que tendrán los proyectos existen varias metodologías tales como; reuniones con expertos, experiencias recogidas de otros casos similares, sistema de información geográfica (SIG), matrices simples causa efecto, matrices cruzadas, diagramas de flujo, cartografías ambientales, superposición de mapas, redes, cuestionarios generales, modelos matemáticos, físicos, ensayos, pruebas experimentales; el más sencillo y comúnmente utilizado se denomina lista de revisión.

Evaluación de impactos

Conocer el impacto ambiental que generan las labores a realizar en un proyecto derivadas de las reglamentaciones que existen con relación a la

protección del mismo conlleva una serie de criterios, para conservar el medio ambiente en las actividades que se deseen desarrollar.

Es fundamental para un proyecto el medio natural en que se desenvuelve, porque ejerce influencia directa en su evolución, lo que hace necesario estudiar si el proyecto en algún momento pudiese tener limitantes para su incorporación al mercado.

4.1. Vulnerabilidad

Actividades impactantes

- Tratamiento de basura y otros desechos

Dentro de este punto se identifican las actividades que causan acumulación de basura orgánica e inorgánica. Estos desechos son originados en su mayoría en la elaboración de los alimentos preparados en las zonas aledañas o en durante la ejecución por el personal de trabajo y los sobrantes de los mismos.

La acumulación descontrolada de esta clase de desecho podrá causar un foco de contaminación trayendo consigo plagas tales como cucarachas, moscas y ratas a los lugares aledaños al proyecto.

Existen otros lugares que podrán provocar acumulación de basura aunque en menor proporción que el anteriormente mencionado, tales como el área administrativa (en la acumulación de papeles) y los generados por la limpieza de las instalaciones.

En estos estudios se determina la forma de evacuación de dichos desechos así como la instalación adecuada que responda a la cantidad de desechos a tratar.

La construcción de estos proyectos trae como consecuencia que crezca la afluencia de personas, compuesta en su mayoría por los visitantes y familiares de los pobladores de las comunidades, lo cual es de beneficio para ellos.

Esta afluencia de transeúntes abrirá la oportunidad por parte de los comerciantes de incrementar la presencia del comercio formal e informal durante la ejecución de los proyectos como posterior a ellos.

En relación a la afluencia vehicular podrá agudizar el tráfico, ocasionando mayores dificultades para movilizarse por parte de los vecinos.

Esta afluencia vehicular podrá ser originada por visitantes, familiares y trabajadores administrativos de las entidades ejecutoras y supervisoras de los proyectos, así como también por parte de facilitadores de proyectos ya sea de entidades nacionales como internacionales.

4.2. Riesgos

Para considerar cuales son los factores más impactantes en el medio ambiente en la producción de nuestro servicio podemos considerar los siguientes en el medio biofísico.

- Contaminación atmosférica

Debido a que se está haciendo una transformación de bienes, la contaminación atmosférica que se producirá podría decirse que es medianamente significativa en la producción del servicio, porque habrá emanación de gases, contaminación por el ruido, por las características del área en donde serán llevados a cabo.

- Contaminación de las aguas

La degradación de la calidad del agua superficial y propiamente de las corrientes del río debido a la erosión durante la construcción o a la descarga excesiva de contaminantes.

- Deterioro del suelo

Es uno de los factores principales para la ejecución de estos proyectos que sufrirá cambios porque sobre ellos se realizará la construcción, con lo cual se afectará el ciclo de los suelos, es decir que estos no tendrán vegetación y tampoco se proveerán del agua y otros elementos, por ello el proceso de alimentación de los mismos ya no será natural.

- Protección y correcto manejo del recurso tierra

El manejo de este recurso puede decirse que se hará efectivamente porque aunque se hará una construcción en la misma se tendrá que reforestar las zona mas afectadas por la tala, pero también en el proyecto del tramo carretero es importante para la estabilización de taludes con características de inestabilidad natural del suelo.

4.3. Medidas de mitigación

Para la construcción de un puente o una carretera, los impactos generados se consideran poco significativos por lo que se puede realizar una evaluación rápida. Las medidas de mitigación como resultado del análisis son:

- Debe hacerse a través de construir pequeños rellenos sanitarios para depositar los desechos sólidos generados por los proyectos y los trabajadores, para evitar que sea foco de contaminación a las áreas adyacentes.
- El movimiento de tierra realizado por cambio de rasante se debe depositar en una zona adecuada fuera del cauce del río; se debe homogenizar, conformar y compactar; posteriormente, se debe colocar una capa de suelo orgánico.
- Para evitar el desperdicio o derrame de concreto en el área del proyecto, se deben preparar solamente las cantidades requeridas para las labores a realizar.
- El material proveniente de cortes, que por la distancia a los sitios de rellenos no puedan ser transportados a estos, será dispuesto en los botaderos de desperdicios los cuales se deben elegir evitando la generación de daño en los componentes de flora, que provoque obstrucciones en los drenajes naturales del terreno o perjuicios de erosión en terrenos aledaños a las construcciones.
- Los taludes del estribo de entrada y salida se estabilizarán, para evitar erosión y falla en los mismos, que puedan causar turbiedad y contaminación en el agua.

- En zonas adyacentes al área donde se construirá el puente no se debe explotar ningún banco de material, ya que modificará el régimen de aguas el cual, en conjunto con el movimiento de materiales, puede afectar notablemente la capacidad y estabilidad de la estructura
- El movimiento de tierra realizado por cambio de rasante se debe depositar en una zona adecuada fuera del cauce del río; se debe homogenizar, conformar y compactar; posteriormente, se debe colocar una capa de suelo orgánico.
- El cauce del río es grande y los apoyos del puente están a una distancia lejana, por lo que se considera que no hay probabilidad de inundación aguas arriba del puente, también según los datos del estudio hidrológico.

CONCLUSIONES

1. La construcción del puente vehicular y el tramo carretero genera una nueva fuente de trabajo tanto, para los pobladores como para empresas dedicadas al servicio de transportes, por lo que los vecinos del municipio serán los beneficiados al mejorarse las vías de comunicación con las comunidades de los alrededores.
2. Los estudios preliminares fueron los factores preponderantes en la decisión de la ubicación del puente vehicular y el tramo carretero.
3. El entorno paisajístico sufrirá cambios por la construcción del puente vehicular y el tramo carretero.
4. La aplicación de las medidas de mitigación - mencionadas en el capítulo III - son necesarias para la construcción de los proyectos, enfocadas hacia la protección de áreas boscosas en el tramo carretero, para evitar la tala innecesaria, el deterioro del hábitat y contaminación del río en el caso del puente vehicular.
5. La ubicación del puente vehicular es un factor que facilita la obtención de materiales de construcción, así como la mano de obra para trabajos técnicos.
6. El monto total en el renglón de acarreo es de Q 2, 006,255.04, el cual puede variar hasta un 5% si se localiza un banco de material de préstamo a una distancia menor a un kilometro.

7. La inestabilidad del quetzal frente al dólar americano, esta ligado directamente con el tiempo de aprobación y ejecución de los proyectos, pues hoy día el valor de los proyectos es de Q 731,288.86 y 2, 989,430.04, en el puente vehicular y tramo carretero respectivamente, pero esta situación podría encarecerlos en plazos cortos hasta de seis meses.
8. Los pobladores de las comunidades son los principales evaluadores del estado físico de los proyectos y los responsables de su cuidado.
9. La ubicación del puente vehicular tendrá efectos directos sobre las personas que habitan en las zonas aledañas a la ribera del río.
10. En cuanto al renglón de mano de obra no calificada, debe ser aportada por las comunidades beneficiadas
11. Los proyectos de infraestructura generados fuente de crecimiento en servicios educativos, salud, transporte, producción pecuaria y ganadera.
12. El puente vehicular fue diseñado para un tirante máximo de 2.75 metros y con una holgura de 0.5 metros, con una tasa de retorno de 50 años, lo cual provee un estado de seguridad a la estructura y habitantes.
13. Ejecutar los proyectos en épocas secas facilitará su realización y a su vez mejora las condiciones de seguridad.
14. La construcción del puente vehicular mejora la calidad del agua del río, pues con su construcción los vehículos no circularan dentro de sus corrientes.
15. El tramo carretero y genera nuevas fuentes de ingreso como son: talleres mecánicos, pinchazos, etc. por la introducción de una línea de transporte.

RECOMENDACIONES

1. Actualizar los precios presentados en los presupuestos, antes de su construcción, debido a que los precios tanto de los materiales y maquinaria pesada están sujetos a la fluctuación constante de nuestra moneda con respecto al dólar.
2. Establecer medidas de supervisión y control de todas las fases de ejecución de los proyectos tanto del puente vehicular como de la construcción de carretera, debido a la ubicación en áreas propensas a peligros naturales para lograr niveles aceptables de mitigación y riesgo.
3. Para el proyecto de carretera es de suma importancia las inspecciones visuales periódicas o bien el mantenimiento constante, pues de no ser así el constante tráfico y la época de lluvia son los principales factores para el deterioro de su estructura.
4. En el proyecto de carretera se aconseja limpiar los drenajes al inicio y al final del invierno.
5. La construcción de camino de apertura de tramo carretero de las comunidades de La Campana y La Laguneta, que comunican con aldea El Naranjo y esta a su vez, con la cabecera municipal, proporcionará una vía de acceso adecuada para los vecinos del lugar, contribuyendo a su movilización y transporte de productos propios del lugar, lo que contribuirá al mejoramiento de las condiciones socioeconómicas de los pobladores.

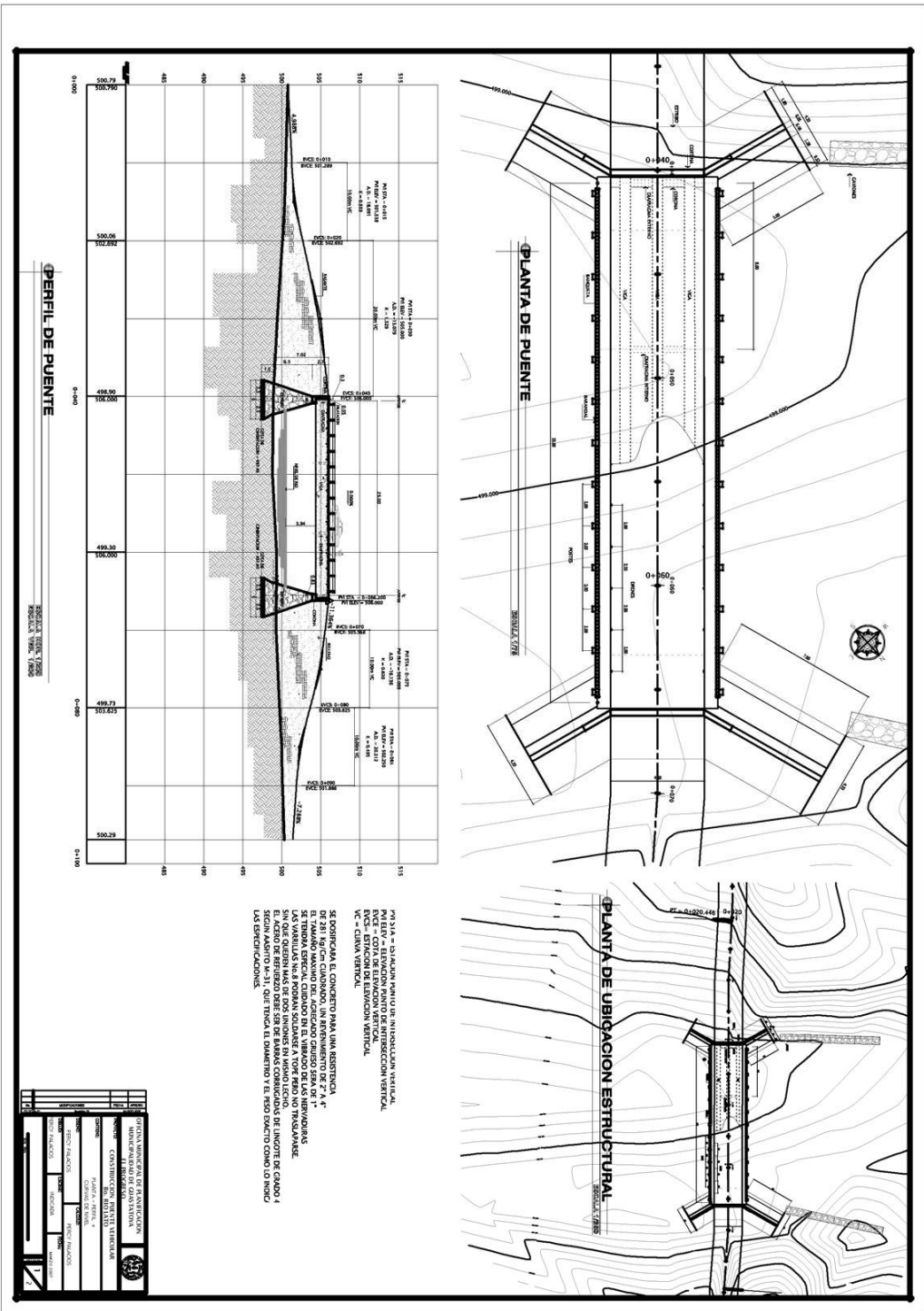
6. Se busque fuentes de apoyo económico para llevar acabo la ejecución de ambos proyectos lo más rápido posible, para poder darles solución a los problemas de las comunidades.
7. La construcción del puente es aconsejable realizarla durante época de estiaje que está comprendida entre los meses de enero y mayo en el lugar de la obra, además será necesario utilizar el método de tablestacas, para dragar el cauce del río y no permitir que éste interrumpa los trabajos de cimentación, principalmente.
8. Construir obras de protección - gaviones - en el puente vehicular, con una longitud mínima de 25 metros, con la finalidad de encauzar al río y con ello evitar el desplazamiento hacia las viviendas cercanas a la rivera y mejorar el funcionamiento de los aletones.
9. Es importante en la construcción de la carretera encontrar lugares apropiados que sirvan como botaderos de los materiales de desperdicio para evitar cualquier accidente por rodamientos de rocas o derrumbamiento de suelos inestables.
10. Educación vial para peatones, nuevos conductores y pobladores con la finalidad de evitar accidentes causados por el tráfico.
11. Establecer estrictos horarios para el transporte extraurbano que beneficien a los pobladores que harán uso del mismo.

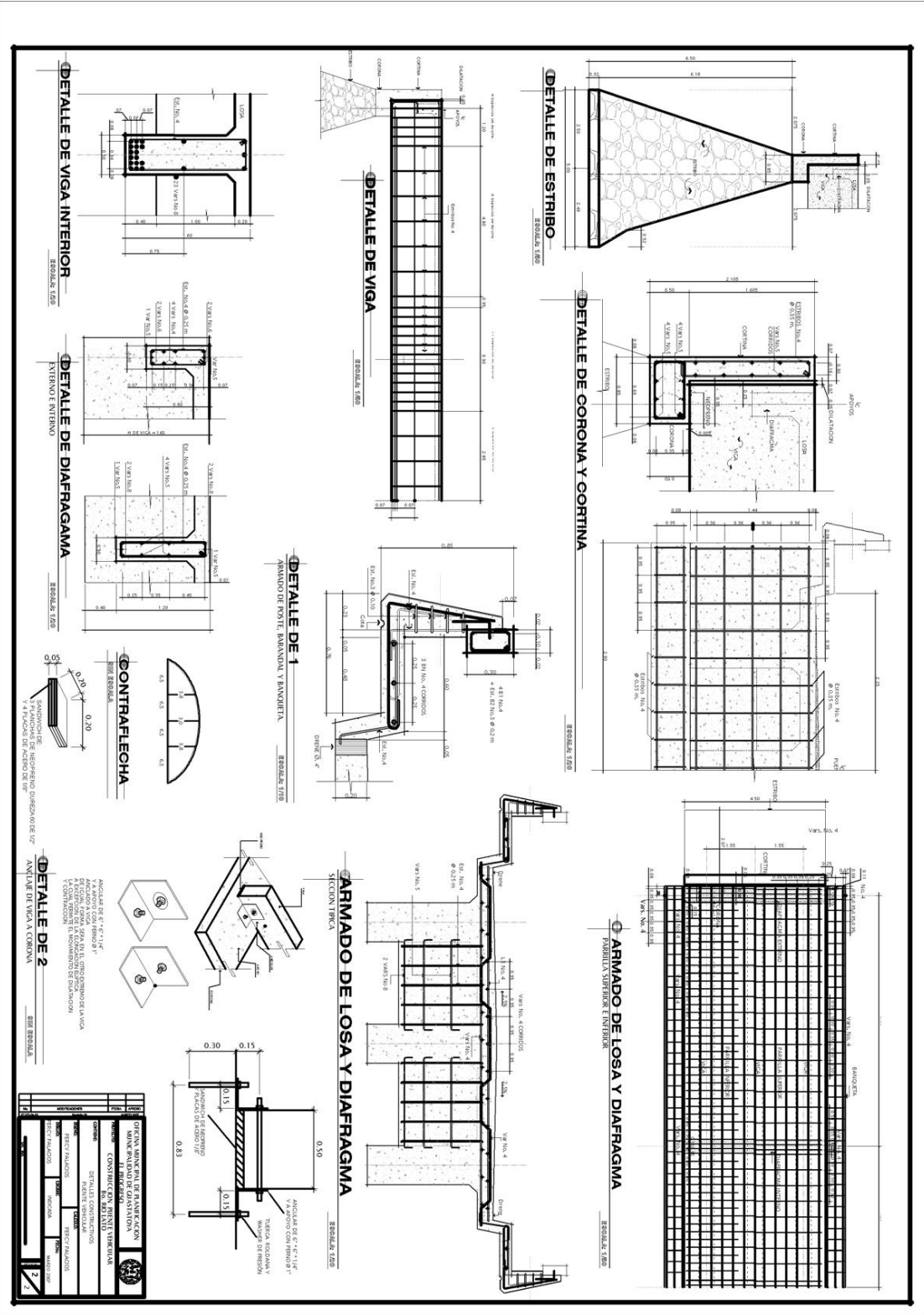
BIBLIOGRAFÍA

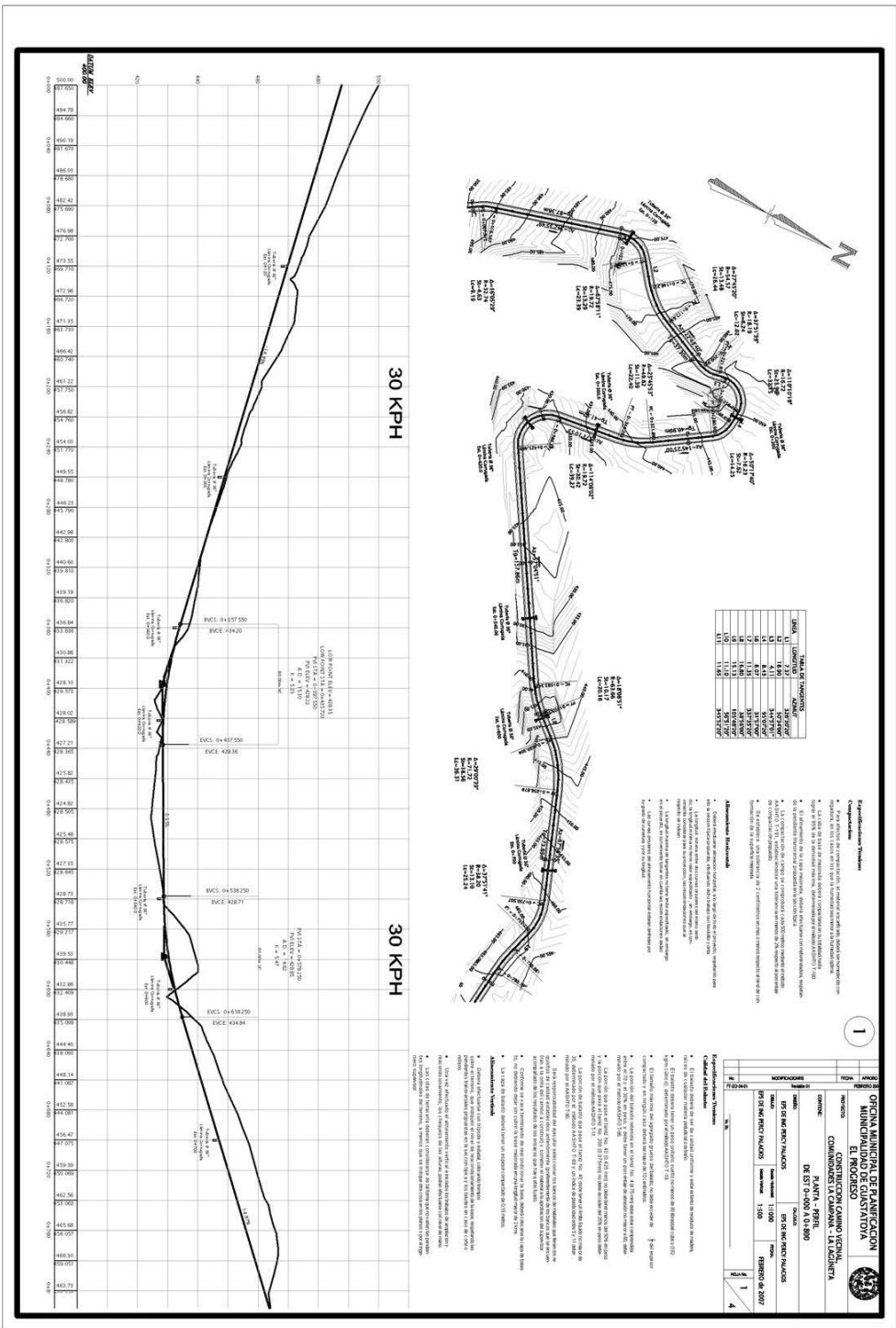
1. American Association of State Highways and Transportation Officials (AASHTO). Standard Specifications for highways and bridges. 16ª edición. Estados Unidos 1996.
2. Dirección General de Caminos. **Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes.** Ministerio de Comunicaciones y Obras Públicas. República de Guatemala, Guatemala. 2001.
3. Barrios Ambrosi, Edwin Raúl. Cálculo y replanteo de curvas horizontales; Verticales y espirales; de transición para carreteras. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1978.
4. Nilson Arthur. **Diseño de estructuras de concreto.** 11ª. Edición. México: Editorial Mc Graw - Hill. 1994.
5. Comité ACI 318. **Reglamento de construcciones de concreto reforzado (ACI 318-99) y comentarios.** Editorial Limusa 1999 525 pp.
6. Guzmán Escobar, Ernesto Salvador. Diseño de Puentes, Trabajo de graduación del Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala: 1997.

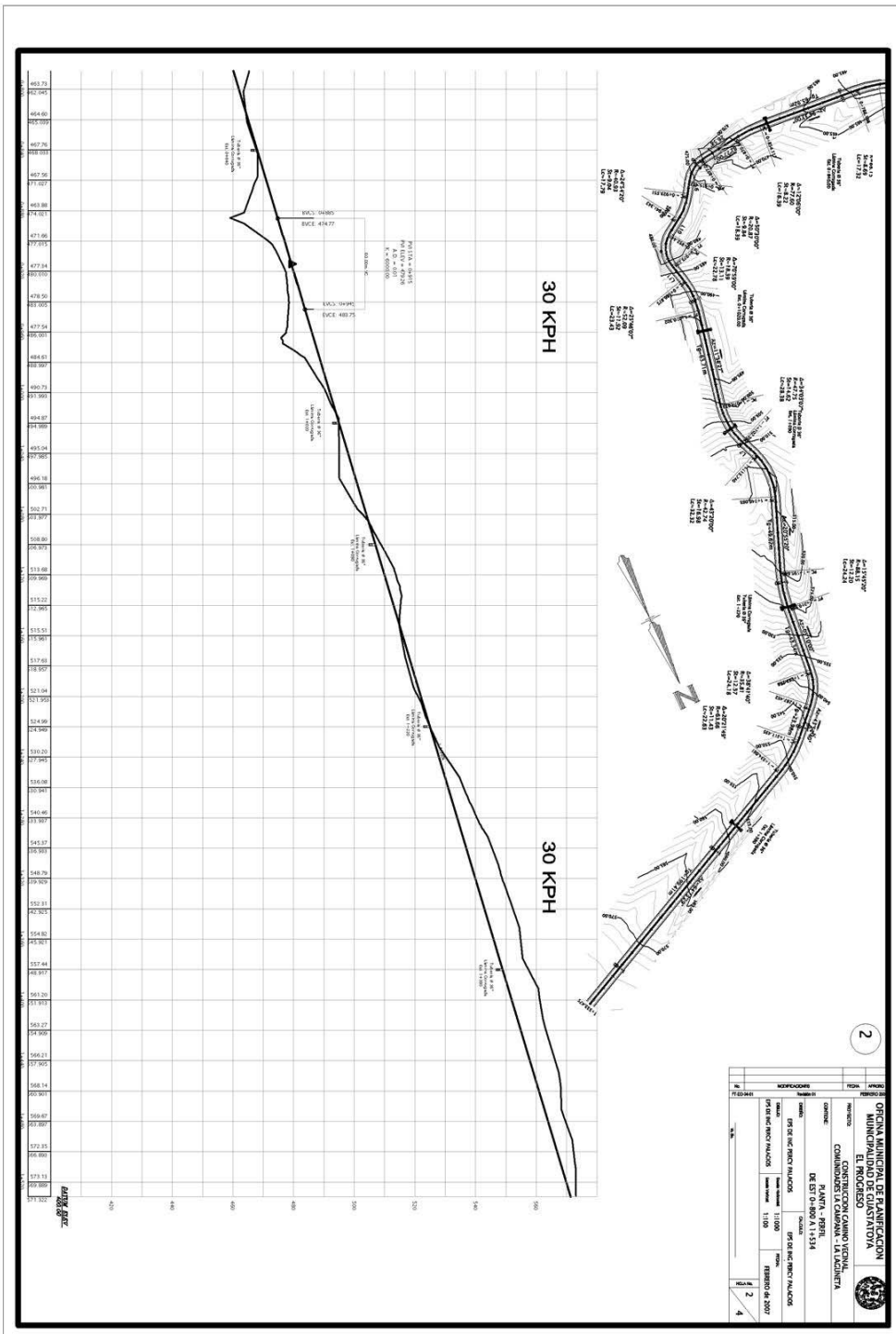
7. Canales Portillo, Marvin Enrique. Diseño de tres puentes vehiculares y de un camino vecinal para el Municipio de El Tumbador, Departamento de San Marcos. Tesis Ingeniero Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala: 2001.
8. Departamento de Investigación y Servicios Hídricos. INSIVUMEH. **Análisis regional de las crecidas en la República de Guatemala.** Guatemala: 2004.
9. Pérez Méndez, Augusto René. Metodología de Actividades para el diseño geométrico de carreteras. Tesis de graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala: 1989.
10. Valladares Alejandro, Jorge Félix. Guía Teórica-Practica para el curso de Vías Terrestres 1. Tesis Ingeniero Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala 2001.
11. Arriola Lemus, Job Moisés. Diseño de Puente Vehicular para la aldea El Pilar y Drenaje Sanitario para las colonias El Esfuerzo y La Unión, del Municipio de la Democracia, Escuintla, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala 2005.
12. Ingenieros Consultores de Guatemala. **Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes.** Litografías Modernas. Guatemala mayo 1975.

APÉNDICE









Mapa de ubicación de puente



